

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный университет»
МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева»
Воронежское отделение Докучаевского общества почвоведов

**ВСЕРОССИЙСКАЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ЧЕРНОЗЕМЫ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ:
ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ
И ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Материалы научной конференции,
посвященной 80-летию кафедры почвоведения
и управления земельными ресурсами
в 100-летней истории
Воронежского государственного университета

15–19 мая 2017 г.



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный университет»

МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева»
Воронежское отделение Докучаевского общества почвоведов

**ВСЕРОССИЙСКАЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ЧЕРНОЗЕМЫ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ:
ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ
И ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Материалы научной конференции,
посвященной 80-летию кафедры почвоведения
и управления земельными ресурсами
в 100-летней истории
Воронежского государственного университета

15–19 мая 2017 г.



Воронеж
Издательско-полиграфический центр
«Научная книга»
2017

УДК 631.445.4(082)

ББК 40.341.7я431

Ч-49

Ответственный редактор
доктор биологических наук, профессор *Д. И. Щеглов*

Члены редакционной коллегии:
доктор биологических наук, профессор *А. Б. Беляев*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Н. В. Безлер*;
доктор биологических наук, профессор *Х. А. Джувеликян*;
кандидат биологических наук, доцент *Л. И. Брехова*;
кандидат биологических наук, доцент *Л. Д. Стахурлова*;
кандидат биологических наук, доцент *А. И. Громовик*;
кандидат биологических наук, старший преподаватель *Н. С. Горбунова*;
старший преподаватель *О. А. Йонко*;
кандидат биологических наук, ассистент *И. В. Черепухина*

Черноземы Центральной России : генезис, эволюция и проб-
Ч-49 **лемы рационального использования [Текст] : сборник матери-**
алов научной конференции, посвященной 80-летию кафедры
почвоведения и управления земельными ресурсами в 100-лет-
ней истории Воронежского государственного университета /
под ред. Д. И. Щеглова. – Воронеж : Издательско-полиграфиче-
ский центр «Научная книга», 2017. – 578 с.
ISBN 978-5-4446-0973-6

Сборник содержит материалы исследований экологии и современного состояния уникальных по своему значению почв – черноземов. В работах известных специалистов отражены новые представления генезиса, географии и эволюции этих почв, показаны особенности черноземообразовательного процесса в условиях возрастающего агрогенного воздействия. Особое внимание уделено загрязнению почв тяжелыми металлами, современным процессам деградации, проблемам рационального использования и охраны черноземов. Рассмотрены вопросы микробиологической активности и биологической индикации черноземов.

Книга предназначена для почвоведов, биологов, экологов, географов, специалистов в области охраны природы и использования земельных ресурсов.

Тексты статей подготовлены в соответствии с материалами, представленными авторами. За содержание статей несут ответственность их авторы.

УДК 631.445.4(082)

ББК 40.341.7я431

*Материалы конференции изданы при поддержке
Воронежского регионального отделения
Всероссийской политической партии «Единая Россия»*

© ФГБОУ ВО «ВГУ», 2017

© Оформление. Издательско-полиграфический центр
«Научная книга», 2017

ISBN 978-5-4446-0973-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Черноземы были и останутся впредь основной базой сельскохозяйственного производства. Поистине современными остаются высказывания основоположников почвенной науки В. В. Докучаева и Л. Л. Прасолова о том, что черноземы есть и будут кормильцем России и главной житницей человечества.

Площадь черноземных почв составляет около 120 млн га. Это всего лишь 7 % общей площади страны, но на ней размещено более половины пашни и производится около двух третей всей сельскохозяйственной продукции. Прав был великий Докучаев, когда говорил, что нет тех цифр, какими можно было бы оценить силу и мощь царя почв, нашего русского чернозема.

Значение чернозема далеко не исчерпывается исключительно сельскохозяйственной ценностью. Черноземная почва является превосходной средой обитания для огромного разнообразия животных, растений, микроорганизмов. Поэтому деградация, а тем более уничтожение черноземов ведет к сокращению биологического разнообразия живого мира Земли, к безвозвратной потере части его генетического фонда, созданного эволюцией жизни на нашей планете за многие тысячелетия.

По сравнению с другими типами почв черноземы характеризуются идеальной сбалансированностью всех факторов почвообразования. Однако, несмотря на природное совершенство, черноземы неизбежно эволюционируют под воздействием естественных и, особенно, антропогенных факторов. Предполагается, что возрастающая антропогенная нагрузка на почвы приведет к качественным и количественным изменениям состояния черноземов. В данной связи, познание направленности изменений современного почвообразовательного процесса является, несомненно,

актуальным. Без этого трудно представить будущее состояние не только почв, но и природы в целом.

Аналізу современного состояния и решению вышеуказанных проблем черноземной области России и посвящена Всероссийская с международным участием конференция, посвященная 80-летию кафедры почвоведения и управления земельными ресурсами Воронежского государственного университета.

В материалах конференции отражены современные взгляды на генезис, географию и эволюцию этих почв, показаны особенности экологии черноземообразовательного процесса в современных условиях. Особое внимание уделено деградационным явлениям, интенсивно развивающимся в черноземах в последнее время, а также проблемам восстановления, рационального использования и охраны черноземов.

Профессор Д. И. Щеглов

УДК 631.48

ЧЕРНОЗЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ

Щеглов Дмитрий Иванович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: dpoch@mail.ru*

Аннотация. Обобщены результаты многолетних исследований состава и свойств черноземов генетически сопряженных и агрогенных (залежь – пашня – орошаемая пашня) рядов. Установлена причинно-следственная связь изменений химических, физико-химических, физических свойств и водного режима черноземов в этих рядах. Вскрыты причины изменения состава и свойств почв при сельскохозяйственном использовании.

Ключевые слова: чернозем, морфологическая характеристика, гранулометрический состав, химические, физико-химические свойства, гумусовый, карбонатный профиль, антропогенная деградация, эволюция.

CHERNOZEMS CENTRAL AREAS OF RUSSIA: CURRENT STATUS AND DIRECTION OF EVOLUTION

Shcheglov D. I.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: dpoch@mail.ru*

Abstract. The results of years of research of composition and properties of chernozems genetically coupled and agrogenic (deposit – arable land – irrigated land) series. Estab-

lished a causal link chemical changes, physical, chemical, and physical properties of the water regime of chernozem in these series. Changes discover the causes of the composition and properties of soils under agricultural use.

Keywords: chernozems, morphological characteristics, size distribution, chemical, physico-chemical properties, humus, carbonate profile, anthropogenic degradation, evolution.

Введение. Черноземы были и останутся впредь основной базой сельскохозяйственного производства. Поистине современными остаются высказывания основоположников почвенной науки В. В. Докучаева и Л. Л. Прасолова о том, что черноземы есть и будут кормильцем России и главной житницей человечества.

Площадь черноземных почв России составляет около 120 млн га, что составляет лишь 7 % площади страны, но на ней размещено более половины пашни и производится около двух третей всей сельскохозяйственной продукции.

По сравнению с другими типами почв черноземы характеризуются идеальной сбалансированностью всех факторов почвообразования и являются почвенным эталоном. Однако, несмотря на природное совершенство, черноземы неизбежно эволюционируют под воздействием естественных и, особенно, антропогенных факторов.

В результате интенсивного сельскохозяйственного использования в этих почвах происходят глубокие, а порой и необратимые процессы, переводящие их в иное состояние. Вместе с тем, черноземы, являясь центральным объектом исследования почвоведов, по-прежнему таят в себе еще целый комплекс теоретических проблем их генезиса, состава и свойств. В связи с этим, как никогда актуальными являются исследования, направленные на познание процессов естественной и агрогенной трансформации черноземов. Без современной оценки характера и направленности эволюции этих почв невозможно спрогнозировать будущее не только черноземов, но и биосферы в целом.

Методические принципы и объекты исследования. В основу методического подхода к изучению агрогенной эволюции черноземов положен процессно-факторный анализ генетически сопряженных и агрогенных рядов черноземов различных таксономических уровней. Анализ типовых и подтиповых особенностей черноземов проводили на примере Окско-Донской и Южно-Русской почвенных провинций. В сопряженный провинциальный ряд черноземов входили: Северо-Украинская, Окско-Донская и Нижне-Камская провинции. Кроме того, проводили анализ различных подтипов черноземов, сформированных в одинаковых эко-

лого-географических условиях, на примере агрогенных рядов, включающих целину (залежь) – пашню – орошаемую пашню. Фактический материал был получен путем усреднения больших массивов фондовых, литературных и собственных экспериментальных данных по каждому таксону. В рассмотрение принимались только разрезы, заложенные в типичных для черноземообразования ландшафтно-экологических условиях, а именно: плакорные территории водоразделов; автоморфные условия почвообразования; хорошо сохранившаяся богатая по видовому составу лугово-степная растительность; карбонатные лессовидные породы, глинистый и тяжелосуглинистый гранулометрический состав; отсутствие видимых признаков проявления эрозионных процессов.

Морфогенетическая характеристика почв. В почвенном покрове данного региона около 64 % занимают лесостепные черноземы, 11 % – степные и 25 % приходится на другие почвы. Основные подтипы черноземов располагаются полосами, сменяя друг друга с северо-запада на юго-восток, т.е. неоднородность почвенного покрова Черноземной зоны центра Русской равнины не хаотична, а упорядочена и отражает закономерную пространственно-временную изменчивость факторов почвообразования и, в первую очередь, климата.

Детальное изучение морфогенетических свойств показало, что черноземы под естественной растительностью имеют: мощный, хорошо развитый почвенный профиль; темную, почти черную окраску, постепенно ослабевающую с глубиной; хорошо выраженную зернистую структуру в большей части гумусовой толщи; слабо уплотненное сложение, постепенно нарастающее в нижних горизонтах; отсутствие заметных признаков элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля; неровную, языковатую границу перехода гумусового горизонта в материнскую породу; наличие карбонатного горизонта, приуроченного, как правило, к нижней границе гумусовой толщи и характеризующегося различными формами карбонатных новообразований. В наибольшей степени отмеченные типовые особенности выражены в центральном подтипе – типичных черноземах, где, по мнению многих исследователей, наблюдается максимальная интенсивность черноземообразовательного процесса. К северу от типичных в морфологии подтипов черноземов нарастают признаки, характерные для более гумидных, а к югу – аридных почв.

В черноземах пашни отмечается существенная трансформация морфологических и морфогенетических свойств почв. Изменения приобретают здесь направленный, необратимый характер. На первых этапах освоения данные преобразования локализуются в верхней части почвенной толщи, в последующем они распространяются вглубь, охватывая, в за-

висимости от продолжительности использования почв, весь профиль. Таким образом, в результате современного сельскохозяйственного использования в черноземах наблюдаются следующие явления:

1. Преобразование гумусового профиля, проявляющееся в изменении окраски, мощности, содержания и качества гумуса;

2. Трансформация карбонатного профиля, фиксируемая в изменении его мощности, глубины залегания, форм новообразованных карбонатов, характера миграционных процессов;

3. Формирование неогоризнтов агрогенной природы: уплотненного («плужной подошвы») – в нижней части пахотного слоя, текстурно оглиненного – в подгумусовой части, зоны сегрегации железа – в нижней части профиля;

4. Изменение структурной организации гумусовой толщи профиля, проявляющееся в деформации форм, размеров, огранки педов, их упаковки, внутripедной организации и др.;

5. Трансформация сложения почвенной массы, выражающаяся в изменении плотности сложения, плотности твердой фазы почвы, порозности и др.;

6. Появление (особенно в старопашотных черноземах) пылевато-глинисто-гумусовых пленочных образований – кутан на гранях педов в горизонгах АВ и В.

Степень и характер проявления указанных явлений неодинаковы в почвах разного срока и интенсивности использования. Более отчетливо они выражены в черноземах орошаемых и длительно используемых в сельском хозяйстве и слабо заметны в почвах на начальных этапах их освоения. Вместе с тем, мы допускаем, что перечисленные морфогенетические изменения черноземов в условиях их земледельческого использования могут не ограничиваться отмеченными явлениями.

Физические и водно-физические свойства черноземов, их генетико-географическая характеристика и агрогенные изменения. Наиболее распространенными в Центральном Черноземье являются почвы глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава [1]. В составе гранулометрических фракций данных разновидностей, как известно, преобладают частицы ила и крупной пыли (около 70 %). Затем, в порядке убывания, следуют: тонкая, средняя пыль и мелкопесчаная фракции. Абсолютный минимум приходится на крупный и средний песок. В генетически сопряженном ряду от оподзоленных к обыкновенным черноземам отчетливо прослеживается утяжеление гранулометрического состава, сопровождающееся увеличением содержания ила, тонкой пыли и уменьшением количества крупно пылеватых частиц. Вследствие этого в данном ряду происходит из-

менение соотношения двух доминирующих фракций: ила и крупной пыли. В обыкновенных черноземах преобладают илистые, а затем крупно пылеватые частицы, в типичных – содержание этих фракций выравнивается, а в выщелоченных и оподзоленных, напротив, крупная пыль становится доминирующей. Внутри профилейное распределение данных фракций характеризуется нарастанием доли ила и относительным снижением пылеватой фракции сверху вниз. Отмеченные количественные изменения содержания фракций в рассматриваемом ряду обусловлены, по нашему мнению, различиями в интенсивности почвообразовательного процесса и миграцией ила по профилю. Подтверждением этому служат данные гранулометрического состава пахотных черноземов, где баланс ила по отношению к материнской породе еще в большей степени сдвигается в отрицательную сторону по сравнению с целинными аналогами (табл. 1). Обезыливание, максимальная

Таблица 1

Коэффициент оглинивания и баланс ила в черноземах

Глубина, см	Подтип чернозема							
	Оподзоленный		Выщелоченный		Типичный		Обыкновенный	
	К*	Баланс	К	Баланс	К	Баланс	К	Баланс
Целинные								
0–10	0,79	-17,1	0,85	-25,8	0,90	-17,7	0,92	-12,5
20–30	0,84	-14,4	0,91	-13,5	0,90	-15,4	0,92	-11,3
40–50	0,96	-0,3	0,97	-23,6	0,92	-12,2	0,96	-7,4
60–70	1,00	+6,5	1,05	-6,5	0,94	-9,4	0,97	-6,5
80–90	1,03	+9,2	1,00	-11,8	0,96	-8,7	0,99	+1,9
100–110	1,10	+14,7	1,03	+5,9	1,01	+1,5	0,98	-0,7
120–130	1,02	+11,3	1,02	+2,5	0,95	-4,7	0,99	+1,2
140–150	1,00	–	1,00	–	1,00	–	1,00	–
Пахотные								
0–10	0,86	-30,4	0,82	-29,0	0,86	-25,4	0,85	-20,0
20–30	0,81	-22,8	0,83	-23,5	0,93	-20,7	0,85	-18,5
40–50	0,90	-23,7	0,90	-18,5	0,90	-19,5	0,90	-10,0
60–70	0,92	-12,5	0,87	-19,5	0,97	-10,4	0,86	-14,5
80–90	0,94	-11,2	0,93	-13,0	0,92	-13,4	0,93	-5,8
100–110	0,94	-8,4	0,95	-11,7	0,95	-9,7	0,96	+1,5
120–130	0,98	-7,6	0,95	-10,7	0,98	-4,0	0,97	+4,2
140–150	1,00	–	0,95	-12,7	0,97	-3,5	0,92	-6,2
190–200	–	–	1,00	–	1,00	–	1,00	–

К* – коэффициент оглинивания

Примечание: уменьшение (–) или увеличение (+) ила в относительных процентах к его содержанию в породе.

интенсивность которого отмечается в пахотных горизонтах, усиливается в ряду от обыкновенных к оподзоленным черноземам. Под воздействием антропогенных факторов указанные процессы нарастают в ряду: целинные – пахотные – орошаемые черноземы. Подтиповая устойчивость почв к изменению гранулометрического состава в условиях орошения повышается от северных подтипов к южным. Все это свидетельствует о том, что гранулометрический состав черноземов не является столь консервативным свойством, как полагали ранее. В процессе почвообразования в черноземах происходит внутри профилейное перераспределение фракций гранулометрического состава, которое усиливается при переходе от южных к северным подтипам.

В структурно-агрегатном составе целинных черноземов преобладают монотипные агрегаты зернистой формы, которые характеризуются высокой водопрочностью. В наибольшей степени эти особенности проявляются у типичных и обыкновенных черноземов.

Использование черноземов в сельскохозяйственном производстве приводит к увеличению доли агрегатов более 10 мм, уменьшению зернистой и пылевой фракций и снижению водоустойчивости структурных элементов. Указанные негативные изменения прогрессивно нарастают при использовании черноземов в орошаемом земледелии. В целом анализ физических и водно-физических свойств целинных и пахотных черноземов показал, что наблюдается коррелятивная связь между гумидизацией водного режима и ухудшением физических свойств черноземов.

Исследованиями гидрологического режима установлено, что в целинных черноземах наибольшее количество влаги, как правило, отмечается весной после снеготаяния. В течение вегетационного периода потребление влаги целинной растительностью осуществляется, главным образом, из верхнего метрового слоя, где и наблюдаются наибольшие сезонные изменения влажности. Летние осадки увлажняют в основном самый верхний слой почвы до глубины 20–30 см.

В пахотных черноземах водный режим складывается иначе. В первой половине вегетации изменение влажности в черноземах пашни довольно близко к таковому в черноземах под естественной растительностью. Различия наблюдаются во второй половине лета. В этот период на целине растительность продолжает вегетировать и, следовательно, расходовать влагу, в то время как на пашне десуктивный расход влаги после уборки урожая прекращается и она теряется из почвы лишь в результате физического испарения. «Недоиспользование» влаги в конце лета, а также меньший расход культурной растительностью в процессе вегетации обуславливают здесь годовое приращение влаги по сравнению со степью

в среднем на 20–40 мм при диапазоне колебаний от 10 до 140 мм [2]. Ежегодное недоиспользование влаги приводит к увеличению глубины весеннего увлажнения и более частому, чем на целине, сквозному промачиванию почвенного профиля. т. е. водный режим пахотных типичных черноземов хотя и остается периодически промывным, но по количественным показателям сдвигается в более гумидную сторону. В степных черноземах – обыкновенных и южных – сдвиги в сторону гумидизации водного режима при распашке выражены еще отчетливее, ввиду того, что место ксерофитной степной растительности занимают мезофитные культурные растения [3].

В условиях орошения водный режим характеризуется более частым и глубоким, по сравнению с неорошаемыми аналогами, промачиванием почвенно-грунтовой толщ. При орошении в черноземах не отмечается снижения влагосодержания в течение вегетационного периода уже на глубине 1 м. Годовое приращение влаги в этих условиях составляет в среднем 50–80 мм. Все это позволяет констатировать, что при орошении водный режим черноземов сдвигается более чем на одну подтиповую градацию в гумидную сторону.

Физико-химические свойства черноземов и их изменение в генетически сопряженном и агрогенном рядах. В целинных черноземах емкость катионного обмена (ЕКО) в верхних горизонтах в среднем составляет 55 мг-экв/100 г. В генетически сопряженном ряду целинных черноземов отмечается закономерное возрастание ЕКО от 38 – у оподзоленных до 55 мг-экв/100 г – у обыкновенных черноземов, что обусловлено соответствующими изменениями в содержании органического вещества и илистой фракции [4, 5, 6]. Степень насыщенности основаниями, как правило, превышает 90 %. В составе обменных катионов основная часть приходится на кальций (до 80 %); доля магния в среднем составляет 15 % (табл. 2). Небольшую часть в составе обменных катионов занимает поглощенный водород (здесь и далее H^+ гидролитической кислотности), а в южных подтипах – обменный натрий. В составе обменных катионов почв от оподзоленных к обыкновенным черноземам наблюдается закономерное увеличение количества обменного кальция и магния, незначительное – обменного натрия при снижении содержания поглощенного водорода. Среди исследуемых подтипов наибольшая доля кальция и наименьшая магния отмечается у черноземов типичных. К северу и к югу от них процент кальция в составе ППК заметно падает, а доля магния возрастает. Указанный характер изменений соотношения обменных катионов кальция и магния обусловлен различием в растворимости их солей, прочности связи с ППК, а также изменением водного режима почв [7, 8, 9].

**Содержание обменных катионов в типичных черноземах различных угодий
(усредненные данные)**

Глубина, см	Обменные катионы, мг-экв/100 г почвы							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺
	Целина (<i>n</i> = 33)				Пашня (<i>n</i> = 196)			
0–10	39,9	7,4	следы	3,1	38,0	5,4	0,2	3,3
10–20	38,5	6,1	–	2,5	35,6	5,0	0,2	3,0
20–30	36,7	5,9	–	2,0	35,7	5,0	0,2	2,9
30–40	34,3	5,5	–	1,8	33,5	4,8	0,2	2,1
40–50	32,0	5,0	–	1,2	32,8	4,7	0,2	1,8
50–60	29,5	4,8	–	0,8	30,7	4,3	0,2	1,4
60–70	28,2	4,8	–	0,6	30,4	4,4	0,1	1,1
70–80	27,9	4,6	–	0	27,1	4,3	0,2	0,6
80–90	24,7	4,1	–	0	26,4	4,2	0,1	0
90–100	23,8	4,2	–	0	25,4	4,2	0,1	0
	Орошаемая пашня 5 лет (<i>n</i> = 60)				Орошаемая пашня 13 лет (<i>n</i> = 60)			
0–10	36,1	3,1	0,6	3,0	34,4	4,9	0,5	3,3
10–20	35,4	3,0	0,6	3,2	34,0	5,1	0,4	3,4
20–30	34,8	2,9	0,5	3,0	33,5	5,1	0,4	3,0
30–40	33,7	2,7	0,4	1,9	33,1	4,6	0,4	2,1
40–50	32,4	2,7	0,3	1,4	32,7	4,2	0,4	1,6
50–60	31,5	2,7	0,3	1,1	31,9	3,9	0,4	1,4
60–70	30,3	2,3	0,4	0,8	29,9	4,1	0,3	1,0
70–80	28,1	2,4	0,2	0,5	28,4	4,1	0,4	0,7
80–90	26,1	2,3	Следы	0	27,2	3,8	0,4	0,6
90–100	25,1	2,5	–	0	26,4	3,7	0,4	0

Распашка целинных черноземов сопровождается заметной трансформацией ППК. Прежде всего, в пахотных черноземах отмечается снижение ЕКО, примерно на 5–9 %, уменьшение содержания обменных кальция и магния на 4–9 и 20–30 % соответственно. Указанные изменения у большинства подтипов происходят, в основном, в пахотном горизонте, исключая чернозем оподзоленный, у которого изменения в ППК отмечаются во всей гумусовой толще. Наряду с этим, в ППК пахотных черноземов наблюдается увеличение доли поглощенного водорода, который в окультуренных почвах регистрируется в более глубоких слоях профиля по сравнению с целинными разностями (табл. 2).

В ряду рассматриваемых подтипов наибольшие потери кальция фиксируются у оподзоленных черноземов (около 9 %) и несколько меньше – у обыкновенных (до 4 %). Количество обменного магния, напротив,

в большей степени уменьшается у обыкновенных черноземов (до 30 %) и в меньшей степени – у оподзоленных (до 20 %). В то же время содержание поглощенного водорода максимально возрастает у оподзоленных и не столь значительно – у обыкновенных. При длительном сельскохозяйственном использовании черноземов в составе их ППК в небольших количествах появляется натрий. В пахотных черноземах, особенно в верхних горизонтах, происходит возрастание величины соотношения кальция к магнию до 6:1; 7:1 против 5:1 у целинных разностей, вследствие вытеснения обменного магния водородом при подкислении почвенной среды [7].

Орошение черноземов даже пресными водами (0,2–0,5 г/л) сульфатно-гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава оказывает мощное воздействие на состояние ППК черноземов. При орошении происходит уменьшение емкости катионного обмена в верхних слоях почвы и некоторое ее увеличение в нижележащей толще. В составе ППК уменьшается содержание Ca^{2+} и увеличивается – Mg^{2+} , натрия и водорода. В соответствии с этим растет степень не насыщенности ППК основаниями. В составе ППК происходит изменение также и в соотношении катионов. Эти изменения однонаправлены и сходны с таковыми, отмеченными в эволюционно-генетическом ряду от обыкновенных к оподзоленным подтипам целинных черноземов при гумидизации водного режима.

Карбонатный профиль черноземов, его особенности и характер эволюции. Анализ данных показывает, что в целом карбонатный профиль черноземов условно можно разделить на три горизонта, характеризующихся определенными градиентами изменения содержания карбонатов и вариационно-статистическими показателями. Верхний горизонт выщелачивания с абсолютным минимальным содержанием карбонатов и градиентом его изменения с глубиной и слабо выраженным равномерно-аккумулятивным типом распределения. По характеру пространственной изменчивости признака эта часть профиля, в свою очередь, подразделяется на два подгоризонта – самый верхний слой однонаправленного «фронтального» выщелачивания и нижний подгоризонт – пульсационно миграционных процессов [по 10] с наибольшими величинами коэффициентов варьирования. Ниже залегает горизонт интенсивного иллювиирования карбонатов, характеризующийся максимальным градиентом изменения их содержания с глубиной и относительно высоким коэффициентом варьирования. И, наконец, идет мощная, собственно карбонатная толща, с высоким содержанием карбонатов и минимальной величиной варьирования рассматриваемого показателя, т. е. с консервативным состоянием признака (рис. 1).

В зональном ряду черноземов рассмотренные типовые особенности строения карбонатного профиля сохраняются, но существенно меняют-

ся его морфогенетические показатели. У целинных черноземов по мере нарастания увлажнения от обыкновенных подтипов к оподзоленным в карбонатном профиле отмечается, во-первых, увеличение мощности горизонта выщелачивания, а в пределах последнего – увеличение верхнего подгоризонта, уменьшение мощности подгоризонта пульсационно-миграционных процессов; во-вторых, уменьшение мощности переходного горизонта и, соответственно, усиление резкости границы перехода в собственно карбонатную толщу; и, наконец, нарастание градиента изменения концентрации карбонатов с глубиной в ряду рассматриваемых черноземов.

В общем плане адекватные изменения в карбонатном профиле наблюдаются в ряду: целина – пашня – орошаемая пашня. В частности, распашка черноземов приводит к усилению подвижности и снижению количества карбонатов в почвенном профиле. При этом наибольшей интенсивности миграционные процессы достигают у южных подтипов, что обусловлено близостью залегания к поверхности карбонатного горизонта и, соответственно, частотой «захвата» его нисходяще-восходящими токами почвенной влаги. Последнее обстоятельство нередко приводит к временному поднятию линии вскипания и, соответственно, подщелачиванию почвенной среды у данных подтипов черноземов. В северных подтипах соответствующее промачивание над карбонатной толщью в большинстве случаев совпадает с периодическим промачиванием почвенного профиля в целом. Это обуславливает однонаправленное усиление выноса карбонатов за пределы почвенного профиля и, как следствие, подкисление почвенной среды.

Отмеченные особенности поведения карбонатов в почвенном профиле различных подтипов наиболее ярко проявляются при орошении. В орошаемых черноземах сезонная динамика пульсационно-миграционных процессов характеризуется большей амплитудой и частотой колебаний, что на первых этапах орошения зачастую приводит к подщелачиванию среды верхних горизонтов южных подтипов. Орошение северных подтипов сопровождается однонаправленным подкислением почвенной среды. В целом, в условиях орошения расширяется зона выщелачивания, снижается содержание карбонатов по всему профилю, опускается линия вскипания, достигает максимума коэффициент варьирования содержания карбонатов в горизонте пульсационно-миграционных процессов и снижается его нижняя граница, а также несколько возрастает коэффициент варьирования в верхней части собственно карбонатной толщью.

Вышеизложенное позволяет заключить, что распределение карбонатов в профиле черноземов есть результат почвообразовательных про-

цессов. Количественные различия в содержании свободных карбонатов и однонаправленные морфогенетические изменения карбонатного профиля в рассматриваемых рядах почв однозначно свидетельствуют о генетической связи последнего с гидротермическим режимом почв и указывают на его эволюционную направленность в сторону соседних, более гумидных подтипов.

Гумусовый профиль черноземов, процессы формирования и направление эволюции. Статистический анализ большого количества гумусовых профилей показал, что в целинных черноземах исследуемого региона распределение органического вещества в целом характеризуется равномерно аккумулятивным типом [8]. Однако, детальный анализ кривой распределения свидетельствует, что в пределах профиля тип распределения гумуса неодинаков: в верхней части (гор. А) он регрессивно аккумулятивный; в средней – равномерно-аккумулятивный; в нижней – вновь регрессивно-аккумулятивный. В соответствии с этим меняется градиент падения содержания гумуса в различных частях профиля. В верхних слоях его величина максимална, в нижних – минимальна (табл. 3). Отмеченные различия позволяют говорить о неадекватности процессов гумусообразования и гумусонакопления и их роли в различных частях почвенной толщ.

Таблица 3

Средние типовые показатели содержания и распределения гумуса в профиле целинных черноземов, % ($n = 96$)

Глубина, см	\bar{X}	Граничные значения		P	Глубина, см	\bar{X}	Граничные значения		P
		max	min				max	min	
0–5	10,7	12,9	8,1	–	100–110	1,2	2,2	0,5	0,6
0–10	8,5	12,1	6,8	4,4	110–120	1,0	2,1	0,5	0,2
10–20	7,2	11,9	5,7	1,3	120–130	0,8	2,1	0,6	0,2
20–30	6,5	9,4	5,4	0,7	130–140	0,8	2,0	0,6	0,0
30–40	5,4	6,7	4,5	1,1	140–150	0,7	1,8	0,5	0,1
40–50	4,7	6,0	3,3	0,7	150–160	0,6	1,3	0,4	0,1
50–60	4,1	5,2	3,0	0,6	160–170	0,6	0,9	0,3	0,0
60–70	3,5	4,8	1,3	0,6	170–180	0,6	0,6	0,2	0,0
70–80	2,9	4,0	1,0	0,6	180–190	0,6	0,6	0,2	0,0
80–90	2,2	3,3	0,7	0,7	190–200	0,6	0,6	0,2	0,0
90–100	1,8	2,6	0,7	0,4	–	–	–	–	–

Примечание: \bar{X} – среднее взвешенное; max–min – максимальное и минимальное значение признака; P – градиент снижения гумуса, %/дм

Для оценки влияния различных факторов на профильное распределение гумуса мы провели сравнительный анализ органопрофилей черноземов различных почвенных провинций, выделяемых, как известно, по гидротермическим показателям. Он показал, что в черноземах сопряженного ряда: Северо-Украинской – Окско-Донской – Нижне-Камской провинций содержание гумуса в различных частях профиля не всегда адекватно отражает положение таксона в рассматриваемом ряду.

Выявленные особенности невозможно объяснить только инситным гумусонакоплением в черноземах или влиянием периода биологической активности почв на содержание гумуса [11]. Очевидно, что существенную роль в этом случае играют и другие процессы. По нашему мнению, одним из таких процессов, напрямую зависящих от гидрологического режима, является процесс иллювирирования веществ. С учетом последнего становится понятным причина перехода черноземов Нижнекамья по содержанию гумуса с первого места в верхней части профиля на последнее в нижней, а также факт наибольшего количества гумуса в средней части профиля черноземов Окско-Донской провинции. Причина заключается в более частом промачивании второй половины гумусовой толщи почв этой провинции по сравнению с черноземами Нижнекамья и отсутствием частого сквозного промачивания по сравнению с почвами Украины, что приводит к соответствующим различиям в перераспределении гумусовых веществ. О неоднозначности процесса формирования гумусовых профилей также свидетельствуют и линии регрессии. При одном инситном гумусонакоплении они должны были бы быть почти параллельными и отличаться только количественным уровнем. В действительности же эти линии имеют различные углы наклона и зачастую пересекаются между собой в пределах профиля. Величина коэффициента регрессии возрастает от почв Украины к Нижнекамью более чем в 2,5 раза. Мы считаем, что такое явление может иметь место лишь при значимом влиянии и различной интенсивности процессов иллювирирования гумусовых веществ при формировании органопрофиля черноземов.

Отмеченные особенности гумусовых профилей черноземов различных провинций достаточно четко проявляются в генетически сопряженном ряду подтипов в пределах одной провинции. Каждый подтип характеризуется свойственным для него градиентом падения содержания гумуса или коэффициентом регрессии, который закономерно возрастает от 0,064 в оподзоленных до 0,083 в обыкновенных черноземах. При этом к северным подтипам кривая профильного распределения усложняется и различия между эмпирическими данными и теоретическими линиями регрессии нарастают. С усилением гумидности тип кривой распределе-

ния меняется от равномерно-аккумулятивного в обыкновенных до элювиально иллювиального – у оподзоленных. Эти изменения происходят на фоне однонаправленного усиления фактора, обуславливающего перераспределение органических веществ в почвах, т.е. водного режима. Другие известные факторы, определяющие формирование гумусового профиля, а именно: биологическая продуктивность, распределение корневых систем, условия разложения и т.д. не обнаруживают столь однозначной взаимосвязи, которая могла бы объяснить характер изменения гумусовых профилей в рассматриваемом ряду почв.

Распашка целинных черноземов, приводит к существенному снижению содержания гумуса в пахотных черноземах. Вместе с тем, наблюдается неадекватность потерь гумуса в различных подтипах и частях почвенного профиля.

В обыкновенных черноземах снижение гумуса отмечается по всему почвенному профилю. В типичных же происходит его значительное уменьшение в верхней и нижней частях гумусовой толщи и некоторое увеличение в результате перераспределения в средней части, что в целом приводит к появлению признаков элювиально-иллювиальной дифференциации гумусового профиля у этих черноземов, сближающее их по форме профильного распределения гумуса с целинными выщелоченными разностями.

В выщелоченных черноземах пашни, как и в обыкновенных, снижение гумуса отмечается по всему профилю, но при этом наблюдается усиление признаков иллювиирования гумуса в гор. В и возрастание интенсивности снижения запасов органических веществ в самой нижней части гумусовой и подгумусовой толщ. Вследствие этого в выщелоченных черноземах пашни усиливается дифференциация почвенного профиля на элювиальную и иллювиальную части, укорачивается гумусовый профиль, т.е. наблюдаются признаки, зафиксированные нами ранее у целинных оподзоленных черноземов.

Оподзоленные черноземы при сельскохозяйственном использовании претерпевают наибольшие изменения. В данном подтипе отмечаются максимальные потери гумуса во всей толще. Небольшое увеличение содержания органического вещества наблюдается лишь в подгумусовой части почвенного профиля. Вследствие этого у оподзоленных черноземов происходят наиболее существенные изменения в его профильном распределении. В общем плане, кривая распределения гумуса приобретает волнообразный характер, когда с глубиной участки с относительно низким градиентом падения гумуса сменяются зонами с более высокими величинами данного показателя. Исходя из величины градиента паде-

ния содержания более интенсивный вынос наблюдается в подпахотном горизонте и в нижней части гумусового профиля, что, в конечном итоге, приводит к укорачиванию гумусового профиля в целом и усилению в его средней части признаков элювиального горизонта.

Вовлечение черноземных почв в орошаемое земледелие сопровождается интенсификацией процессов их дегумификации. Так, если в почвах неорошаемой пашни за более чем 200-летний период использования количество гумуса в верхнем горизонте снизилось на 1,5–2,0 %, то при орошении за меньшее примерно на порядок время потери гумуса в соответствующем слое составили около 1,0 %. В профильном распределении органического вещества уменьшается величина градиента падения его содержания с 0,056 у богарных до 0,048 у орошаемых разностей и др. При этом наблюдаемые преобразования в органопродиле орошаемых почв протекают на фоне изменения одного фактора – водного режима. Сопоставляя полученные данные, можно заключить, что эволюция гумусового профиля пахотных черноземов в ряду: целина – пашня – орошаемая пашня по характеру сходна с таковой в ряду от обыкновенных к оподзоленным подтипам целинных аналогов.

Список литературы

1. *Ахтырцев Б. П.* Почвенный покров Среднерусского Черноземья / Б. П. Ахтырцев, А. Б. Ахтырцев – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1993. – 214 с.
2. *Коковина Т. П.* Водный режим мощных черноземов и влагообеспеченность на них сельскохозяйственных культур / Т. П. Коковина – М. : Наука, 1974. – 304 с.
3. *Коковина Т. П.* Современные гидротермические режимы и генетико-географические особенности черноземов ЕТС / Т. П. Коковина, И. И. Лебедева // Успехи почвоведения. Советские почвоведы к XIII Международному конгрессу почвоведов. – М. : Наука, 1986. – С. 148–153.
4. *Адерихин П. Г.* Агрохимическая характеристика почв Центрально-Черноземной полосы / П. Г. Адерихин, Е. П. Тихова. – М. : Наука, 1963. – С. 5–111.
5. *Swift R. S.* The effect of adsorbed organic materials on the cation exchange of clay minerals / R. S. Swift // *Agrochem. soils.* Oxford. E.A., 1980. – P. 123–129.
6. *Amann H.* Die “austauschbaren Kationen” – eine wichtige Kenngröße bei der Bodenuntersuchung / H. Amann // *Winzer.* 1990. V. 4–6. № 2. – P. 16–18.
7. *Орлов Д. С.* Химия почв / Д. С. Орлов. – М. : МГУ, 1985. – 375 с.
8. *Розанов Б. Г.* Генетическая морфология почв / Б. Г. Розанов. – М. : МГУ. 1975. – 293 с.
9. *Самойлова Е. М.* Влияние орошения на южные черноземы Кулундинской степи / Е. М. Самойлова, Ю. Н. Фармаковская, Т. К. Быковская и др. // *Вестн. с.-х. науки.* – 1987. – № 5. – С. 37–44.
10. *Афанасьева Е. А.* Черноземы Среднерусской возвышенности / Е. А. Афанасьева. – М. : Наука, 1966. – 224 с.
11. *Орлов Д. С.* Гумусное состояние почв как функция их биологической активности / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова // *Почвоведение.* – 1984. – № 8. – С. 39–49.

УДК 631.48

ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ГЕОГРАФИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

Лебедева Ирина Ивановна

*доктор географических наук, ведущий научный сотрудник,
Почвенный институт им. В. В. Докучаева, г. Москва,
E-mail: justhope@mail.ru*

Аннотация. На основании средних многолетних данных для 287 метеостанций получены характеристики сезонов года, их продолжительности, сумм осадков и температур, а также суточных величин тепла и влаги, что позволило проследить закономерности пространственной дифференциации климата на территории черноземов Восточной Европы. Ареалы подтиповых формаций черноземов обнаруживают связь с климатическими рубежами разной значимости. Почвообразующие породы – покровные лессовидные глины и суглинки – вследствие однообразия их строения и свойств не оказывают влияния на географию почв.

Ключевые слова: лессовидные глины и суглинки, литологическая неоднородность, климатические рубежи.

FACTORS OF SOIL FORMATION AND GEOGRAPHY OF CHERNOZEMS IN EASTERN EUROPE

Lebedeva I. I.

*doctor of geographical sciences,
V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow,
E-mail: justhope@mail.ru*

Abstract. Long-term data for season characteristics, their duration, precipitation and temperatures, as well as daily quantities of heat and moisture have been obtained from 287 weather stations. These data allow us to conclude the patterns of spatial differentiation of the climate for chernozemic region of Eastern Europe, the boundaries of chernozem subtype areas closely resembling climatic divides. Soil-forming rocks – the covering loess clay and loam – because of their homogeneous structure and properties - don't likely influence geography of soil.

Keywords: loess and clay loams, lithologic heterogeneity, climatic divides.

Черноземообразование на территории Восточной Европы осуществляется в основном в пределах повсеместно развитого плаща покровных желто-бурых лессовидных суглинков и глин сходного минералогического и химического состава мощностью 2,5–5,0 м с нарушением на этой глубине литологической однородности отложений. Причиной единообразия лессовидных почвообразующих пород, прежде всего, является вся история развития поверхности в границах восточноевропейского ареала

черноземов, ее возраст, характер дочетвертичных пород с преобладанием плотных карбонатных и песчано-глинистых морских отложений, процессы их преобразования в общих климатических условиях, формирование единых древних кор выветривания, материал которых во многом послужил источником континентальных образований [4]. Перигляциальные условия, существовавшие в четвертичное время на юге Русской равнины, способствовали переотложению, перераспределению и дальнейшему нивелированию исходного материала. Определенную роль играли процессы четвертичного метаморфизма, способствовавшего «облессовыванию» этих отложений [1].

В гранулометрическом составе покровных лессовидных отложений на всем пространстве от Болгарии и Западной Украины до Заволжья абсолютно преобладают фракции крупной пыли и ила, в сумме составляющие около 75 %.

Соотношение этих фракций позволяет выделить три группы пород, ареалы которых закономерно сменяются с северо-запада на юго-восток и определяют главные черты региональной специфики покровных образований. Лесовидные суглинки с преобладанием крупной пыли распространены в лесостепных областях Украины; в России Среднерусскую возвышенность и запад Окско-Донской низменности занимают суглинки с примерно равным содержанием ведущих фракций. На остальных пространствах восточно-европейского ареала черноземов преобладают лесовидные глины и тяжелые суглинки с содержанием ила около 40 %.

В абсолютном большинстве толща, на которой формируются черноземы, характеризуется литологической неоднородностью. Глубина смены наносов в лесостепи преимущественно составляет 200–350 см, в степи – 300–400 см. При малой мощности лессовидного плаща (3–5 м и менее) подстилается коренными отложениями, но чаще всего – «скифскими» или «сырцовыми» шоколадными глинами, мореной Днепровского оледенения, реже – песчаными или слоистыми наносами. В случаях мощных лессовидных покровов их однородность нарушают ярусность, наличие погребенных почв или метаморфизованных слоев. Смена наносов обеспечивает замкнутый цикл сезонной миграции растворов, препятствуя выщелачиванию веществ и элювиальной дифференциации почвенного профиля. Общее единообразие гранулометрического, минералогического и химического состава подавляющего большинства почвообразующих пород с неконтрастными колебаниями этих показателей на всем обширном пространстве черноземного ареала, единство всего комплекса геолого-геоморфологических условий позволяет считать, что эти факторы не контролируют общую географию черноземов. Исключение состав-

ляет литологическая неоднородность почвообразующих пород, которая наиболее значимо проявляется в областях со слабой дренированностью рельефа, способствуя формированию высоких грунтовых вод или сезонной верховодки и обуславливая присутствие в почвенном покрове почв с разной степенью грунтового гидроморфизма.

Климат восточноевропейского ареала черноземов в отличие от почвообразующих пород гораздо менее однороден. Для анализа пространственной дифференциации его показателей были обработаны средние многолетние данные для 287 метеостанций, характеризующие сезоны года, их продолжительность, суммы осадков и температур.

Обращает внимание тот факт, что изменения климатических показателей с запада на восток выражены гораздо отчетливее, чем с севера на юг, т.е. зонально-подзональная специфика современного климата, в общем, стерта и проявляется не во всех характеристиках. Так, сопоставление весенних климатических показателей по соответствующим регионам показало, что степь отличается от лесостепи по количеству тепла при одинаковой продолжительности сезона и очень сходном количестве осадков. В свою очередь, южная степь отличается от степи, наоборот, по степени атмосферного увлажнения при практически одинаковом количестве тепла. В летний сезон эта закономерность сохраняется в отношении лесостепи и степи, в то время как южная степь отличается от степи по всем трем показателям.

Изменение климатических параметров с запада на восток впервые заметно проявляется у западных окраин Окско-Донской низменности, но максимум континентальности наблюдается в Заволжье [3], причем наиболее контрастно - весной и в зимний период: зима в Заволжье длиннее, чем на Украине и в ЦЧО в 1,5 раза и в 3-5 раз холоднее; соотношение осадков теплого и холодного периодов сокращается в 2 раза.

Зональность климатических показателей ясно проявляется в пространственном распределении относительных показателей погодных условий – суточных сезонных величин тепла и влаги, а также величины дефицита увлажнения. Эти показатели сравнительно постоянны в границах лесостепи, степи и, особенно, сухой степи. Именно в этих показателях проявляется климатическая зональность, наименее выраженная в континентальных условиях Заволжья, где лесостепь и степь различаются незначительно. Заметим, что Заволжье по климату занимает особое место в системе почвенно-климатических провинций, на качественном уровне отличаясь от других территорий по поступлению и распределению в течение года тепла и влаги.

Климатическая специфика Предкавказья заключается в сочетании черт, свойственных и лесостепи, и степи: по весенним и осенним пока-

зателям эти территории сближаются с лесостепью Украины, по летним – с южной степью; зима по продолжительности и сумме температур такая же, как в лесостепи, а по количеству осадков – как в степи. Единое климатическое пространство Предкавказья нарушается в центральном Ставрополье и на юго-востоке региона, которые, в отличие от остальной, являются климатическими аналогами соответственно лесостепи и степи Украины и ЦЧО. Кроме того, центральные и восточные предгорья Кавказа отличаются прохладным и влажным климатом, а погодные условия северо-востока Предкавказья по запасам тепла, количеству и сезонному распределению осадков приближаются к климату сухих субтропиков.

Математическая обработка климатических показателей позволила оценить относительную значимость климатических рубежей. Границы с максимальным уровнем «несходства» отсекают окраинные области, в которых создаются климатические предпосылки для формирования черноземов, переходных к другим типам почвообразования. При этом северная граница черноземного ареала отличается низким уровнем «несходства». Значимые границы проходят по восточным окраинам Среднерусской возвышенности, разделяя черноземный ареал по степени континентальности; отделяют Предкавказский регион с климатическими районами в его пределах и южную степь. Кроме этих границ, в ареале черноземов присутствуют рубежи более низкого ранга, образующие сетку климатических районов, в которой границы широтной ориентации (подзональные) не имеют приоритета.

Если обратиться к географии подтипов черноземов, выделенных как морфогенетические формации в соответствии с принципами субстантивно-генетической классификацией [2], то их ареалы с некоторыми допущениями сопоставимы с климатическими районами. Так, миграционно-мицелярные черноземы, гумусовый и карбонатный профили которых соответствуют современным гидротермическим режимам, характерным для лесостепи Русской равнины, формируются на всех элементах рельефа в границах этой природной зоны. Восточнее р. Медведицы, на территории континентального Предволжья и Заволжья эти почвы занимают только определенные позиции в рельефе – террасы крупных рек, делювиальные шлейфы, выположенные склоны коренных плато. Глинисто-иллювиальные черноземы в большинстве случаев сочетаются с миграционно-мицелярными черноземами, образуя разные по площади изолированные ареалы. Площади этих почв увеличиваются к востоку, и в Заволжье они доминируют в почвенном покрове лесостепи. Глинисто-иллювиальные черноземы не обнаруживают связи с определенными климатическими условиями. Сегрегационные черноземы степи образуют ясно очерченный ареал, наиболее обширный на Украине и постепенно

сужающийся в Заволжье. Текстурно-карбонатные черноземы, наоборот, смещены на восток, где контрастные условия температуры и влажности способствуют их формированию.

Таким образом, провинциальные изменения климата не столько проявляются в отдельных свойствах почв, сколько определяют общую организацию почвенного покрова черноземной зоны в целом.

Список литературы

1. Герасимов И. П. Лесс, перигляциал и палеолит Средней Европы и взаимоотношения между ними / И.П. Герасимов // Изв. АН СССР, сер. географическая. – 1969. – № 6. – С. 5–15.
2. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Коковина Т. П. Температурный и водный режим черноземов Поволжья и Предуралья / Т. П. Коковина // Черноземы СССР (Поволжье и Предуралье). – М. : Колос, 1978. – С. 251–270.
4. Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. – М. : Недра, 1974. – С. 201–215.

УДК 631.4

МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ТУВЫ

Жуланова Валентина Николаевна

*доктор биологических наук, профессор,
Тувинский государственный университет, г. Кызыл,
E-mail: zhvf@mail.ru*

Аннотация. Приведены обобщенные результаты полевых и лабораторных исследований черноземов обыкновенных Центрально-Тувинской котловины. Изучены морфологические признаки, физические и физико-химические свойства современных агрочерноземов обыкновенных.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, почвенный профиль, генетический горизонт, гумус.

MORPHOGENETIC FEATURES OF BLACK SOILS OF THE TUVA

Zhulanova V. N.

*doctor of biological sciences, professor,
Tuvan State University, Kyzyl,
e-mail: zhvf@mail.ru*

Abstract. The generalized results of field and laboratory researches of black soils ordinary of Central Tuva basin. Morphological features, physical and physical and chemical properties of modern agrochernozems ordinary are modern.

Keywords: black soil, pan soil, genetic horizon, humus.

Введение. Территория Республики Тува является слабо изученной в почвенно-географическом и почвенно-генетическом отношении. Регион отличается большим разнообразием и резкой территориальной неоднородностью, где встречаются различные в генетическом отношении почвы – от черноземного типа до бурых и от горных черноземов до горно-тундровых почв. Равнины больших котловин и межгорных долин занимают около 18 % территории Тувы, а остальная часть занята горами [3].

Почвы черноземного типа в Туве не имеют широкого распространения. Они развиты на пологих склонах Турано-Уюкской котловины, и в северных предгорьях Восточного и Западного Танну-Ола. Основу почвенного покрова в степных котловинах Тувы образуют каштановые почвы. Среди черноземов преобладает подтип южного чернозема. Чернозема обыкновенного почти в 2 раза меньше, чем подтипа чернозема южного, а лугово-черноземной почвы – в 3 раза. Почвы черноземного типа являются лучшими пахотными угодьями в Туве. Они занимают 25 % от общей площади пашни региона [2].

Цель исследований – изучение морфологических признаков и физико-химических свойств чернозема обыкновенного, развитого в условиях Тувы.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в 2014–2016 гг. на территории с. Сосновка, бывшего ОПХ «Сосновское», Тандинского района Центрально-Тувинской котловины.

Объектами исследования были черноземы обыкновенные. Закладка почвенных разрезов и описание морфологических признаков проводились по стандартным методикам. Отбор почвенных образцов проводился сплошной колонкой каждые 10 см до глубины 100 см. Основные химические и физико-химические показатели в почвенных образцах определены в ФГУ ГС Агрохимической службы «Тувинская» по гостированным методикам.

Результаты и обсуждение. Сложность геологического строения территории повлияла и на разнообразие горных пород, что послужило одним из важнейших факторов пестроты почвенного покрова Тувы.

Почвообразующими породами черноземов являются однородные лессовидные пылеватые легкие суглинки, а также супесчаные и легкосуглинистые, большей частью хрящеватые и слабо щелнистые элювиально-делювиальные отложения.

Черноземные почвы занимают покатые подгорные шлейфы, низкие увалы и ступенчато-приподнятые террасовые края днища котловин Тувы и имеют отметки 900 м. абс. высоты над уровнем моря. По мощности гумусового горизонта (A + AB) выделяют два вида: среднемощные и маломощные. Видовой состав на целинных черноземах составляют разнотравно-злаковые и злаково-разнотравные ассоциации степной расти-

тельности. Проективное покрытие почвы растительностью составляет 60–80 %, высота травостоя около 40–50 см.

Профиль обыкновенного чернозема четко дифференцирован на генетические горизонты. Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта достигает 35–40 см. Иногда обнаруживаются клинообразные гумусовые языки и карманы. Это возможно происходит в связи с тем, что при небольшой высоте снежного покрова (23–30 см) и низкой температуре зимой происходит глубокая промерзаемость до 3 м и растрескиваемость почв. А в образующиеся узкие трещины и карманы из верхнего горизонта просыпается гумусированный мелкозем, создавая резко очерченные темные, размытые пятна (рис. 1).

Верхний гумусовый горизонт почвы имеет серо-черную, буровато-серо-черную окраску в целинном состоянии, а в пахотном он более свет-



Рис. 1. Чернозем обыкновенный среднечеткий легкосуглинистый, сенокосные угодья, с. Сосновка, Тандинский район, Центрально-Тувинская котловина

лее. Средняя часть профиля становится светлой в связи со снижением гумуса и интенсивной аккумуляцией карбоната кальция. В профиле почвы отмечается слабое вскипание от HCl с 20 см и сильное с глубины 36 см. Карбонаты образуются в виде крупных мучнистых бесформенных пятен. Большое количество карбонатов в этих слоях позволяет выделить иллювиально-карбонатный горизонт (B_K). В горизонте C_K карбонаты наблюдаются в виде диффузных форм или образуют натечные корочки на гальке или щебне. В тувинских черноземах не встречаются «журавчики» или «белоглазки», которые так характерны для европейских черноземов, а карбонатный псевдомицелий наблюдается крайне редко.

Своеобразие экологических условий почвообразования в степных котловинах Тувы определяет существенные особенности черноземов в сравнении с подобными почвами в других регионах. Например, черноземы обыкновенные в соседней степной зоне Хакасии или Красноярского края имеют мощный гумусово-аккумулятивный горизонт интенсивной темно-серой окраски и карбонатные новообразования преимущественно в виде псевдомицелия [1].

Учитывая региональную «самобытность» тувинских черноземов обыкновенных в автоморфных условиях, можно сказать, что они характеризуются среднемощным гумусовым горизонтом до 40 см. Структура меняется от непрочно-мелкокомковато-пороховидной в верхней части профиля до непрочно-мелкокомковато-пылеватой с глубины 36 см. Непрочно-комковатые частицы при легком нажатии на них всегда легко распадаются. Пахотный слой почвы часто характеризуется бесструктурностью. В черноземах Тувы отсутствуют зернистая структура. Б.Ф. Петров, М.В. Кириллов, В.А. Носин – первые исследователи почв Тувы обратили внимание на эту особенность. Они не наблюдали зернистую структуру в целинном, естественном состоянии.

По гранулометрическому составу черноземы обыкновенные различают на средне-, легкосуглинистые, супесчаные и песчаные. Это разнообразие связано с обычной для горных областей литологической неоднородностью почвообразующих пород.

Среднее содержание гумуса ($n = 15$) по Туве в агрочерноземе обыкновенном в верхнем слое равняется $4,48 \pm 0,33\%$, а коэффициент вариации – 28 %. Содержание гумуса в слое 0–20 см в черноземе обыкновенном изменяется в пределах 4,77–6,89 %. Содержание гумуса по профилю резко снижается. На глубине 50–60 см гумуса в 5–6 раз меньше, чем в пахотном слое, что указывает на небольшую мощность гумусированной части профиля черноземов Тувы. Это можно объяснить тем, что концентрация растительных остатков происходит в самом верхнем горизонте

почвы, а сухость климата и короткий период интенсивной биологической активности, влияют на разложение и трансформацию образующихся гумусовых веществ. Продукты гумификации закрепляются и не передвигаются в составе растворов по профилю почвы.

Запасы гумуса чернозема обыкновенного не высокие (в среднем по Туве 104 т/га в слое 0–20 см) так, как имеют низкое содержание гумуса и малую мощность гумусового горизонта.

Итак, чернозем обыкновенный развитый в условиях степного Тувинского региона характеризуется малой мощностью гумусового горизонта, слабой связностью, непрочно-комковатой структурой, отсутствием зернистой структуры, отсутствием гипсовых выделений, наличием карбонатов в виде крупных мучнистых бесформенных пятен или в виде диффузных форм, средним содержанием гумуса и запасов гумуса в патотном слое почвы.

Список литературы

1. Бугаков П. С. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края : учеб. пособие / П. С. Бугаков, В. В. Чупрова. – Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 1995. – 176 с.

2. Жуланова В. Н. Агрогенная эволюция почв Тувы / В. Н. Жуланова. – Кызыл : Изд-во ТувГУ, 2016. – 232 с.

3. Носин В.А. Почвы Тувы / В. А. Носин. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 342 с.

УДК 631.4

ЧЕРНОЗЕМЫ ЗАКАЗНИКА «СПАССКИЙ» В УСЛОВИЯХ ПОДТОПЛЕНИЯ КУЙБЫШЕВСКИМ ВОДОХРАНИЛИЩЕМ

Кулагина Валентина Ивановна

кандидат биологических наук,

Институт проблем экологии и недропользования, г. Казань

E-mail: viksoil@mail.ru

Иванов Дмитрий Владимирович

кандидат биологических наук,

Институт проблем экологии и недропользования, г. Казань

E-mail: water-rl@mail.ru

Григорьян Борис Рубенович

кандидат биологических наук,

Институт проблем экологии и недропользования, г. Казань

E-mail: bobgrig2@yandex.ru

Аннотация. Исследованы черноземы островных территорий заказника. Показано, что в зоне подтопления водохранилищем черноземы постепенно эволюционируют в лугово-черноземные и лугово-болотные почвы.

Ключевые слова: почвы, подтопление почв, особо охраняемые территории, острова Куйбышевского водохранилища.

**CHERNOZEMS OF NATURE RESERVED
AREA «SPASSKY» UNDER
FLOODING KUIBYSHEV RESERVOIR**

Kulagina V. I.

*candidate of biological sciences, Institute for Problems of Ecology
and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan*

E-mail: viksoil@mail.ru

Ivanov D. V.

*candidate of biological sciences, Institute for Problems of Ecology
and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan*

E-mail: water-rf@mail.ru

Grigoryan B. R.

*candidate of biological sciences, Institute for Problems of Ecology
and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences, Kazan*

E-mail: bobgrig2@yandex.ru

Abstract. Conducted a study of black soils of the island territories nature reserved area. It is shown that in the area of the reservoir flooding chernozems gradually evolve in meadow chernozem and meadow-bog soils.

Keywords: soil, soil flooding, nature reserved areas, islands of Kuybyshev Reservoir.

Введение. Куйбышевское водохранилище протянулось через Русскую равнину более чем на 500 км и пересекает несколько биоклиматических зон: таежно-лесную, лесостепную и степную. В результате в зону подтопления попали разнообразные по генезису почвы [3]. В нижней части водохранилища – черноземы. Исследования процессов подтопления черноземов Куйбышевским водохранилищем немногочисленны. Изменения почв в зоне подтопления Куйбышевского водохранилища в черноземной зоне изучали в 70-х годах П.В. Маданов и В.Е. Корневская с соавторами, однако полученные ими сведения о степени преобразования подтопленных почв не совсем совпадают [4, 5]. П.В. Маданов указывал на более слабую выраженность процессов подтопления.

Целью работы было установить направление и степень выраженности процессов эволюции черноземов в зоне подтопления Куйбышевского водохранилища на примере почв Государственного природного заказника регионального значения комплексного профиля «Спасский».

Объекты и методы. Исследования почв Государственного природного заказника регионального значения комплексного профиля «Спасский» проводилось сотрудниками ИПЭН АН РТ в 2011 г.

Заказник расположен в Спасском районе РТ, на прибрежных островах и акватории Куйбышевского водохранилища между г. Болгар и с. Измери [2]. Он включает в себя систему островов (64 острова) и обширные мелководья водохранилища. Площадь – 17979 га [2]. Исследования почвенного покрова проводились на островах «Старый город» и «Дом рыбака».

Результаты и обсуждение. Проведенные исследования на территории заказника «Спасский» показали, что черноземы распространены только на одном из исследованных островов – «Дом рыбака», расположенном недалеко от устья реки Бездна и поселка Куралово. До создания Куйбышевского водохранилища почвы островов заказника занимали наиболее высокие участки второй надпойменной террасы. После заполнения чаши водохранилища эти участки превратились в острова, а почвы испытали на себе разностороннее воздействие водохранилища. Это могут быть не только процессы подтопления, но и намыв аллювиальных наносов.

На половине площади острова черноземы перекрыты сверху аллювиальными наносами, местами мощностью до 40 см. На наносах, отложенных на поверхности зональных почв, сформировались аллювиальные дерновые почвы. Обнаружены аллювиальные дерновые почвы на погребенном черноземе выщелоченном маломощном. Высокое содержание гумуса в поверхностном горизонте аллювиальной дерновой почвы (8,6%) вызвано отнюдь не длительным процессом почвообразования, а привносом хорошо гумусированного материала с коренного берега, почвенный покров которого представлен в основном черноземами типичными и выщелоченными [1].

Черноземы, расположенные на участках острова, имеющих гипсометрические отметки выше 1 м над нормальным подпорным уровнем водохранилища, морфологически выраженных признаков оглеения в профиле, как правило, не имеют. Согласно «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) они относятся к черноземам выщелоченным маломощным мало- или среднегумусным тяжелосуглинистым на древнеаллювиальных отложениях.

Реакция среды водной вытяжки черноземов ГПКЗ «Спасский» колеблется от 6,3 до 8,4. Причем в более глубоких горизонтах реакция среды

становится более щелочной. Содержание гумуса в верхних горизонтах черноземов 6,0–6,9%. Сумма обменных оснований 33,7–41,8 мг-экв/100 г. Содержание физической глины колеблется от 52,6 до 56,4%.

Черноземы, оказавшиеся на участках ниже 1 м над нормальным подпорным уровнем водохранилища, испытывают процессы подтопления. Процессы оглеения выражены в них достаточно четко, в виде сплошных глеевых горизонтов, а не пятен. По этому показателю полученные нами данные ближе к данным В.Е. Корневской, чем П.В. Маданова [4,5].

П.В. Маданов с соавторами в начале 1970-х гг. отмечали связь подтопления почв, в том числе черноземов, со значительными колебаниями уровня Куйбышевского водохранилища. По их мнению, подтопление происходит периодически, поэтому морфологические признаки оглеения почв выражены слабо: только в некоторых почвах в виде отдельных сирых и ржавых пятен [5].

В 1979 г. В.Е. Корневская с соавторами провели исследования на Куйбышевском водохранилище в пределах степной зоны. Они отмечали более выраженные признаки переувлажнения. По их данным зональные автоморфные черноземы в зоне подтопления эволюционировали в черноземы глубинно-глееватые, в лугово-черноземные почвы. В микропонижениях – в лугово-болотные почвы. Кроме того, как показали их исследования, подтопление не вызвало вторичного засоления [4].

Согласно нашим данным подтопленные черноземы заказника «Спасский» постепенно преобразуются в лугово-черноземные и лугово-болотные почвы. При исследовании аллювиальных, серых лесных и дерново-подзолистых почв островов Куйбышевского водохранилища было показано, что морфологические признаки оглеения появляются в почвах гораздо раньше, чем другие признаки подтопления, например, статистически значимое накопление органического вещества в верхней части профиля [3]. Та же закономерность наблюдается для черноземов.

Процесс засоления в подтопленных черноземах заказника «Спасский» не наблюдается, что совпадает с данными В.Е. Корневской.

Выводы.

1. Черноземы выщелоченные островов заказника «Спасский», занимающие участки выше 1 м над нормальным подпорным уровнем водохранилища, продолжают развиваться по зональному типу.

2. На участках островов, не превышающих 1 м над нормальным подпорным уровнем Куйбышевского водохранилища, черноземы постепенно эволюционируют в лугово-черноземные и лугово-болотные почвы.

Список литературы

1. Атлас Республики Татарстан. – М. : Производственное картосоставительское объединение «Картография», 2005. – 211 с.
2. Государственный реестр особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан. Издание второе. Казань : Идел-Пресс, 2007. – 408 с.
3. Григорьян Б.Р. Изменения почвенного покрова островов Куйбышевского водохранилища во времени под влиянием водного режима / Б.Р. Григорьян, В.И. Кулагина // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2010. – Т. 152. – № 4. – С. 92–101.
4. Корневская В.Е. Влияние подтопления Куйбышевского водохранилища на свойства террасовых черноземов / В.Е. Корневская, М.А. Хрусталева, Л.Н. Кабалина // Вестник МГУ. – Серия 17. Почвоведение. – 1982. – № 4. – С. 56–62.
5. Стародубцев В.М. Влияние водохранилищ на почвы / В.М. Стародубцев. – Алма-Ата : Наука, 1986. – 296 с.

УДК 581.526.53

АНТРОПОГЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД МНОГОЛЕТНИМ ВЛИЯНИЕМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ «ГОРА ВИШНЕВАЯ – КАСПИЙСКОЕ МОРЕ»

Русанов Александр Михайлович

*доктор биологических наук, профессор,
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург*

E-mail: soilec@esoo.ru

Аннотация. Исследовано влияние государственной лесной полосы «Гора Вишневая – Каспийское море» как составной части Сталинского плана преобразования природы на особенности формирования почв, свойства черноземов и определена зона ее влияния на прилегающие ландшафты в пределах настоящих степей Предуралья.

Ключевые слова: чернозем, лесополоса, условия почвообразования, экотон, ландшафт, настоящая степь, катена.

CHANGE OF SOIL FORMATION AND PROPERTIES OF SOILS UNDER PERMANENT INFLUENCE OF STATE FOREST STRIPS «CHERRY HILL – CASPIAN SEA»

Rusanov A. M.

doctor of biological sciences, professor, Orenburg State University, Orenburg

E-mail: soilec@esoo.ru

Abstract. The influence of the state forest belt “Cherry Hill – Caspian Sea” as part of Stalin’s plan to transform the nature of peculiarities of soil properties of chernozem zone and impact on the surrounding landscape within these steppes Urals.

Keywords: forest belt, soil conditions, Ecotone, black soil, the landscape, the real steppe, Catena.

Введение. После окончания Великой Отечественной войны в Советском Союзе был принят ряд законов, направленных на восстановление народного хозяйства и увеличение объемов сельскохозяйственной продукции. В том числе была разработана комплексная программа, задачей которой было предотвращение пыльных бурь и засух путем посадки лесозащитных насаждений и строительства водоемов в южных районах Европейской части страны. Этот план известен как Сталинский план преобразования природы. Главной целью плана было полное продовольственное самообеспечение государства и наращивание экспорта отечественных сельскохозяйственных продуктов.

Первые опыты в России по насаждению лесов на отдельных участках южных степей для борьбы с суховеями датируются 17 веком. Особую же актуальность проблема засух и пыльных бурь в степи приобрела в неурожайные 1891 – 1892 годы. Замечательные деятели отечественной науки – К. А. Тимирязев, Д. И. Менделеев, Г.Ф. Морозов, И. В. Мичурин, В. В. Докучаев и другие – приняли активное участие в разработке научных основ борьбы с засухой, в которой для мелиорации почв и повышения их плодородия ведущее место отводилось защитному лесоразведению. Так, Д. И. Менделеев считал, что работы по лесомелиорации на юге страны по своей значимости равносильны защите Российского государства, а К. А. Тимирязев повышение урожайности сельскохозяйственных культур связывал со сбережением весенней влаги за счет создания системы лесных насаждений [5]. Важным вкладом в теорию и практику степного лесоразведения на больших площадях явились пионерские работы, которые организовал основоположник мирового почвоведения В. В. Докучаев на участке Каменная степь, расположенного в Воронежской области [2].

Таким образом, государственный план по борьбе с засухами базировался на фундаментальной научной основе. Предстояло изменить климат на площади 120 млн. гектаров. Для этого намечалась посадка восьми лесополос общей протяженностью 5300 км и площадью 2,3 млн. га. Одновременно план совмещал в себе задачи охраны окружающей среды и увеличение биоразнообразия степных ландшафтов, так как создание лесополос и водоемов должны были существенно разнообразить флору и фауну значительной территории Союза.

По разным причинам работы по реализации плана были свернуты до момента их завершения и заменены на комплекс мер по подъему целинных и залежных земель. Однако даже в незавершенном виде совокупность возведенных сооружений продолжает оставаться среди самых крупных в мировой практике искусственных объектов, имеющих экологическое значение.

Самой протяженной из лесополос (1018 км) должна была стать шестирядная лесополоса гора Вишневая, расположенная на востоке Оренбургской области – Каспийское море. Она приурочена к реке Урал по три полосы по каждой из ее сторон. Ширина полосы – 60 метров, межполосного пространства – 200 метров. На момент прекращения работ по реализации плана посадка этой лесополосы в пределах Оренбургской области была близка к завершению [1]. В современных условиях часть лесополосы утрачена под влиянием выпаса скота, степных пожаров и неконтролируемой вырубки. Однако значительные ее участки сохранились до настоящего времени. Общая площадь лесополосы в пределах региона составляет 14,1 тыс. га, а протяженность составляет не менее 200 км. [3, 4].

Объекты и методы. Фрагмент хорошо сохранившейся лесополосы на правом берегу Урала, ориентированный в широтном направлении и приуроченный к настоящей степи в подзоне обыкновенных черноземов Предуралья, а так же прилегающая к нему территория послужили объектом изучения многолетнего влияния лесонасаждения на условия почвообразования, свойства почв и определения зоны его воздействия (ширины экотона) на сопредельные пространства. Исследования проводились на почвенно-геоботанической катене, ориентированной с юга на север. Первая ее площадка была расположена в середине центральной лесополосы, вторая – на межполосном пространстве и далее, с шагом опробования в 100 метров, были оборудованы ещё восемь точек опробования. Кроме того в полутора километрах от лесополосы, вне ее влияния, располагалась последняя площадка, результаты исследования свойств почв которой характеризовали фоновые, типично степные черноземы и были использованы в качестве объекта сравнения, эталона. Все контрольные площадки до посадки лесополосы находились в одинаковых ландшафтных условиях. Территория представляла собой плоскую равнину на древнеаллювиальных карбонатных тяжелых суглинках с уровнем залегания грунтовых вод более 6 метров. В процессе работ были использованы классические методы, применяемые в почвоведении, ботанике и в смежных науках.

Результаты и их обсуждение. Климатообразующее значение лесополос определяется тремя главными обстоятельствами: а) они снижают скорость ветра преимущественно южного для региона направления, б) аккумулируют на своей территории значительные запасы снега зимой, в) летом за счет транспирации древесной растительностью большого количества воды, обеспечивают приземный слой атмосферы повышенным содержанием влаги; в связи с высокой теплоемкостью воды значительная доля поступающего к лесополосе солнечного тепла расходуется на ее на-

гревание, а на окружающей территории формирует относительно мягкий мезоклимат.

Выявлено, что в течение весенне-осеннего периода температура на поверхности почв и на глубине 20 см была минимальной под лесополосой и в межполосном пространстве, а на крайне южных площадках катены была на 2,5 – 3,0, а в период засух на 4,0°С выше. Зимой высота снежного покрова под лесом составила 52 см, на двух соседних площадках она оказалась равной 47 и 45 см, а далее, постепенно снижаясь, на последних двух контрольных точках достигла значений 38–36 см. Выполненные исследования по определению запасов продуктивной влаги в метром слое почв зоны работ на начало и конец периода активной вегетации растений показали, что под лесополосой они составили 365 и 189 мм соответственно, в ста метрах от границы лесополосы почвенной влаги оказалось 323 и 172 мм, а на крайней площадке катены – 284 весной и 136 мм осенью.

Связанные с лесополосой изменения в мезоклимате нашли своё продолжение в другом незаменимом факторе почвообразования – в биологическом, в первую очередь в видовом составе растительности и запасах фитомассы. Древесные насаждения лесополосы представлены ясенем пенсильванским (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh), вязом гладким (*Ulmus laevis* Pall.) и березой бородавчатой (*Betula pendula* Roth) с плохо выраженными подлеском и травянистым ярусом. В пределе межполосной территории естественная травянистая растительность слагается в мезофитную разнотравно-типчаково-ковыльную ассоциацию (*Stipa lessingiana* + *Festuca valesiaca* + *mh*), в составе которой присутствуют клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) и ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) Далее, по мере ксерофитизации мезоклимата, она сменяется типчаково-ковыльным фитоценозом (*Festuca valesiaca* + *Stipa lessingiana*), а на крайней, десятой площадке, в растительности доминируют засухоустойчивые ковылы (*Stipa capillata* + *Stipa lessingiana*). По мере продвижения к северу от лесополосы проективное покрытие травостоя меняется с 85–95 до 60–65%, а количество ярусов снижается с 4–5 до 2–3. С 246,4 ц/га на межполосном участке до 130,4 ц/га на последней площадке катены сокращаются общие запасы производимой в год фитомассы – надземной и подземной в слое почв 0–20 см. При этом по мере удаления от лесополосы отношение подземной (корневой) фитомассы к надземной возрастает от 2,1 до 4,1.

Изменения в гидротермических и в биологических обстоятельствах почвообразования нашли свое отражение в свойствах почв прилегающего в лесополосе целинного ландшафта. Одним из интегральных показателей всей совокупности процессов, происходящих в почвах, является их биологическая активность, определяемая по разложению льняной ткани,

закладываемой в верхний слой почв на определенное время. Показано, что в почвах первых трех площадок биологическая активность была относительно высокой. Вес ткани снизился на 27,2–29,1 %, в то время как на последних участках убыль ткани составила не более 15,9%.

Морфологические исследования почв ключевых участков показали, что максимальная мощность горизонта А+АВ отмечается в черноземах под лесополосой (52,1 см) и на межполосном пространстве (44,7 см), что объясняется условиями увлажнения, составом растительности и большим количеством опада. При движении в сторону типично степных ландшафтов мощность генетических горизонтов постепенно снижается и достигает уровня 36–39 см на двух крайних северных участках. Содержание гумуса в почвах под лесом и в непосредственной близости от него среднее (7,4–6,2%), на других участках почвы малогумусные (5,8–4,3) с выраженной тенденцией к снижению содержания гумуса по мере движения от лесополосы. В том же направлении от высокой (41,0%) до средней (34,4%) меняется степень гумификации органического вещества черноземов. Кроме того, в почвах первых трех участков гумусово-аккумулятивном горизонте свободен от карбонатов, в черноземах 4–8 площадок карбонаты залегают на глубине 10–25 см, а на двух последних площадках они проявляются с поверхности.

Заключение. Установлено, что структура почвенного покрова исследованной территории складывается из чернозема обыкновенного среднеспособного среднегумусного, чернозема обыкновенного среднеспособного малогумусного, чернозема обыкновенного карбонатного среднеспособного малогумусного и чернозема обыкновенного карбонатного маломощного малогумусного. Важно подчеркнуть, что последний вид чернозема получил распространение не только в пределах двух последних участков катены (9 и 10), но оказался идентичным почве, которую характеризовал разрез, расположенной на расстоянии в 1,5 км севернее от лесополосы, т.е. находящимся вне зоны ее воздействия. Таким образом, есть все основания полагать, что чернозем обыкновенный карбонатный маломощный малогумусный ранее являлся фоновой почвой для всей исследованной территории, а свойства черноземов, расположенных южнее 8 площадки катены, приобретены за последние десятилетия под влиянием условий, прежде всего мезоклимата, созданных государственной лесополосой Гора Вишневая – Каспийское море. Ширина экотона, сформированного под влиянием лесонасаждения, составила 700 – 750 метров.

Список литературы

1. Альбенский А.В. Государственная защитная лесная полоса: гора Вишневая Чкалов – Каспийское море / А.В. Альбенский, Л.Т. Земляничский, И.Р. Морозов, – М.-Л., 1949. – 47 с.

2. Каменная степь: Лесоаграрные ландшафты / Ф.Н. Мильков, А.И. Нестеров, П.Г. Петров, Б.И. Скачков и др. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1992. – 224 с.

3. Мильков Ф.Н. Леса Чкаловской области / Ф.Н. Мильков // Очерки физической географии Чкаловской области. – Чкалов, 1950. – С. 151–160.

4. Танков А.А. Состояние и рост насаждений государственной защитной лесной полосы «г. Вишневая – Каспийское море» на зональных почвах в пределах Оренбургской области : автореф. дисс. канд. с.-х. наук / А.А. Танков. – Оренбург. – 2007. – 22 с.

5. Эйтинген Г.Р. Лес в степи / Г.Р. Эйтинген – М.: Изд-во Сельскохозяйственной литературы, 1954. – 189 с.

УДК 631.445.463.1

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМОВ

Йонко Ольга Антоновна

старший преподаватель,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж,

E-mail: olga-jjonko@rambler.ru

Коваленко Дарья Александровна

студентка, Воронежский государственный университет, г. Воронеж,

E-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Шевченко Ксения Владимировна

магистр, Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация. Изучены особенности морфологических, химических, физическо-химических свойств и профильного распределения карбонатов в постирригационных выщелоченных и типичных чернозёмах.

Ключевые слова: орошение, морфологические свойства, карбонаты кальция, миграция карбонатов, запасы карбонатов, профильное распределение гумуса.

INFLUENCE OF IRRIGATION ON SOME PROPERTIES OF CHERNOZEMS

Jonko O. A.

senior lecturer at Voronezh State University, Voronezh

E-mail: olga-jjonko@rambler.ru

Kovalenko D. A.

student at Voronezh State University, Voronezh

E-mail: bssoil@bio.vsu

Shevchenko K. V.

magister at Voronezh State University, Voronezh

Abstract. Particularities of morphological, chemical, physico-chemical properties and profile distribution of carbonates in postirrigation leached and typical chernozem.

Keywords: irrigation, etymology, calcium carbonates carbonates carbonates reserves migration profile distribution of humus.

Известно, что орошение оказывает существенное и неоднозначное воздействие на почвенные процессы. С одной стороны под действием поливных вод изменяются химические, физико-химические, агрономические свойства почвы, водно-воздушный, тепловой и питательный режимы, микробиологическая активность увеличивает урожай и улучшает его качество. С другой стороны, за последние годы накоплены многочисленные факты, свидетельствующие об ухудшении некоторых свойств черноземных почв обусловленные орошением. В связи с этим, достижение ожидаемого эффекта от оросительной мелиорации возможно только в том случае, если улучшение влагообеспеченности растений не будет сопровождаться ухудшением свойств и режимов почв.

Орошение земель на территории Воронежской области стали проводить с конца 60-х десятих начала 70-х годов. В годы реформ (90-е годы) развитие агро-мелиорации было практически остановлено, однако вызванные ей изменения в свойствах почв продолжают сохраняться до сих пор. Поэтому, изучение свойств постирригационных черноземов является актуальной проблемой современного почвоведения.

Целью наших исследований было изучение изменений физико-химических, химических свойств и в распределений карбонатов в профилях выщелоченных и типичных чернозёмов, обусловленные орошением.

Объектами исследований послужили ареалы орошаемых и неорошаемых чернозёмов выщелоченных и типичных, сформировавшихся в пределах Рамонского района Воронежской области. Орошение чернозёмов проводилось в течение 30 лет с 1965 по 1995 год.

Для типичных и выщелоченных черноземов характерны мощный, хорошо развитый почвенный профиль, интенсивно темная, почти черная окраска, которая постепенно ослабевает с глубиной, хорошо выраженная зернистая и комковато-зернистая структура гумусовой толщи, неровная затёчная граница перехода гумусового горизонта в подгумусовый, слабо уплотненное сложение, постепенно нарастающее к низу. В почвенном профиле этих почв отсутствуют явно выраженные признаки элювиально-иллювиальной дифференциации. В нижней части гумусовой толщи, как правило, выделяется карбонатный горизонт с различными формами карбонатных новообразований. Слабое промывание при значительном содержании в почвенном растворе катионов кальция и магния способствует

коагуляции перегнойных соединений и образованию прочных структурных агрегатов.

Изучение морфологических свойств орошаемых почв показало, что орошение обусловило изменения в морфологии почв, как выщелоченных, так и типичных чернозёмов, которые проявились в увеличении в структуре гумусового горизонта пылеватой фракций и появлении ореховатых и глыбистых структурных агрегатов. Наблюдается, также некоторая растянутасть гумусового горизонта, проявляющаяся в увеличении мощности от 63 до 72 см в выщелоченных и от 65 до 74 см в типичных подтипах.

Значительные изменения произошли в профильном распределении карбонатов и в характере карбонатных новообразований. Так, например, глубина залегания карбонатного горизонта в выщелоченных чернозёмах понизилась на 21 см, а в типичных на 12 см. Среди характерных для этих почв форм выделения карбонатов (псевдомицелия, налётов и т. д.) в орошаемых почвах обнаружены диффузные пятна карбонатов с нечёткими размытыми краями, формирующиеся в условиях длительного повышенного увлажнения.

Анализ данных, полученных при лабораторном исследовании почв показал, что наименьшее содержание гумуса в слое 0–10 см характерно для чернозема типичного орошаемого (5,08%). Вниз по профилю наблюдалось постепенное его снижение до 0,81%. На участке, где не применялось орошение, аналогичные черноземы были более гумусированы и на той же глубине содержали на 0,69% больше гумуса. В профильном распределении органического вещества в неорошаемых чернозёмах наблюдались те же закономерности. Так на глубине 60–70 см значительные изменения в содержании гумуса по сравнению с орошаемыми аналогами, не установлены и составили 1,86% (рис. 1). Орошение приводило, также к снижению запасов органического вещества на 34,51 т/га слое 0–50 см и на 47,64 т/га в слое 0–100 см (рис. 2).

Черноземы выщелоченные неорошаемые, также характеризуются, как более гумусированные (6,98%) гумус в них постепенно снижается с глубиной и даже в слое 100–110 см его количество составляет 1,18% (рис.1). Орошение выщелоченных чернозёмов также явилось причиной снижения запасов органического вещества на 28,59 т/га в слое 0–50 см и на 70,27 т/га в метровой толще (рис. 2).

Изучение влияния орошения на физико-химические свойства, чернозёмов показало, что в результате полива изучаемых существенных изменений в сумме обменных оснований не произошло. Их содержание в слое 0–10 см составило 42,59 и 41,54 ммоль(экв)/100 г почвы. Вниз по профилю наблюдается постепенное снижение этого показателя.

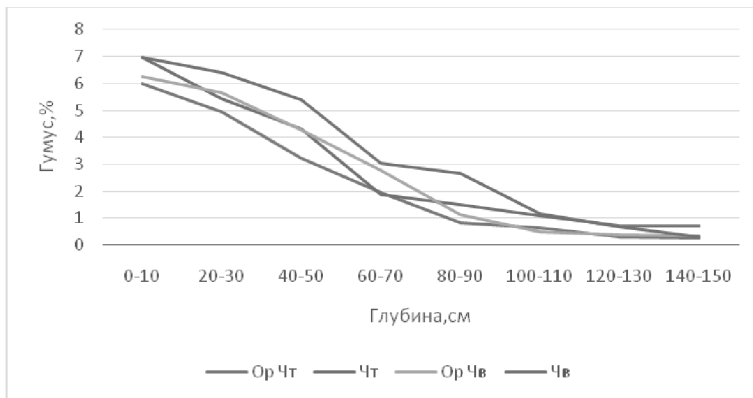


Рис. 1. Профильное распределение гумуса в орошаемых и неорошаемых чернозёмах

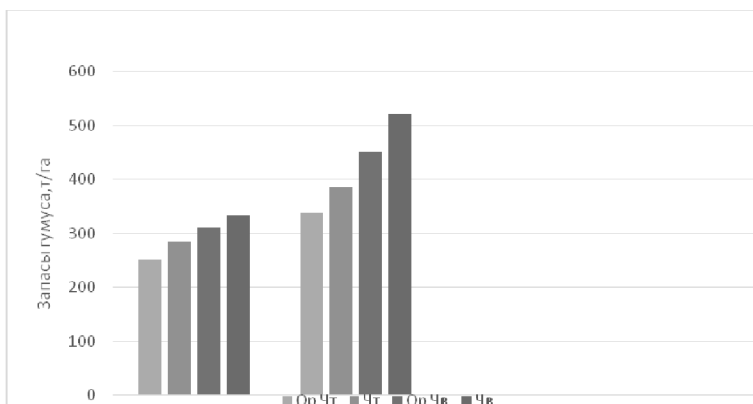


Рис. 2. Запасы гумуса в орошаемых и неорошаемых чернозёмах

Результаты изучения физико-химических свойств и их изменений в результате орошения показали, что, полив не привел к существенным изменениям содержания обменного кальция, как в выщелоченных (33,42 ммоль(экв)/100 г – орошаемая и 36,17 ммоль(экв)/100 г – неорошаемая), так и в типичных черноземах (34,24 ммоль(экв)/100 г – орошаемая и 33,00 ммоль(экв)/100 г – неорошаемая). Вниз по профилю этот показа-

тель постепенно уменьшается вслед за уменьшением содержания гумуса. Однако в посторошаемых чернозёмах на глубине 60–70 см он немного увеличивается, а глубже продолжает уменьшаться. И если в содержании обменного кальция орошение серьёзных изменений не вызвало, то количество обменного магния изменилось существенно, увеличившись в результате полива на 2,19 ммоль(экв)/100 г в слое 0–10 см в выщелоченных и на 2,85 ммоль(экв)/100 г в типичных чернозёмах. Орошение явилось причиной увеличения этого показателя из-за разрушительного влияния оросительных вод на почвенные минералы и увеличения растворения карбоната магния результатом чего стало сужение отношения между обменными кальцием и магнием с 6 до 4.

Во всех изученных почвах до глубины 50 см наблюдается постепенное увеличение рН с 6–7. Ниже на глубине 80–90 см рН достигает 8,0 и более единиц, и почва вскипает от 10% HCl. При этом в орошаемом черноземе это показатель имеет меньшие значения, чем в неорошаемой почве. В выщелоченных черноземах прослеживается такая же закономерность, что является результатом вымывания карбонатов поливными водами в нижележащие горизонты.

Для всех исследуемых почв характерна небольшая величина гидролитической кислотности (1,75–3,76 ммоль(экв)/100 г), которая определяется только до линии вскипания.

В прямой зависимости от содержания обменных катионов и величины гидролитической кислотности находится степень насыщенности основанийми. Этот показатель во всех исследуемых почвах достаточно высокий и в верхних горизонтах колеблется от 92 до 97%. Начиная с глубины 80–100 см, он становится равным 100%

Карбонатный профиль и его особенности является важной диагностической характеристикой черноземов. Наши исследования показали, что профильное распределение карбонатов в орошаемых почвах заметно отличается от неорошаемых аналогов. Во всех случаях пахотный слой практически не содержит карбонатов, и их количество выражается в сотых долях процента (0,03–0,09%). Немного содержится карбонатов и до глубины 80 см, ниже их количество возрастает. Например, в орошаемых типичных чернозёмах на глубине 80–90 см наблюдается первый максимум в их содержании (5,60%) и на глубине 120–130 см второй (21,44%). В неорошаемых типичных чернозёмах эти же максимумы отмечены на этих же глубинах, но с большими абсолютными значениями 9,84 и 28,47% соответственно (рис. 3).

Для профильного распределения карбонатов в выщелоченных чернозёмах были установлены практически те же закономерности, что и в

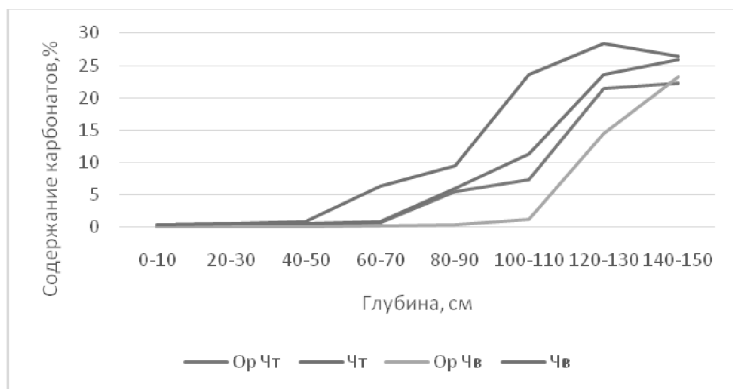


Рис. 3. Профильное распределение карбонатов кальция в орошаемых и в неорошаемых чернозёмах

типичных с некоторыми особенностями. Так, например, в выщелоченных чернозёмах содержится меньше карбонатов, а максимумы их накопления фиксируются на большей глубине. В орошаемой почве первый – 120–130 см (14,46%), второй 140–150 см (23,34%). В неорошаемых почвах первому максимуму на глубине 100–110 см соответствует 11,28% и второму на глубине 120–130 см – 23,65% CaCO_3 (рис.3).

Концентрация и передвижение карбонатов почв с почвенным раствором в профиле напрямую связаны с их гидрологическим режимом. Благодаря этому, особую актуальность и значение приобретают исследования профильного распределения карбонатов в условиях орошения. В литературе имеется большое количество данных, которые показывают повышение миграционной способности карбонатов кальция под действием оросительных вод. Результаты наших исследований карбонатного профиля орошаемых черноземов подтверждают высказанное другими авторами положение и показывают, что даже недлительное по сроку орошение приводит к значительному изменению карбонатного режима пахотных почв, причем, более значительному, чем их сельскохозяйственное использование без орошения.

В характере накопления карбонатов кальция в метровой толще и в типичных и в выщелоченных чернозёмах прослеживаются те же закономерности, что и в профильном распределении.

На рисунке 4 видно, что наибольшими запасами карбонатов в метровой толще обладают неорошаемые как типичные (615,1 т/га), так и выще-

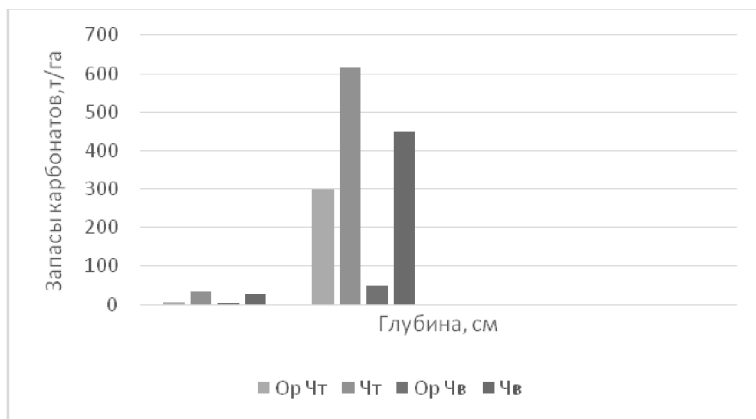


Рис. 4. Запасы карбонатов кальция в орошаемых и в неорошаемых чернозёмах

лоченные чернозёмы 449,3 т/га. При этом в орошаемых почвах этот показатель меньше и равен соответственно 297,8 и 49,5 т/га. Полуметровая толща менее обогащена карбонатом кальция и содержит в типичных орошаемых чернозёмах 7,36 и в неорошаемых 34,5 т/га. В выщелоченных чернозёмах запасы CaCO_3 ещё меньше и составляют соответственно 3,4 и 26,6 т/га (рис. 4).

По данным Д.И. Щеглова, в условиях орошения наблюдается нарушение сезонного цикла миграции карбонатов в профиле черноземных почв. Поступление больших количеств оросительной воды и преобладание в связи с этим нисходящих токов почвенных растворов летом, в период активного роста растений и максимальной концентрации в растворах CO_2 , способствует вымыванию CaCO_3 из верхних слоев почвы и не допускает восстановления карбонатного состояния черноземов, наблюдаемого в неорошаемых почвах в засушливые периоды, что может привести к дестабилизации почвенного поглощающего комплекса, увеличения подвижности органического вещества.

Таким образом, наши исследования показали, что орошение приводит к заметному перераспределению карбонатов в почвенном профиле и резкому возрастанию их миграционной способности и даже через 20 лет после прекращения полива, в почвах сохранились изменения в характере профильного распределении карбонатов и в количестве их накопления (рис. 3).

УДК 631.4(6)

**ПОЧВЫ ПОСЕЛЕНИЙ (ЧЕРНОЗЕМЫ)
РАННЕГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДИЩА МАКЛАШЕЕВКА II)**

Ломов Станислав Петрович

*доктор географических наук, профессор,
Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, г. Пенза
E-mail: stas-lomov@yandex.ru*

Солодков Николай Николаевич

*старший преподаватель,
Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, г. Пенза
E-mail: niconsol@yandex.ru*

Аннотация. Именьковская культурно-историческая общность (КИО) датируется III–VII вв. н.э. и изучена на примере городища Маклашеевка II и его окрестностей в пределах 3–5 км. Почвы поселений именьковской КИО с преобладанием земледельческого цикла освоения, характеризуются прогрессирующим увеличением площади агроценозов и сокращением лесов. Глубина преобразования почв достигает 50–60 см, в результате развития эрозионно-аккумулятивных процессов в пределах катен южной экспозиции.

Ключевые слова: почвы поселений, именьковская культурно-историческая общность, земледельческий цикл освоения территории.

**SOIL SETTLEMENT (CHERNOZEM)
OF THE EARLY MIDDLE AGES THE FOREST-STEPPE ZONE
OF THE MIDDLE VOLGA REGION
(ON THE EXAMPLE OF THE SETTLEMENT MALASAEVA II)**

Lomov S. P.

*doctor of geographical sciences, professor of the Penza state University
of architecture and construction, Penza
E-mail: stas-lomov@yandex.ru*

Solodkov N. N.

*senior lecturer, Penza state University of architecture and construction, Penza
E-mail: niconsol@yandex.ru*

Abstract. Imenkov cultural-historical community dates from the III–VII centuries ad, and studied on the example of the settlement Maklasheevka II and its environs in the

range of 3–5 km the Soil of the CHC imenkov settlements with a predominance of the agricultural cycle of development, characterized by a progressive increase in the area of agricultural lands and deforestation. Depth conversion of soil 50–60 cm, resulting in the development of erosion-accumulative processes within the catens of southern exposure.

Keywords: soil settlements, imenkov cultural-historical community, the agricultural cycle of development of the territory.

Строительство Волжско-Камского каскада водохранилищ в середине XX в. привело к развитию процессов абразии и исчезновению культурного наследия. Так, на поверхности второй надпойменной террасы р. Кама, недалеко от места слияния рек Волга и Утка, изучены сохранившиеся участки городища Маклашеевка II, относящиеся к именьковской культуре и датируемые III–VII вв. н.э. В рамках научной программы изучения памятников археологии, финансируемой республиканским фондом «Возрождение памятников истории и культуры Республики Татарстан», в 2014 г. экспедицией Института Академии наук республики Татарстан проводились комплексные исследования городища Маклашеевка II.

Задачей данного исследования была разработка подходов к реконструкции палеосреды именьковской КИО. Почвенные исследования (морфологические, физико-химические и химические свойства почв) совместно с геохимическими показателями, позволили выявить особенности развития почв поселений и геоэкологическую преобразованность почвенного покрова изучаемых ареалов.

Морфологическое строение почв (черноземы) свидетельствует о преобразованности верхней части почвенного профиля до 60–70 см, так как глубже 64 см обнаружены находки керамики именьковской культуры. В пределах этой же глубины заметна вторичная окарбончатенность почвенной массы.

Гранулометрический состав почв поселений в основном легкосуглинистый с повышенным коэффициентом оглинивания в горизонте ВС – до 1,1. Содержание гумуса в почвах вокруг городища невысокое, в гор. Ad – 3,3%, затем повышается в гор. A_{ca} до 6,0% и постепенно уменьшается до 4,5% в гор. AB_{ca}, 3,1% в гор. B_{ca} и 1,4% в гор. BC, что характерно для черноземного типа почв.

Слабокислая среда отмечается только в гор. Ad – pH_{KCl} – 6,6. С глубиной происходит нейтрализация среды и подщелачивание почвенного раствора в породе до 8,0. Данные по Hg показывают также небольшое увеличение в гор. Ad – 0,97 смоль (экв)/кг.

Сумма поглощенных оснований достаточно высокая 25,7–30,9 смоль(экв)/кг. Содержание подвижного фосфора по всему почвенному профилю очень высокое – 100 мг/кг, может свидетельствовать о сильном антропогенном воздействии на почвы и почвенный покров, приуроченных к городищу Маклашеевка II. Очень высокие показатели фосфора также подчеркивала Гольева [3] при анализе проб, взятых из раскопа ССV Болгарского городища, а также Чижевский [7] при изучении стоянки Гулюковское III, что может служить индикатором древнего антропогенного освоения ландшафтов.

Содержание карбонатов в почвах поселений свидетельствует о неполной выщелоченности в гор. Ad (1,78% CaCO₃), A_{ca} – 6,10% CaCO₃. В переходном гор. АВ_{ca} – 9,16%. Затем происходит резкое снижение CaCO₃ до 2,59% в гор. В_{ca} и отсутствие карбонатов в гор. BC, и только в почвообразующей породе содержание CaCO₃ увеличивается до 11,3%. По содержанию и распределению CaCO₃ в генетических горизонтах можно утверждать о вторичной окарбоначенности почв поселений.

Для более детального анализа геохимических условий формирования почв поселений был использован метод расчета геохимических коэффициентов на основе валового химического состава G. Retalack и др. [1, 4, 6, 8]. В почвах поселений вокруг городища Маклашеевка II геохимия однотипна в нижней части профиля (ниже 70 см) – 0,05–0,06. Выше 70 см коэффициент TiO₂:Al₂O₃ расширяется до 0,09 и указывает на существенную антропогенную преобразованность верхних горизонтов. Геохимический коэффициент CIA представляет собой выражение
$$\frac{Al_2O_3}{CaO + Na_2O + K_2O + MgO} \times 100$$
 и по-

казывает соотношение первичных и вторичных минералов в почвах, отражая изменение условий образования вторичных минералов. Для почв поселений вокруг городища Маклашеевка II коэффициент CIA оказался ниже 57,2 в гор. Ad и 64,1 – в нижних горизонтах.

Реконструкция палеосреды почв основана на связи коэффициентов выветривания современных почв и атмосферных осадков. Была получена функция линейной зависимости показателя CIA от среднегодового количества осадков (СГКО): СГКО=9.3*СIA–179 с величиной достоверности 0,96.

Для почв поселений в окрестностях городища Маклашеевка II количество осадков составило 326–420 мм/год. При этом заметен тренд снижения осадков в позднем голоцене. Современные осадки в Татарстане составляют 460–540 мм/год, то есть превышают рассчитанные на 110–80 мм.

Таким образом, почвы поселений именьковской КИО с преобладанием земледельческого и сбалансированного животноводческого цикла освоения, характерны прогрессирующим увеличением площади агроланд-

шафтов, сокращением лесов из-за строительства городищ и жилищ и их обогрева. Глубина преобразования почв достигла 50–60 см в результате развития эрозионно-аккумулятивных процессов в пределах катены южной экспозиции (деградация структуры, вторичная окарбоначенность, повышенные величины фосфора, снижение гумуса).

Список литературы

1. *Алексеев О.А.* Оксидогенез железа в почвах степной зоны / О.А. Алексеев, Т.В. Алексеева. – М. : Изд-во «ГЕОС», 2012 – 202 с.
2. *Геннадиев А.Н.* Типизация склоновых сопряжений почв по количественным проявлениям смыва – намыва веществ / А.Н. Геннадиев, А.П. Жидкин // Почвоведение. – 2012. – № 1. – С. 21–31
3. *Гольева А.А.* Раскоп ССV вала Болгарского городища // Археологические исследования / А.А. Гольева. – Казань : КФУ, 2015. – С. 5–7
4. *Калинин П.И.* Геохимическая характеристика погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности / П.И. Калинин, А.О. Алексеев // Вестник ВГУ. Серия: География, Геоэкология. – 2008 – № 1 – С. 9–15
5. *Ломов С.П.* Почвы и климат Пензенской области / С.П. Ломов. – Пенза : ПГУАС, 2012, С. 290
6. *Ломов С.П.* Геохимические условия развития современных и погребенных почв Среднего Поволжья / С.П. Ломов, Н.Н. Солodков // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2016. – Т. 16 – № 1. – С. 10–13
7. *Чижевский А.А.* Гулюковская III стоянка, экологическая адаптация и факторы хозяйственно-культурного развития / А.А. Чижевский // Уральский исторический вестник. – Екатеринбург : ИИиА УО РАН, 2010 – С. 25–30.
8. *Retallack G.* Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time. Treatise On Geochemistry, 2003. – P. 581–605.

УДК 631.4

ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ВАРИАТИВНОСТЬ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ ХАКАСИИ

Кулижский Сергей Павлинович

*доктор биологических наук, профессор,
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: kulizhskiy@yandex.ru*

Родикова Анна Викторовна

*кандидат биологических наук,
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: rodikovaav@mail.ru*

Марон Татьяна Алексеевна

*Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: t-nov-a@yandex.ru*

Аннотация. Экологическая обстановка формирования почв в условиях выраженного рельефа определяется экспозицией склонов орографических элементов. Наиболее значимыми неоднородными свойствами в данных условиях для почв Ширинской степи Хакасии, среди рассмотренных, являются: среднее содержание ила и физической глины в гумусовом горизонте, глубина максимального скопления карбонатов и их форма, глубина залегания максимума содержания легкорастворимых солей.

Ключевые слова: почвы степей, экспозиция склонов, черноземы, Ширинская степь, Хакасия.

THE VARIABILITY OF THE PROPERTIES OF SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE SHIRA STEPPE (KHAKASSIA) DEPENDING ON SLOPE EXPOSURE

Kulizhskiy S. P.

*doctor of biological sciences, professor Tomsk state University, Tomsk
E-mail: kulizhskiy@yandex.ru*

Rodikova A. V.

*candidate of biological sciences, Tomsk state University, Tomsk
E-mail: rodikovaav@mail.ru*

Maron T. A.

*Tomsk state University, Tomsk
E-mail: t-nov-a@yandex.ru*

Annotation. Ecological situation of soil formation in the conditions expressed relief determined by exposure of slopes orographic elements. The most prominent non-uniform properties in these conditions for the Shira steppe soils, among the considered, are: the average content of the sludge and physical clay in the humus horizon, the depth of the maximum concentrations of carbonates and their shape, depth of the maximum content of salts.

Keywords: steppe soils, slopes exposure, chernozems, Shira Steppe, Khakassia.

Введение. Рельеф, как один из факторов почвообразования, играет важнейшую роль в перераспределении тепла и влаги в ландшафтах, определяя, тем самым, различия в экологических условиях формирования почв, и, соответственно, их свойств. Исследуемая Ширинская степь (центральная часть Чулымо-Енисейской котловины) характеризуется выраженными холмисто-куэстовыми формами земной поверхности, между возвышенностями широко распространены озерные бассейны, что, в целом, определяет пестроту почвенного покрова и вариативность его свойств, в том числе – в пределах почвенных подтипов.

Объекты и методы. Объектами исследования выбраны наиболее широко распространенные в данной местности черноземы южные двух крупных озерных котловин Ширинской степи (Беле и Шира), приуроченные к юго-западным (ЮЗ), более крутым, и северо-восточным (СВ), более пологим, экспозициям склонов куэст, всего – шесть разрезов. В качестве критериев оценивания были выбраны некоторые базовые морфологические, физические и физико-химические свойства, определяемые по общепринятым в почвоведении методикам.

Результаты и обсуждение. Асимметрия куэст предопределяет своеобразное перераспределение тепла и влаги на различных экспозициях склонов. Отмечено, что наиболее теплые участки, обращенные к югу, согласно правилу предварения, более прогреваемые и сухие, и, соответственно, в их пределах развиваются почвы с признаками более «жесткой» аридности: максимум карбонатов находится ближе к земной поверхности, встречается такая форма выделения солей углекислой извести как белоглазка (табл. 1).

Определяющую роль в формировании иллювиального карбонатного горизонта, по-видимому, играет более контрастный температурный режим на южных экспозициях, который способствует суточной миграции карбонатов и переходу $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ в CaCO_3 .

Особенности формирования почвенных профилей описываемой территории обусловлены широким развитием делювиальных процессов [1], которые определяют, во-первых, некоторую синлитогенность зональных объектов исследования (наличие погребенного материала), во-вторых, обуславливают мощность почвенных профилей, в зависимости от положения в пределах склона. Вполне ожидаемо, что значения данного критерия на крутых склонах куэст должны быть меньше, однако, полевые данные такой зависимости не подтвердили, что, скорее всего, обусловлено небольшой выборкой. С этим же фактом связывается отсутствие различий в среднем содержании гумуса, хотя максимальные значения ожидаемо приурочены к пологим СВ склонам (табл. 1).

Немаловажными для почвообразования признаны и процессы дефляции, характерные для сухих аридных регионов, и играющие здесь значимую роль. Различные скорости развеивания почв на наветренном и заветренном склонах определяют сортировку частиц, что приводит к утяжелению гранулометрического состава в почвах СВ экспозиций, по сравнению с ЮЗ, о чем можно судить по содержанию фракций ила и физической глины (табл. 1).

Большое значение для формирования почв придается количеству просачивающейся в толщу влаги, которое зависит от угла ската: поскольку

**Экспозиционная вариативность свойств черноземов южных
Ширинской степи**

	ЮЗ экспозиция	СВ экспозиция
Средняя мощность профиля, см	139,50	128,50
Средняя мощность горизонта А, см	22,00	16,75
Среднее содержание ила в горизонте А, %	25,40	27,83
Среднее содержание физической глины в горизонте А, %	39,45	51,84
Вариативность содержания CO ₂ карбонатов, %	1,55–10,40	0,94–16,29
Глубина максимального скопления карбонатов, см	40,00	67,00
Формы карбонатов	Мучнистые (пропитка), пятна, белоглазка	Мучнистые (пропитка), пятна, псевдомицелий
Среднее содержание гумуса в горизонте А, %	6,21	6,20
Вариативность содержания гумуса в горизонте А, %	5,60–6,82	3,69–7,91
Вариативность значения рН	7,60–8,40	7,40–8,90
Средняя глубина залегания максимума легкорастворимых солей, см	35,00	111,67

ку склоны южной экспозиции являются крутыми сторонами куэст, то в их пределах преобладает поверхностный смыв, и почвы промачиваются на небольшую глубину, в отличие от пологих, где с постепенным уменьшением высот увеличивается глубина промачивания. Следствием этого факта, в совокупности с инсоляционной неоднородностью является, как уже было упомянуто, различная глубина залегания максимума карбонатов и, кроме того, – легкорастворимых солей, которые обнаружены в разных количествах во всех изучаемых объектах. С качественным составом легкорастворимых солей, наряду с присутствием солей угольной кислоты, связаны и высокие значения рН (табл. 1.), обусловленные наличием соды.

В целом, основными действующими агентами в пределах мезоформ рельефа, на которые обращают внимание авторы, изучающие почвы [2, 3], названы сила тяжести и изменение объема почвенных масс (замерзание-оттаивание, увлажнение-иссушение). При этом, если первый фактор является постоянным, то второй, приводящий к «дыханию» объемов, как правило, сезонный, и связан с климатическими условиями.

Выводы.

1. Изучаемые южные черноземы Ширинской степи Хакасии характеризуются выраженной экспозиционной неоднородностью следующих свойств: среднее содержание ила и физической глины в гумусовом горизонте, глубина максимального скопления карбонатов и их форма, глубина

залегания максимума содержания легкорастворимых солей.

2. Основными причинами экспозиционной неоднородности, вероятнее всего, являются дефляционные процессы и глубина промачивания и прогревания склонов.

Список литературы

1. *Баженова О.И.* Современная денудация в островных степях Сибири : дисс. на соиск. д-ра. г. н. / О.И. Баженова. – Иркутск : Б.и., 2011. – 371 с.

2. *Герасько Л.И.* Роль склоновых процессов в формировании почв трансаккумулятивных и аккумулятивных ландшафтов правобережья Томи / Л.И. Герасько, О.Н. Кряк // Проблемы геологии и географии Сибири : Материалы научной конф. 2–4 апреля 2003 г. // Вестник Томского университета. – Приложение. – Апрель 2003. – №3 (IV). – С. 247–250.

3. Джерард А.Дж. Почвы и формы рельефа / А.Дж. Джерард. – Ленинград : Недра. Ленинградское отделение, 1984. – 207 с.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ПОСТУПЛЕНИЕ ¹⁵N В ПОЧВУ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Еремеева Диана Вячеславовна

*студент, Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: eremeevadiana040294@gmail.com*

Никитич Полина Александровна

*младший научный сотрудник,
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск
E-mail: polinkanick@mail.ru*

Каллас Елена Витальевна

*кандидат биологических наук, доцент, Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: lkallas@sibmail.com*

Аннотация. В статье рассматриваются результаты проведенного полевого опыта, включающего экспериментальное увеличение снежного покрова, с целью изучения его влияния на поступление азота в почву. Показано, что увеличение мощности снежного покрова на черноземных почвах сопровождалось увеличением поступления азота при разложении меченого изотопом ¹⁵N растительного опада. Полученные результаты инкубационного опыта свидетельствуют о высокой нитрификационной способности черноземов Барнаульского Приобья.

Ключевые слова: Западная Сибирь, чернозем миграционно-мицеллярный, темно-серая почва, мощность снежного покрова, содержание ¹⁵N, нитрификационная способность.

INFLUENCE OF SNOW COVER ON ¹⁵N RELEASE FROM LITTER IN FOREST STEPPE ZONE OF WESTERN SIBERIA

Eremeeva D. V.

student, National Research Tomsk State University, Tomsk

E-mail: eremeevadiana040294@gmail.com

Nikitich P. A.

junior researcher,

Institute for Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk

E-mail: polinkanick@mail.ru

Kallas E. V.

candidate of biological sciences, associate professor,

National Research Tomsk State University, Tomsk

E-mail: lkallas@sibmail.com

Abstract. The article discusses the results of field experiment, including snow manipulation, in order to study its effect on the release of nitrogen from litter. Demonstrated that snow manipulation increase N release from ¹⁵N litter on Calcic Chernozems. The results of the incubation experiment indicate high potential net nitrification of Calcic Chernozems in Barnaul.

Keywords: western siberia, calcic chernozem, haplic phaeozem, snow depth, ¹⁵N content, potential net nitrification.

Введение. В течение последних нескольких десятилетий в научном обществе активно обсуждается глобальная проблема изменения климата. Созданная международная группа ученых, работающая по проблемам изменения климата, отмечает, что температура к 2005 году повысилась на $0,76 \pm 0,19^\circ\text{C}$, а скорость прогрева за последние 50 лет стала вдвое больше, чем за последние 100 лет [3]. На фоне повышения температуры и сокращения площади морского льда в Северном полушарии на территории России наблюдается увеличение высоты снежного покрова. Среднегодовое максимальное накопление снега за зимний период в России отмечается на северо-востоке Европейской части, в Западной Сибири и на Камчатке [1]. Современный рост снегонакоплений в Сибири создает частичную изоляцию почвогрунтов от температурных изменений воздуха в зимнее время. Почвенная температура является ключевым фактором, контролирующим многие процессы, протекающие в почвах. Сезонный снежный покров обеспечивает уникальную среду в почве, способную поддерживать высокие уровни биогеохимической активности [2], которая в значительной степени влияет на циклы многих элементов, в том числе азота, как важнейшего элемента питания растений.

В связи с этим проблема изменения климата и связанные с ними трансформации в поведении почвенных элементов-биофилов (особенно азота) является в настоящее время актуальной, требующей проведения глубоких исследований, позволяющих прогнозировать процессы, определяющие циклы их круговоротов.

Цель настоящего исследования – выявить влияние мощности снежного покрова на поступление азота в почвы при разложении меченого изотопом ^{15}N растительного опада.

Объекты и методы. Объектами эксперимента послужили чернозем миграционно-мицелярный и темно-серая почва, сформированные на лесовидных суглинках в Барнаульском Приобье, имеющие типичные для соответствующих типов и подтипов физико-химические характеристики.

С целью изучения влияния мощности снежного покрова на поступление изотопа ^{15}N в почвы осенью 2013 г. был проведен полевой эксперимент под лесной (темно-серая почва) и разнотравно-злаковой (чернозем миграционно-мицелярный) растительностью на делянках с естественным снежным покровом и искусственно увеличенным. На всех вариантах опыта в качестве разлагающейся растительности использовался меченый материал, полученный весной 2013 г. Несколько деревьев молодой осины и травянистая растительность были опрысканы раствором мочевины, содержащим 99,5% ^{15}N с рН 6,2. Затем сырье было собрано и высушено. Осенью 2013 г. подготовленный материал был помещен на поверхность почв опытных площадок и укрыт сеткой с целью предотвращения перемещения его ветром. Зимой осуществлялось экспериментальное увеличение мощности снежного покрова. На контроле снежный покров оставался естественным. Высота снега и температура почв регистрировалась с помощью термодатчиков.

Для изучения нитрификационной способности почв был проведен инкубационный опыт при температуре 20°C в течение 35 дней [4].

Результаты и обсуждения. Экспериментальное увеличение мощности снежного покрова зимой 2014–2015 гг. на лесном участке позволило увеличить его на 57 см, в результате мощность на делянке с УСП (увеличенным снежным покровом) во второй половине зимы составила порядка 140 см. Снеготаяние на контроле (К) и делянках с УСП началось одновременно, но на последних продлилось на 10–13 дней дольше. На луговом участке разница в мощности снега составила 25 см, вследствие этого, высота его на участках с УСП была около 100 см. Снеготаяние на всех делянках закончилось примерно в одно и то же время. УСП позволил предохранить почвы от промерзания на лесном участке. В период снеготаяния прогревание почвы на делянках с УСП продлилось на 5–10 дней дольше по сравнению с контролем.

Сопоставление результатов, полученных при определении содержания ^{15}N , позволило выявить тенденцию к увеличению поступления азота в почву с УСП под луговой растительностью (под УСП, по сравнению с контролем, на 0,2–1,4% больше). Обратная картина наблюдается под лесной растительностью – под УСП содержание ^{15}N меньше на 0,3–0,6%, при сопоставлении с К.

Результаты инкубационного опыта, проведенного для изучения нитрификационной способности почв, свидетельствуют о наибольшем количестве нитратов в черноземе (3,59 мг/кг почвы под УСП и 4,36 мг/кг почвы на К на глубине 0–2,5 см), что в 1,5 раза выше, чем в темно-серой почве (2,62 мг/кг и 2,66 мг/кг соответственно).

Выводы.

1. В модельном опыте увеличение мощности снежного покрова на черноземных почвах сопровождалось увеличением поступления в почву изотопа ^{15}N при разложении растительности. В тоже время в темно-серой почве под УСП содержание ^{15}N было меньше по сравнению с К, что, скорее всего, связано с большей влажностью почвы, лимитирующей активность микрофлоры.

2. Данные инкубационного опыта свидетельствуют о более высокой нитрификационной способности черноземов, что в целом является закономерным для почв данного типа и обусловлено оптимальной для процессов нитрификации реакцией почвенного раствора и более благоприятными биологическими факторами почвообразования по сравнению с темно-серыми почвами.

Авторы выражают благодарность всем участникам проекта «Агропотенциал Западной Сибири в условиях изменяющегося климата», а именно П.А. Барсукову, О.А. Русалимовой (Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск), Д. Дерьян и Б. Зеллер (Национальный институт агрономических исследований, Нанси, Франция).

Список литературы

1. Булыгина О.Н. Снежный покров на территории России и его пространственные и временные изменения за период 1966–2010 гг. / О.Н. Булыгина, В.Н. Разуваев, Н.Н. Коршунова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Т. XXIII. – М. : ИГКЭ, 2011. – С. 211–227.
2. Дюкарев Е.А. Прогноз глубины промерзания почвы с помощью простейшей регрессионной модели / Е.А. Дюкарев // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 387. – С. 266–270.
3. Tchebakova N.M. Climate change and climate-induced hot spots in forest shifts in central Siberia from observed data / N.M. Tchebakova, E.I. Parfenova // Reg Environ Change. – 2011. – Vol. 11. – P. 817–827.
4. Zeller B. Micheline Colin-Belgrand Fate of nitrogen released from ^{15}N -labeled litter in European beech, forests / B. Zeller // Tree Phystology. – 2001. – Vol. 21. – P. 153–162.

УДК 631.4

СОЛОНЕЦ СЛИТИЗИРОВАННЫЙ С МИКРОРЕЛЬЕФОМ ГИЛЬГАЙ В КАМЕННОЙ СТЕПИ*

Хитров Николай Борисович

доктор сельскохозяйственных наук,

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: khitrovn@gmail.com

Чевердин Юрий Иванович

доктор биологических наук,

Воронежский НИИ сельского хозяйства, Таловая

E-mail: cheverdin62@mail.ru

Аннотация. Представлены графическая цифровая модель микрорельефа гильгай и двумерный почвенный профиль вдоль гильгайной катены солонца темного кварцгелевого слитизированного коркового слабозасоленного глинистого в Каменной Степи. Гильгайный почвенный комплекс имеет три несогласованных уровня латеральных деформационных структур с разной длиной волны. Нижний уровень (глубже 100 см) возник в результате латерально-восходящего выдавливания материала гор. V/Qca,nc. Генезис образования деформационных структур среднего и верхнего уровней проблематичен.

Ключевые слова: латеральные деформационные структуры, поверхности скольжения, сликенсайды.

VERTIC SOLONETZ WITH GILGAI MICROTOPOGRAPHY AT THE KAMENNAYA STEPPE

Khitrov N. B.

doctor of agricultural sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: khitrovn@gmail.com

Cheverdin Y.I.

doctor of biological sciences,

Voronezh Research Agricultural Institute, Talovaya

E-mail: cheverdin62@mail.ru

Abstract. Graphical digital model of gilgai microtopography and 2-D soil profile along gilgaic catena of Nudinatric Vertic Stagnic Protosalic Solonetz (Clayic, Cutanic, Humic) at Kamennaya Steppe are presented. Gilgaic soil cover pattern has three internal

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты № 14-04-01694, 17-04-00555; объект использован в работах по картографированию вертисолей в России – по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы (пункт 5).

inharmonious layers of lateral deformation structures with different wavelength. The deepest layer (deeper than 100 cm) was formed as a result of the lateral-upward extrusion of horizon V/Qca,nc. Genesis of the middle and upper layers with lateral deformation structures is problematic.

Keywords: lateral deformation structures, slickensides.

В восьми регионах европейской части России встречаются ареалы с микрорельефом гильгай, представляющем собой чередующиеся микропонижения и микроповышения, возникающие в результате деформации поверхности глинистых почв в процессе их набухания и усадки. Возникновение микрорельефа способствует формированию гильгайных почвенных комплексов, среди которых выделено 13 типов.

Цель работы – описание почвенного гильгайного комплекса (тип № 9), представленного слитизированным солонцом в Каменной Степи.

Объектом является небольшой ареал (площадь 0,22 га) глинистых набухающих почв с сильно деформированной поверхностью на северных отрогах Калачской возвышенности на общем пологом склоне от водораздела в долину р. Чигла в 100 м от солонцового стационара № 2 в Каменной Степи. Участок имеет слабонаклонную поверхность, заканчивающуюся бровкой лощины, сложен четвертичными пылевато-иловатыми средними глинами, покрыт лугово-степной растительностью.

Съемка микрорельефа сделана нивелиром с регулярным шагом 25 см. Заложено две траншеи, пересекающие микроповышения и микропонижения. Координаты траншеи V-920: 51°01'16" с.ш., 40°40'43.8" в.д., высота 181 м.

Результаты. Микрорельеф (рис. 1) представлен α -nuram gilgai по Paton (1974) или нерегулярным решетчатым гильгаем с короткой длиной волны (0,7–1,1 м) и относительно большой вертикальной амплитудой (15–22 см).

Почвы на всех элементах микрорельефа таксономически не различаются (рис. 2). По классификации почв СССР (1977) они представлены солонцом луговым черноземным корковым слитым глинистым, по классификации почв России (2004) – солонцом темным квазиглеевым слитизированным корковым слабозасоленным. По WRB-2007 – это Stagnic Sodic Vertisol (Humic, Hyposalic, Hypereutric, Pellic), поскольку в диагностическом ключе реферативных почвенных групп (ППГ) Vertisols стояли раньше Solonetz, по WRB-2015 – это Nudinatric Vertic Stagnic Protosalic Solonetz (Clayic, Cutanic, Humic), поскольку в ключе поменяли местами РПП – сначала Solonetz, затем Vertisols.

Латеральные деформационные структуры имеют в профиле три уровня: (1) нижний в гор. V/Q2ca,nc на глубине более 100 см с длиной волны

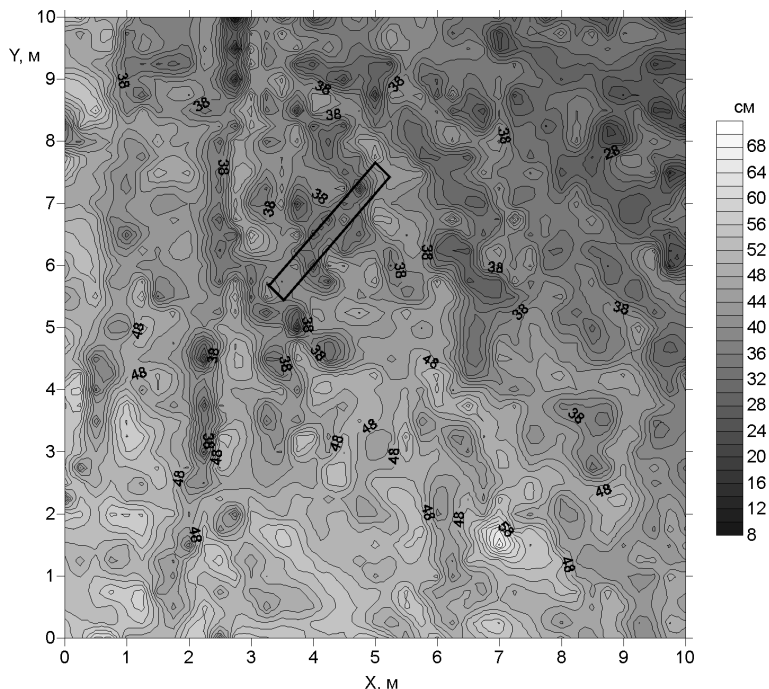


Рис. 1. Микрорельеф гильгай вокруг траншеи V-920. Вертикальное сечение через 2 см, ось X направлена с юга на север, ось Y – с востока на запад

более 2 м с большими (более 1–1.5 м) поверхностями скольжения; (2) средний с чередующимися гор. AUb,sn,q,v,ca и Q1v,ca,nc, имеющими мелкие сликенсайды (от 4–10 до 20–25 см) на глубине 50–70 см, с длиной волны 50–70 см; (3) верхний из смятых в складки солонцовых гор. ASN без сликенсайдов с длиной волны гильгай. Приподнятые и опущенные участки горизонтов трех уровней не имеют строгой согласованности между собой за счет разной длины волны на каждом уровне.

Поверхностные солонцовые горизонты имеют легкоглинистый состав с содержанием ила 34%, тогда как весь остальной профиль – среднеглинистый с содержанием ила 46–56%. Надсолонцовый гор. SEL представлен очень тонкой (<1 мм) скелетаной из отмытых пылеватых частиц. Весь профиль слабозасолен. Степень набухаемости растертых образцов высокая по всему профилю (38–55%). Солонцовый гор. ASN1 дифференцирован по содержанию гумуса: 6.0–6,4% на микровышениях, занятых тра-

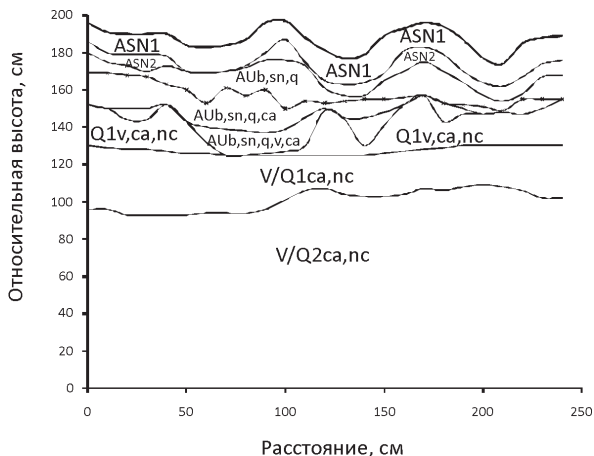


Рис. 2. Строение почвенного профиля гильгайного комплекса (тр. V-920)

вянистой растительностью, и 3,4–4,5% в микропонижениях, практически лишенной растительности, но содержащих хорошо заметные свежие гумусово-глинистые натечные пленки (кутаны). Коэффициент Швертмана (отношение оксалат- и дитионит-растворимых форм железа) варьирует от 0,43–0,7 в бескарбонатной гумусированной части профиля до 0,23–0,45 в гор. V/Qca, свидетельствуя о сильно выраженных восстановительных процессах по всему профилю, особенно в верхних горизонтах.

Наличие трех несогласованных друг с другом уровней латеральных деформационных структур позволяет предположить разные механизмы их формирования в разное время. Нижний уровень возник путем латерально-восходящего выдавливания части материала. Индикатором процесса являются большие поверхности скольжения с постепенно увеличивающимся углом наклона касательной к поверхности от 10–20° в области с более глубокой верхней границей горизонта до 25–35° к горизонтали в приподнятой области. Механизмы образования латеральных деформационных структур среднего и верхнего уровней пока проблематичны.

Список литературы

1. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 223 с.
3. Paton I.R. Origin and terminology for gilgai in Australia. Geoderma / I.R. Paton. – 1974. – Vol. 11. – P. 221–242.

УДК 631.4:911.52

В РАЗВИТИЕ ДОКУЧАЕВСКОЙ ТЕОРИИ ЧЕРНОЗЁМА *

Левыкин Сергей Вячеславович

доктор географических наук, профессор РАН,

Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

E-mail: stepevedy@yandex.ru

Казачков Григорий Викторович

кандидат биологических наук, Институт степи УрО РАН, г. Оренбург

E-mail: tsvikaz@yandex.ru

Аннотация. В целях решения проблем генезиса степей Евразии рассмотрены свидетельства в пользу ведущей роли позднелейстоценового лёсса и лёссовидных суглинков в формировании чернозёма.

Ключевые слова: чернозём, степь, лёсс, едома, гиперзона граcсландов.

TO THE PROGRESS OF DOKUCHAEV'S THEORY OF BLACK SOIL

Levykin S. V.

doctor of geographical sciences, professor of RAS,

Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg

E-mail: stepevedy@yandex.ru

Kazachkov G. V.

candidate of biological sciences,

Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg

E-mail: tsvikaz@yandex.ru

Abstract. Evidences for the key role by Late Pleistocene loess and loess-like sediments in black soil forming are examined for the purpose of Eurasian steppe genesis problems solution.

Keywords: black soil, steppe, loess, yedomas, grassland hyperzone.

Одной из актуальных задач степеведения является решение проблем генезиса и закономерностей системной организации степей, разработка фундаментальных основ их сохранения и восстановления. Использование степей с применением природоподобных технологий управления

* Работа выполнена по теме НИР Института степи УрО РАН «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», № ГР АААА-А17-117012610022-5.

возможно только на основе ясного представления об их происхождении. Следуя комплексному подходу к изучению степей выделим основные проблемы их генезиса: ландшафтная реконструкция голарктической гиперзоны грацсландов позднего плейстоцена [3], степень родства голоценовой степи по отношению к ней, роль лёсса и лёссовидных суглинков в пространственной организации степей и формировании ядра её зональной типичности, генезис почв чернозёмного типа, генезис лёссов и лёссовидных суглинков, проблема ядра зональной типичности применительно ко всем территориям степей голоцена Евразии, генезис лёссово-ледовых формаций (едом) [11, 12]. Генезис почв чернозёмного типа и лёссов является ключом к решению перечисленных проблем.

Базовой концепцией генезиса чернозёмов является докучаевская теория, выдвинутая более столетия назад. Одним из краеугольных камней дискуссии В.В. Докучаева с оппонентами была роль лёссовой подпочвы в формировании чернозёма. В конечном итоге геолог В.В. Докучаев всё-таки не выделил литогенный фактор как ведущий, а признал его равнозначным [4, 5, 7]. Наиболее сильной стороной этой концепции, построенной на равнозначности факторов, является её универсальность – она не противоречит ни одному принципу почвообразования и объясняет образование по существу любой почвы. Отдавая должное великому российскому учёному-новатору В.В. Докучаеву, выполнившему колоссальную исследовательскую работу и заложившему основы генетического почвоведения, ниже приведём (в порядке дискуссии) свидетельства и доказательства всё-таки наличия ведущего фактора – лёссов и лёссовидных суглинков.

Во-первых, зададимся вопросом: является лёсс местной породой, или же накоплен и доставлен в современные пределы степей в конце плейстоцена? В окончательном ответе на этот вопрос кроется разгадка генезиса чернозёмных почв и степных экосистем в целом. Во-вторых, мы считаем принципиальным то, что чернозёмная почва не росла на протяжении всего голоцена снизу вверх, а образовалась сверху вниз пропитыванием лёссов органическим материалом за принципиально меньшее время [9]. В пользу приоритета нисходящих процессов говорит то, что содержание гумуса уменьшается сверху вниз, а так же широкое распространение языковатости нижнего профиля чернозёмов Южного Урала и Зауралья [2, 6]. В-третьих, отметим совпадение мощности почвенного профиля зональных полнопрофильных степных почв с мощностью основного корневого яруса степных доминантов – ковылей, которая уменьшается с севера на юг. К сказанному добавим общеизвестное, что степь – это лес наоборот, её основная растительная биомасса сосредоточена в корнях, при этом надземная часть всегда интенсивно изымалась: пожарами, дикими и домашними животными. Считаем это свидетельством недооценки именно подземных процессов формирования чернозёма.

В-четвёртых, трудно представить, как современные фитодоминанты плакорных степей (кроме псаммофитных), прежде всего ковыли, требующие глубокой рыхлой основы, тысячелетия назад поселились на жёстком первобытном субстрате и затем превратили его в чернозём? Либо пионерными были другие травы, либо для ковылей уже имелась глубокая рыхлая основа богатая доступными минеральными элементами – лёсс.

Решая поставленную перед ним задачу, В.В. Докучаев изучил лишь меньшую распаханную на то время часть степей до запада Оренбургской области. Он не исследовал восточный сектор степей Евразии, который отличается более континентальным климатом и ландшафтным разнообразием, причём степные плакоры здесь занимают менее 50% [8, 10]. К сожалению, ему не удалось изучить аласы Якутии [1], плейстоценовые едомы и лёссы Центральной Арктики [12]. В условиях современного потепления климата мы имеем уникальную возможность наблюдать активизацию разрушения позднплейстоценовых едом с выходом ископаемого лёсса на дневную поверхность и его интенсивным зарастанием злаками – процессы аналогичные тем, которые могли протекать на современной территории степной зоны на плейстоцен-голоценовом рубеже в случае распространения лёссово-ледовых формаций по всей гиперзоне граcssландов. Так же мы имели возможность изучать процессы самовосстановления степных экосистем на больших площадях залежей на разных типах почв, в т.ч. деградированных.

Мы получили информацию приближающую нас к разгадке единой едомно-лёссово-чернозёмной проблемы. Гиперзона граcssландов генетически связывает арктические едомы позднего плейстоцена, североевразийский лёсс и русский чернозём. Эта взаимосвязь наиболее значима для понимания перехода продуктивных травяных экосистем поддерживающих мамонтовую мегафауну, но по почвенно-климатическим условиям непригодных для земледелия, в современную степную зону без мегафауны, но наиболее благоприятную для земледелия. Специфика этой трансформации позволила первобытным культурам не просто сохраниться на переходном рубеже, но и выйти на принципиально новый уровень развития.

В заключение можно констатировать, что приведённые выше наблюдения позволяют выдвинуть гипотезу о главенствующей роли нисходящих процессов формирования почв чернозёмного типа, а сам чернозём можно представить как плейстоценовый лёсс структурированный и гумусированный главным образом корнями степных трав в условиях семиаридного климата возможно менее континентального чем современный. Так же отметим, что теория В.В. Докучаева в целом объясняет формирование именно целинных почв не учитывая антропогенный фактор повсеместной распашки степей с превращением их в агрозёмы. Причём, этот

фактор стал настолько мощным, что мы предлагаем считать современную эпоху агроценом.

Список литературы

1. Аласные экосистемы: Структура, функционирование, динамика / Д.Д. Саввинов, С.И. Миронова, Н.П. Босиков и др. – Новосибирск : Наука, 2005. – 264 с.
2. *Блохин Е.В.* Экология почв Оренбургской области: почвенные ресурсы, мониторинг, агроэкологическое районирование / Е.В. Блохин – Екатеринбург : УрО РАН, 1997. – 228 с.
3. *Величко А.А.* Природный процесс в плейстоцене / А.А. Величко. – М. : Наука, 1973. – 265 с.
4. *Докучаев В.В.* Избранные труды / В.В. Докучаев. – М. : Изд-во АН СССР, 1949. – 643 с.
5. *Докучаев В.В.* Русский чернозем / В.В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1952. – 215 с.
6. *Климентьев А.И.* Почвы степного Зауралья: ландшафтно-генетическая и экологическая оценка / А.И. Климентьев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 350 с.
7. *Крупенников И.А.* Путешествия и экспедиции В. В. Докучаева / И.А. Крупенников, Л.А. Крупенников. – М. : Гос. изд. геогр. лит-ры, 1949. – 127 с.
8. *Левыкин С.В.* Эколого-географические и политические проблемы охраны степей на примере Оренбургской области / С.В. Левыкин, Г.В. Казачков // Вестник Оренб. гос. ун-та. – 2011. – № 12 (131). – С.190–192.
9. *Лисецкий Ф.Н.* Моделирование развития чернозёмов в зоне степи и разработка метода почвенно-генетической хронологии / Ф.Н. Лисецкий, В.Ф. Столба, П.В. Голёусов // Почвоведение. – 2016. – №8. – С. 918–931.
10. *Николаев В.А.* Ландшафты азиатских степей / В.А. Николаев. – М. : Изд-во МГУ, 1999. – 288 с.
11. *Попов А.И.* Избранные труды и о нём, к 100-летию со дня рождения (1913–2013) / А.И. Попов. – М. : Научный мир, 2013. – 535 с.
12. *Томирдиаро С.В.* Лёссово-ледовая формация Восточной Сибири в позднем плейстоцене и голоцене / С.В. Томирдиаро. – М. : Наука, 1980. – 184 с.

УДК: 631.4:911.52

ЛЁСС КАК ВЕДУЩИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ И ЛАНДШАФТНОГО ЯДРА ЗОНАЛЬНОЙ ТИПИЧНОСТИ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ГОЛОЦЕНА ЕВРАЗИИ*

Левыкин Сергей Вячеславович

*доктор географических наук, профессор РАН,
Институт степи УрО РАН, г. Оренбург
E-mail: stepevedy@yandex.ru*

Казачков Григорий Викторович

*кандидат биологических наук, Институт степи УрО РАН, г. Оренбург,
E-mail: tsvikaz@yandex.ru*

* Работа выполнена по теме НИР Института степи УрО РАН «Степи России: ландшафтно-экологические основы устойчивого развития, обоснование природоподобных технологий в условиях природных и антропогенных изменений окружающей среды», № ГР АААА-А17-117012610022-5.

Аннотация. В порядке дискуссии предлагается считать позднелейстоценовый лёсс предшественником почв чернозёмного типа. Лёссовое перекрытие признаётся условием формирования степной зоны, на основе чего уточнено понятие её эталона – степного плакора.

Ключевые слова: лёсс, чернозём, степь, степная зона, степной плакор.

LOESS AS THE KEY FACTOR IN FORMING BOTH STEPPE BLACK SOILS AND LANDSCAPE CORE OF ZONAL SPECIFICITY OF EURASIA HOLOCENE STEPPE ZONE

Levykin S. V.

*doctor of geographical sciences, professor of RAS,
Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg
E-mail: stepevedy@yandex.ru*

Kazachkov G. V.

*candidate of biological sciences,
Institute of Steppe of the Ural Branch of the RAS, Orenburg
E-mail: tsvikaz@yandex.ru*

Abstract. In order of discussion, the Late Pleistocene loess is proposed to be considered the predecessor of black soil type soils. The loess cover is considered to be the obligatory condition of steppe zone forming. This is the ground to correct the definition of steppe placor, that is its standard.

Keywords: loess, black soil, steppe, steppe zone, steppe placor

Обобщая современные представления о позднем плейстоцене и голоцене Евразии, и результаты комплексного изучения современных процессов в степях Северной Евразии, приведём свидетельства в пользу ведущей роли позднелейстоценового лёсса в формировании почв чернозёмного типа:

1. Существование в позднем плейстоцене голярктической гиперзоны грабландов на лёссово-ледовой литогенной основе.

2. Степная географическая зона голоцена Евразии в основном совпадает с основным лёссовым поясом Евразии;

3. Лёссовые почвы от Франции до Китая являются одними из самых плодородных в мире, поддерживают земледелие на протяжении тысячелетий;

4. Существует предел развития чернозёмов, своего рода аналог старения, обусловленный накопительными возможностями лёссового субстрата (плотность 2 г/см³, 20% гумуса, 1,5 м мощности).

5. На востоке степей имеются как крупные линейные понижения (Сыпсынагашская и Тургайская ложбины), так и обширные поднятия (Общий сырт) лишённые лёссового перекрытия, которые отличаются от окружающих плакорных степей (сосновые боры, солонцы, солёные озёра, «ложная лесостепь»).

6. Северная граница степей в основном обусловлена климатически, в то время как южная граница литогенна и резко выражена.

7. В восточном секторе степной зоны более половины территории приходится на внутризональные разновидности степей на песчаных, солонцеватых и каменистых неполнопрофильных почвах.

8. Основной фитодоминант степей Евразии, ковыль Лессинга, явно демонстрируя свойства пионерных растений, требует рыхлый субстрат сопоставимый по мощности с длиной корней, даже лишённый органики.

9. Глубина гумусовых горизонтов сопоставима с глубиной проникновения массы корней дерновинных злаков и уменьшается с севера на юг.

10. Позднеплейстоценовый арктический лёсс, выходящий на дневную поверхность, обладает определённым запасом доступных минеральных веществ, достаточным для быстрого заселения злаками.

Мы считаем, что если бы не существовало лёссового перекрытия, то ландшафтное разнообразие степей Евразии было бы принципиально иным, особенно в европейской части, где песчаные земли заняли бы сосновые боры (рис. 1).

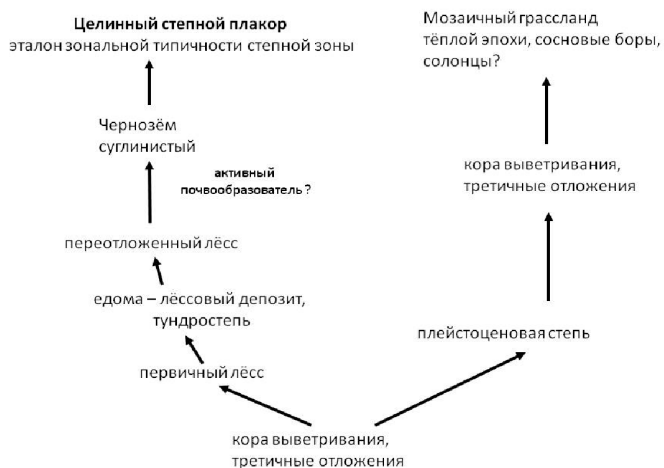


Рис. 1. Последовательность развития целинного степного плакора (слева) и мозаичного грассланда (справа)

Принципиальным в подтверждении лёссовой природы чернозёма стало бы общее признание глобальности не только гиперзоны грацсландов, но и её лёссово-ледовой литогенной основы как главного депо мелкодисперсного материала, доставленного извне водным или воздушным агентом. Если это так, то ситуация с пониманием генезиса лёсса уникальна: с одной стороны, его можно признать местным по месту переотложения, но с другой стороны это привнесённая извне порода, перекрывшая все нижележащие геологические тела и нивелировавшая их влияние на почво- и ландшафтообразование. Своей ландшафтной монотонностью, наличием крупных массивов однородных степных плакоров, степь обязана однородному лёссовому чехлу («четвертичке»). Ландшафтную монотонность степей на лёссовой основе (суглинистость почв принята за ядро зональной типичности) рассматриваем как веский аргумент в пользу ведущей роли лёсса в формировании почв чернозёмного типа – ландшафтной основы степей.

Таким образом, в порядке научной дискуссии предлагаем считать переотложенный позднелепистоценовый лёсс предшественником почв чернозёмного типа. Его способность эффективно удерживать и накапливать минеральные и органические вещества, формирующие чернозём, позволяет рассматривать его как активный почвообразователь, в отличие от пассивных почвообразователей (песок) и агрессивных субстратов (засолённые коры выветривания), на которых в голоцене сформировались почвы напоминающие чернозём – черноземоиды. В нашем понимании черноземоиды – это почвы степной зоны генетически ближайшие степным чернозёмам, но отличающиеся принципиально низким плодородием и неразвитыми почвенными горизонтами. Сформировавшись в общих с чернозёмами климатических условиях, именно они являются главным фактором современного ландшафтного разнообразия степной зоны.

Субстраты (преимущественно местные), на которых они формировались, характеризуются малым исходным плодородием, слабовыраженной способностью к накоплению органических веществ, в ряде случаев наличием токсичных для растений веществ. Несмотря на это, черноземоиды покрыты различными травяными сообществами, в ряде случаев даже превосходящими типичные степи по продуктивности. Это подтверждает верность концепции Докучаева [2, 3], но применительно к травяным экосистемам вообще – грацсландам Планеты и западному (европейскому) сектору степей Евразии, где меньше черноземоидов, чем в восточном (азиатском) секторе.

Лёссовая природа типичного чернозёма позволяет по-новому сформулировать концепцию пространственной организации степной зоны голоцена на основе уточнённого понятия её эталона – степного плакора [1, 4]. На наш

взгляд, изначально это понятие разрабатывалось для получения эталона условий лесоразведения в европейских степях, позволяющего не принимать во внимание какие-либо факторы кроме климатических. Однако, в степной зоне Евразии, особенно в её восточном секторе, это не так: существуют огромные пространства абсолютно ровных песчаных и каменистых степей, которые нельзя назвать плакорами. Нам известны предложения считать их плаккарами, и.т. п. Мы предлагаем подойти к пониманию этого крайне важного определения с несколько других позиций: отдать приоритет не столько уклону и глубине залегания грунтовых вод, сколько потенциалу ландшафта в само реабилитации ядра зональной типичности степей – их разнотравно-ковыльных и ковыльных разновидностей на суглинистых полно профильных почвах. Таким образом, суть степного «плакора» понимается как способность быстро накопить и длительное время удерживать эффективное питание степных доминантов от миграций в горизонтальном (уклон поверхности) и вертикальном (мелкозём) направлениях. В таком понимании плакор может быть назван как «степной бихолдер» – накопитель веществ и их удерживатель от миграции в двух направлениях: горизонтальном и вертикальном.

Таким образом: «Степной плакор (бихолдер) голоцена Евразии – это внутриконтинентальная горизонтальная поверхность с уклонами допускающими лёссовое перекрытие, и имеющая таковое, на котором в условиях семиаридного климата голоцена сформировались эталоны монотонной зональной степи (70–80% в западной части зоны и 40–50% в восточной)».

В заключение отметим, что при системной аридизации и галофитизации степей с северо-запада на юго-восток значимость литогенного фактора в формировании почв и ландшафта возрастает, за Уралом литогенный фактор становится ведущим и незаменимым. Другим незаменимым фактором формирования чернозёмов и степной природной зоны безусловно является семиаридный климат, допускающий широкий набор разновидностей травяных экосистем. В силу монотонной лёссовой литогенной основы, в голоценовой степи наибольшее развитие получили монотонные дерновиннозлаковые сообщества на суглинистых чернозёмах и каштановых почвах, признанные эталоном природной зональности степной зоны и ставшие одной из мировых житниц.

Список литературы

1. *Высоцкий Г.Н.* Степи европейской России / Г.Н. Высоцкий // Энциклопедия русского сельского хозяйства. – СПб., 1905. – С. 397–443.
2. *Докучаев В.В.* Избранные труды / В.В. Докучаев. – М. : Изд-во АН СССР, 1949. – 643 с.
3. *Докучаев В.В.* Русский чернозем / В.В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1952. – 215 с.
4. *Левыкин С.В.* Теория управления земельными ресурсами агроэкосистем на основе сохранения и реабилитации ландшафтно-биологического разнообразия степей : автореферат дисс. ... д-ра геогр. наук. / С.В. Левыкин. – Астрахань, 2006. – 35 с.

УДК 641.48

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА ОКСКО-ДОНСКОЙ РАВНИНЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 4000 ЛЕТ

Песочина Людмила Сергеевна

*кандидат биологических наук, Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино
E-mail: LSPesch@rambler.ru*

Аннотация. Сопряженный анализ разновозрастных палеопочв трех курганных могильников (Новоусманский, Кондрашинский и Верхнехавский) в Воронежской области позволил выявить основные закономерности педогенеза в южной части лесостепной зоны Окско-Донской равнины в средний и поздний периоды эпохи бронзы, соответствующие катакомбной и срубной культурам. Оценены масштабы и направленность развития гумусового и карбонатного профилей.

Ключевые слова: палеопочвы, курганы, черноземы, гумусовый и карбонатный профили, педогенез.

THE REGULARITIES OF CHERNOZEM CHANGES ON THE SOUTHERN TERRITORY OF THE OKA-DON PLAIN DURING THE LAST 4000 YEARS

Pesochina L. S.

*candidate of biological sciences, Institute of Physico-Chemical
and Biological Problems in Soil Science RAS, Pushchino
E-mail: LSPesch@rambler.ru*

Abstract. A comparative analysis of paleosoils buried under the three different ages ground mounds (Novousmansky, Kondrashinsky and Verkhnekhavsky) as well as the modern background soils in the Voronezh region were carried out. The main regularities of chernozem changes on the southern part of the forest-steppe zone of the Oka-Don Plain during the last 4000 years have been established. The amplitude and trends of transformations of humus and carbonate soil profiles were estimated.

Keywords: paleosoils, burial mounds, chernozems, humus and carbonate profiles, pedogenesis.

Голоцен является важным историческим периодом, определившим современное состояние природных ландшафтов. Поэтому анализ истории развития почв в отдельные периоды голоцена имеет важное значение для понимания особенностей состояния современного почвенного покрова.

Целью наших исследований было изучение закономерностей динамики черноземов юга Окско-Донской равнины за последние 4000 лет

на основе сопряженного анализа погребенных почв под разновозрастными грунтовыми археологическими памятниками и современных фоновых почв. Для решения поставленной задачи были проведены как полевые исследования новых объектов, так и использован литературный материал имеющихся данных по другим археологическим объектам региона [1].

Объекты исследований расположены в Верхне-Хавском, Каширском и Новоусманском районах Воронежской области. В ландшафтном отношении эта территория относится к подзоне типичной лесостепи Окско-Донской лесостепной провинции, в почвенном – к подзоне черноземов типичных [2]. Почвообразующими породами являются лессовидные тяжелые суглинки и глины. Абсолютные высоты территории – 150–160 м. Все черноземы на территории области обладают рядом общих свойств, обусловленных интенсивным развитием перегнойно-аккумулятивного процесса. Различия же их связаны, прежде всего, с разной интенсивностью выщелачивания карбонатов и легкорастворимых солей, зависящей от изменения гидротермического режима и глубины промачивания почв на территории области. Преобладают типичные черноземы [3, 4, 5].

Проведено морфологическое исследование почвенно-грунтовых профилей, изучены химико-аналитические параметры почв, в том числе содержания гумуса, карбонатов, легкорастворимых солей, гранулометрического состава и состава почвенного поглощающего комплекса. Диагностика почв осуществлялась согласно классификации почв 1977 года [6]. По данным археологов основные погребения исследованных курганов соответствовали следующим временным срезам: начало 1-й четверти II тыс. до н.э., начало 2-й четверти II тыс. до н.э. и середина 3-й четверти II тыс. до н.э.

Почвы развивались в близких литолого-геоморфологических условиях, что позволило объединить их в единый педохроноряд со следующими временными срезами: 4000 – 3750 – 3400 и 3400 – современность.

Кратко рассмотрим некоторые характеристики объектов исследования.

Новоусманский курган сооружен на четвертой надпойменной террасе р.Воронеж населением катакомбной культурой около 4000 лет назад. Высота насыпи 8 м. Палеопочва – чернозем карбонатный среднемощный слабозасоленный. На протяжении всего почвенного профиля наблюдаются выделения карбонатов и легкорастворимых солей. Сумма легкорастворимых солей (ЛРС) в слоях гумусового горизонта составляет 0,37%, тип засоления сульфатный слабозасоленный, в составе преобладает сульфат кальция. Содержание натрия в составе почвенного поглощающего комплекса 0,6–1,3% , что свидетельствует об отсутствии солонцеватости во всей почвенно-грунтовой толще [1].

Кондрашкинский курган расположен на водораздельном плато в 3 км к югу от с. Каширское Воронежской области и в 20 км к юго-восток от Новоусманского кургана. Высота насыпи 1,5 м. Погребенная под курганом почва относится к чернозему карбонатному слабозасоленному легкоглинистому. Однородный легкоглинистый состав. Реакция почвенной среды слабощелочная. Содержание ЛРС колеблется от 0,35 до 0,14% с минимумом в материнской породе [1].

В.Хавский курган находился на краевой части широкого плоского водораздела в правобережье р. Хавы с абсолютной высотой 150 м. Участок относительно дренирован [7]. Курган сооружен в срубное время около 3400–3300 лет назад. Его высота составляла 120 см. Палеопочва – чернозем типичный переходный к чернозему выщелоченному. Отличается от предыдущих большей гумусированностью, значительно меньшим содержанием карбонатов. Вскипание со 100–105 см.

Фоновая почва относится к чернозему типичному мощному легкоглинистому и имела следующее стратиграфическое строение: гор. А 0–80 см, гор. АВ 80–100 см, гор. В 100–124 см, гор. ВС 124–168 см, гор. С 168–200 см. Вскипание от HCl с 51 см. В целом современные черноземы отличаются большей мощностью гумусовых горизонтов (77–100 см против 55–63 см у подкурганых черноземов), высокой гумусированностью, промытостью всего почвенного профиля от легкорастворимых солей. Реакция близкая к нейтральной.

Гранулометрический состав всех исследованных почв характеризуется относительной однородностью с содержанием физической глины 62–68%, ила 35–40%. Преобладающими фракциями являются крупная пыль и илистые частицы, что характерно для почв, сформированных на лессовидных породах.

Рассмотрим закономерности изменчивости гумусового и карбонатного профилей, характеризовавшихся наибольшей динамикой.

Гумусовый профиль

Максимальным содержанием гумуса характеризуются фоновые почвы (рис. 1). В палеопочвах его количество на разных глубинах в 1,5–2,5 раза меньше. В верхнем полуметре основным фактором более низкого содержания гумуса являются диагенетические процессы. Поскольку прекращение поступления растительных остатков в почву, изменение гидротермического и микробиологического режимов при перекрытии почв насыпью активирует минерализационные процессы гумуса и приводят к потере его наименее устойчивой части [8]. Скорость минерализации гумуса максимальная в первые десятки и сотни лет погребения, затем замедляется со временем и стабилизируется в отдельные отрезки времени [9].

Поскольку палепочвы относятся к одной эпохе (бронзы), то масштабы диагенетических преобразований были, по-видимому, одинаковые и можно полагать, что различия в распределении гумуса в почвенных профилях погребенных почв выявляют природный тренд изменчивости процессов гумусообразования, заключающийся в резком снижении процессов на рубеже II–III тыс. до н.э., некотором увеличении аккумуляции гумуса в верхних 10–40 см в последующие 250 лет и усиление процессов гумусонакопления в срубный период эпохи бронзы.

Фиксируется также природный тренд накопления гумуса во втором полуметре почвы в 2,5 раза за последние 3400 лет (рис. 2). Мощность

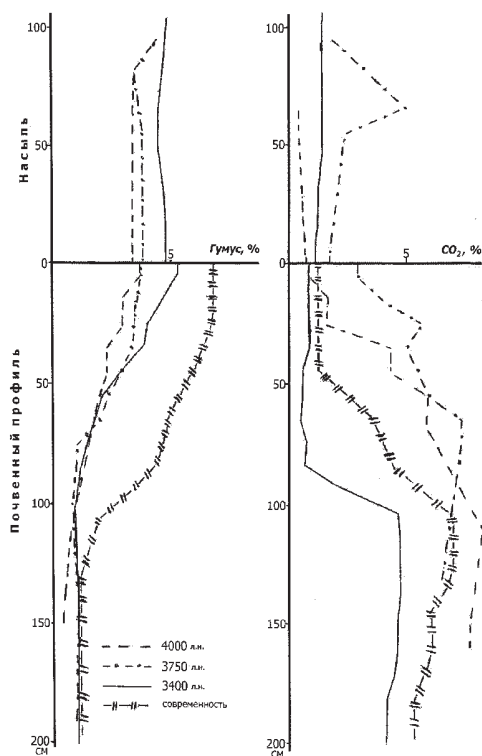


Рис. 1. Распределение содержания гумуса и карбонатов в профилях почв, погребенных 4000, 3750, 3400 лет назад и фоновых (пашня)

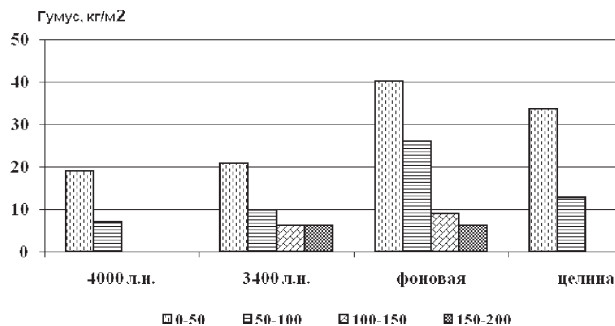


Рис. 2. Запасы гумуса в профилях почв, погребенных 4000, 3400 лет назад и фоновых (целина; пашня) в слоях 0–50 см, 50–100 см, 100–150 см, 150–200 см

гумусовых горизонтов (А+АВ) в почвах эпохи бронзы варьировала в пределах 55–63 см и резко увеличилась в последующие 3400 лет, достигнув современных почвах 100 см.

Карбонатный профиль

Карбонатный профиль хорошо фиксирует динамику природных условий в своих свойствах. В частности, глубина расположения карбонатных максимумов является маркерами динамики увлажненности климата [10, 11].

Характер распределения содержания карбонатов в профилях почв (рис. 1) выявляет максимальную выщелоченность почв срубной культуры с формированием одного максимума на глубине 105 см. В почвах катакомбной культуры активно протекал процесс карбонатизации с некоторым трендом его усиления в верхнем полуметре в интервале времени 4000–3750 л.н. и формированием максимумов на глубинах 25–35 см и 55–65 см. Максимум на глубине 110 см, вероятно, является реликтом более влажных условий в период ямной культуры бронзового века (середина III тыс. до н.э.). Таким образом, в интервале времени 3750–3400 л.н. фиксируется ярко выраженный процесс нисходящей миграции карбонатов. Фоновые почвы имеют два карбонатных максимума на глубинах 65 см и 105 см сглаженной формы. Верхний максимум свидетельствует, с одной стороны, о развитии процессов карбонатизации в течение последних 3400 лет, с другой, размытая форма максимума указывает на последующие процессы выщелачивания.

Анализ распределения запасов карбонатов в двухметровой толще с шагом в полметра позволили оценить интенсивность и масштабы миграции карбонатов в отдельных слоях (рис. 3). Установлено, что максималь-

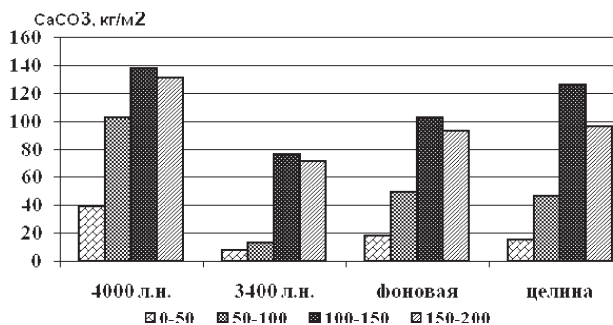


Рис. 3. Запасы карбонатов в профилях почв, погребенных 4000, 3400 лет назад и фоновых (целина; пашня) в слоях 0–50 см, 50–100 см, 100–150 см, 150–200 см

ными запасами карбонатов характеризовались почвы катакомбной культуры бронзового века, минимальными – почвы срубной культуры. Наибольшие запасы карбонатов во всех почвах отмечены в слое 100–150 см, при этом варьирование составляет от 77 до 139 кг/м². Наибольшей динамикой характеризуются запасы в слое 50–100 см (14–124 кг/м²). Скорость выщелачивания карбонатов из этого слоя в срубное время достигало 180 г/м² в год. Трансформация карбонатного профиля в интервале времени 3400–современность сопровождалась ростом запасов в 2-х метровой толще в 1,5 раза, в верхнем метре – в 3 раза, в нижнем метре.

Карбонатные новообразования представлены были в виде пропитки, прожилок, плесени. Сегрегационные формы в виде белоглазки не выявлены. За 4000 лет глубина вскипания варьировала от поверхности в катакомбное время до 100–105 см в срубное время и 50–80 см в фоновых почвах.

Заключение. В начале II тысячелетия до н.э. формировались южные варианты степей, обусловившие образование черноземов среднемощных карбонатных слабозасоленных. Дальнейшая их эволюция в эпоху поздней бронзы шла по элювиальному типу в связи с увлажненностью климата, сменой ландшафтов южных вариантов степей лесостепными, что привело 3400 л.н. к резкому уменьшению содержания карбонатов в почвенном профиле (особенно в гумусовых горизонтах) и усилению процессов гумусоаккумуляции. В течение последних 3400 лет каких-либо существенных эволюционных преобразований на таксономическом уровне типа (подтипа) не происходило. Выявлен дифференцированный характер изменчивости почвенных свойств и признаков в течение исследуемого хро-

ноинтервала. Одни почвенные показатели (гранулометрический состав) оставались практически стабильными, другие характеризовались значительной динамикой. Наиболее существенные изменения претерпел гумусовый и карбонатный профили. Значительно возросла мощность гумусового горизонта (А+АВ с 55–60 см до 90–100 см), увеличились в 2,5 раза содержание и запасы гумуса в толще 50–100 см. В 1,5 раза пополнились запасы карбонатов в двухметровой толще.

Список литературы

1. *Ахтырцев Б.П.* Палеочерноземы Среднерусской лесостепи в позднем голоцене / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев // Почвоведение. – 1994. – № 5. – С. 14–24
2. Физико-географическое районирование ЦЧО. – Воронеж : Изд-во Воронежск. ун-та, 1961. – 263 с.
3. *Адерихин П.Г.* Почвы Воронежской области / П.Г. Адерихин. – Воронеж : Изд-во Воронежск. ун-та, 1963. – 260 с.
4. *Ахтырцев Б.П.* Почвенный покров Среднерусского черноземья / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев. – Воронеж : Изд-во Воронежск. ун-та, 1993. – 216 с.
5. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 216 с.
6. Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 223 с.
7. *Иванов И.В.* Курганный могильник эпохи бронзы у с. В. Хава и его датирование по радиоуглероду гумуса / И.В. Иванов // Археологические памятники Восточной Европы : межвузовский сборник научных трудов. – Вып. 14. – Воронеж. Воронежский гос. пед. университет. – 2011. – С. 109–113.
8. *Pesochina L.S.* The formation of the humus profile of chernozems in the Azov province / L.S. Pesochina // Eurasian Soil Science. – 2008. – Vol. 41. № 13. – P. 51–56
9. *Иванов И.В.* Биоминерализация органического вещества в современных целинных, пахотных и ископаемых черноземах / И.В. Иванов, Л.С. Песочина, В.М. Семенов // Почвоведение. – № 10. – 2009. – С. 1192–1202.
10. *Лебедева И.И.* Основные компоненты морфологического профиля черноземов / И.И. Лебедева // Русский чернозем. 100 лет после Докучаева. – М. : Наука, 1983. – С. 103–117
11. *Лебедева И.И.* Карбонатный профиль восточно-европейских черноземов / И.И. Лебедева, С.И. Овечкин // Почвоведение: аспекты, проблемы, решения : научные труды почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 2003. – С. 34–54.

УДК 631.4

ЭВОЛЮЦИЯ ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Авдеева Татьяна Николаевна

*кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва*

Маркина Лидия Григорьевна

*кандидат биологических наук,
ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва
E-mail:avdeeva_tn_2013@list.ru*

Аннотация. В стационарном опыте на черноземе типичном (Чт) исследованы изменения диагностических показателей свойств почв: карбонатности и содержания гумуса, определяющих подтип и вид черноземов, структуру почвенного покрова (СПП). Через 47 лет отмечены: качественная трансформация природного ложбинно-западного микрорельефа вследствие его выравнивания и образования агротехногенных форм при вспашке; нарушения карбонатного профиля почв палеозоотурбацией; повышение уровня карбонатов в профилях Чт в среднем с 64 до 56 см; падение содержания гумуса в верхней части гумусо-аккумулятивного горизонта на 18,5% к исходному.

Ключевые слова: черноземы типичные, агрогенная эволюция.

EVOLUTION OF ARABLE CHERNOZEMS OF KURSK REGION

Avdeeva T. N.

candidate of agricultural sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

Markina L.G.

candidate of biological sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail:avdeeva_tn_2013@list.ru

Abstract. The changes of indicators of diagnostic properties were studied during stationary experiment on typical chernozem (Ct): calcareous and humus content, which determine a subtype, genus and species of chernozem, and also the soil structure (SS). After 47 years we discovered the following changes in these soils: a qualitative transformation of natural microtopography of hollows and depressions due to its equiplanation and the occurrence of agrotechnogenic forms as a result of tillage; the disturbance of the soils carbonate profile due to palaeozooturbation; the increase of carbonates level within the profile of chernozems from 64 to 56 cm in average; the decrease of the humus content within the upper part of humus-accumulative level at 18,5% comparing to the initial content.

Keywords: typical chernozem, Agrogenic evolution.

Введение. Пахотные черноземы Курской области, являясь важнейшим компонентом агроландшафтов лесостепной зоны Среднерусской возвышенности, имеют более чем 200-летнюю историю освоения. В результате природно-антропогенных воздействий происходят эволюционные изменения в интенсивности и направленности процессов, режимов почвообразования и основных свойств почв, прогрессируют деградационные процессы. Результаты эволюции находят отражение в классификационной принадлежности почв на уровне процессно-эволюционных подтипов, родов и видов. Классификация изучаемых черноземов основана на

различиях содержания и распределения по профилю гумуса и карбонатов. Гумусовый профиль характеризуется двумя диагностическими признаками – содержанием гумуса в поверхностном слое и мощностью гумусового горизонта, а карбонатный профиль – глубиной верхней границы вскипания карбонатов (ГВК) [3].

Объекты и методы. Исследования проводятся с 1964 г. на участке стационарного опыта с полевыми севооборотами Курского НИИ АПП, расположенном на территории плоского водораздела. Основной фон почвенного покрова (ПП) создают черноземы типичные (Чт) в комбинации с карбонатными (Чт^к) и выщелоченными (Чв), что типично для водоразделов. Встречаются черноземы перерытые (Ч^{пер}) или палеозоотурбированные. На фоне выровненного мезорельефа и однородности почвообразующих пород ведущая роль в дифференциации ПП по степени карбонатности принадлежит микрорельефу [1,5]. В исследованиях использовались принципы выбора ключевого участка (S=1га) и тестовых площадок (размером 2,5×2,5м), а также количественные градации диагностических признаков Чт и Чв [5], что позволило отказаться от строго статистического принципа случайного выбора объектов и снизить трудозатраты. Методами прямого повторного детального картографирования и высотной съемки в масштабе 1:500, дополненными данными дистанционного зондирования, изучены изменения почвенного покрова и микрорельефа. На каждой тестовой площадке закладывалось методом «конверта» по пять буровых скважин, в которых фиксировалась ГВК и производился отбор индивидуальных образцов. Материалы обработаны общепринятыми статистическими методами [2].

Результаты и обсуждение. Количественные показатели ГВК в профилях черноземов ключевого участка характеризуются различной вариабельностью признака во времени и пространстве в зависимости от принадлежности точек отбора к ЭПА Чт или Ч^{пер} (табл. 1). Для Чт характерна незначительная и средняя изменчивость признака ($V = 6 \div 14\%$), а для Ч^{пер} – сильная ($V = 21 \div 33\%$). Зоогенная проработка почв является одним из основных факторов, определяющих карбонатный профиль черноземов. Вмешательство этого фактора приводит к нарушениям или к полному уничтожению системы горизонтов, стиранию подтиповых, а иногда и типовых признаков.

По величинам ГВК в профилях почв тестовых площадок были построены кривые распределения значений в интервале от 20 до 160 см. Кривая отчетливо распалась на две части с вершинами по каждой из двух групп: а) 50 и 90 см (1984 г.); б) 50 и 110 см (2011 г.). Распределения, имеющие две и более вершин, обоснованные статистически, рассматривают-

ся как неоднородные. На опытных делянках с выровненным рельефом почвы характеризовались однородным карбонатным профилем при преобладающей ГВК 40–80 см, что соответствует родам Чт высоко вскипающих и обычных. На тестовых площадках за пределами опытных делянок III яруса, располагающихся в микроложбине, встречаются Чв с пониженным вскипанием (глубже 110 см), а на микроповышениях – с повышенным (выше 50 см), что подчиняется ранее установленным закономерностям [5]. ГВК определяется интенсивностью промывного режима, которая зависит от гидротермических условий и особенностей сточно-натечного увлажнения. Выявлено, что вертикальная миграция влаги, трансформированная особенностями микрорельефа, определяет 83% пространственного варьирования интенсивности выщелачивания. Под влиянием распахки происходит качественная трансформация естественного ложбинно-западного микрорельефа водоразделов и его частичное замещение горизонтальными свально-развальными бороздами [4].

За 47-летний период наблюдений выявлено существенное снижение содержания гумуса в Чт на опытных делянках: 6,22 – 5,60 – 5,07% (табл. 1). При этом суммарные потери гумуса достигли 18,5% от его исходного содержания, а ежегодные потери составили 0,02–0,03%. В результате дегумификации Чт «средневыпаханные» перешли в категорию «сильновыпаханных», а содержание гумуса снизилось до уровня «меньше минимального». В зависимости от расположения экспериментальных площадок (на делянках опыта или защитных полосах) размах колебаний содержания гумуса внутри каждой из них достигал соответственно $0,10 \div 0,16$ и $0,36 \div 0,82\%$, т. е. временная динамика содержания гумуса соизмерима с масштабами пространственного варьирования на уровне ЭПА. С помощью вариационных кривых было выявлено наличие в вы-

Таблица 1
Многолетняя динамика содержания гумуса (%) в пахотном слое черноземов

Почва	Год отбора образцов на ключевом участке								
	1964 г.			1984 г.			2011 г.		
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>V</i> , %	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>V</i> , %	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>V</i> , %
Чт	21	6,22	4,4	25	5,60	2,9	32	5,07	6,3
Чв	30	5,65	5,4	Нет			5	5,09	3,2

борках из пахотного и подпахотного горизонтов представителей двух совокупностей – площадок с различными средними: (1) на делянках опыта; (2) на защитных полосах.

Большие потери гумуса на защитных полосах, на наш взгляд, связаны не только с особенностями микрорельефа (ложбинами стока), но и с дополнительной антропогенной нагрузкой – нарушением почвенных профилей и потерями почвенных масс при отборе образцов, множественными проходами техники. Статистически доказано, что ежегодное внесение умеренных доз минеральных удобрений в сочетании с навозом в дозе 20 т/га за ротацию существенно снижает потери гумуса по сравнению с контрольными делянками.

Заключение. В процессе агрогенной эволюции старопашотных Чт на территории плоского водораздела в Курской обл. закономерно изменяется гумусовый профиль почв вследствие развития процесса дегумификации в верхней части гумусо-аккумулятивного горизонта при использовании агротехнологий, разработанных во второй половине XX века. Разнообразие черноземов представлено двумя видами по содержанию гумуса: сильно и средне гумусированными. Глубина вскипания карбонатов не является достаточно надежным диагностическим показателем, определяющим принадлежность черноземов к подтипам типичных или выщелоченных, т.к. она отражает совокупное влияние природных и антропогенных факторов: гидротермического режима, палеозоотурбации, микрорельефа. По этому признаку выделяются виды черноземов с повышенным, обычным и пониженным вскипанием. Длительная распашка сопровождается развитием микроэрозии и образованием мелко врезанных ложбин, а также формированием горизонтальных свально-развальных борозд, меняющих латеральный сток.

Список литературы

1. Денисова Н.В. Почвенный покров Курской опытной станции / Н.В. Денисова // Курская государственная сельскохозяйственная опытная станция. Научные труды. – Т. 1. – Курск, 1967. – С. 23–51.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 224 с.
4. Лозбнев Н.И. Водно-миграционные особенности структурно-функциональной организации целинных лесостепных ландшафтов Среднерусской возвышенности / Н.И. Лозбнев, Д.Н. Козлов // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тезисы докладов VII съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева. – 2016. – С. 244–245.
5. Сорокина Н.П. Применение статистических методов при уточнении диагностики черноземов / Н.П. Сорокина // Крупномасштабная картография почв. – М. : Наука, 1971. – С. 123–128.

УДК 631

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

Калинин Павел Иванович

*кандидат геолого-минералогических наук, Институт Физико-Химических
и Биологических Проблем Почвоведения РАН, г. Пуццино*

E-mail: kalinin331@rambler.ru

Трифонов Виктор Анатольевич

*кандидат исторических наук,
Институт истории материальной культуры РАН, г. Санкт-Петербург*

E-mail: viktor_trifonov@mail.ru

Шишлина Наталья Ивановна

*доктор исторических наук,
Государственный Исторический музей, г. Москва*

E-mail: nshishlina@mail.ru

Аннотация. Изучены современные серые лесные почвы и голоценовые погребенные почвы в районе станицы Новосвободная (бывш. Ст. Царская), республика Адыгея, РФ, С-З Кавказ. Установлено, что погребенные почвы под массивными насыпями курганов эпохи ранней бронзы (прибл. 3300–2900 гг. до н.э.) представлены черноземами разной степени выщелоченности, а доминирующим типом ландшафта в этот период была лесостепь. Со временем, в результате увеличения среднегодового уровня атмосферных осадков на 100–200 мм (прибл. с 600–700 до 800 мм/год), леса распространились в предгорья С-З Кавказа, при этом черноземе эволюционировали в серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом, а граница между степными и лесостепными ландшафтами сместилась к северу, приблизительно на 50–100 км.

Ключевые слова: эволюция черноземов, границы ландшафтных зон, северо-западный Кавказ, палеоклимат, геохимические коэффициенты, индекс аридности, голоцен, палеопочвы, майкопская культура.

EVOLUTION OF CHERNOZEMS OF THE NORTHWEST CAUCASUS UNDER THE INFLUENCE OF CLIMATIC CHANGES IN LATE TO THE HOLOCENE

Kalinin P. I.

*candidate of geological and mineralogical sciences,
Institute of Physical and chemical
and Biological Problems of Soil science of RAS, Pushchino*

E-mail: kalinin331@rambler.ru

Trifonov V. A.

*candidate of historical sciences,
Institute of history of material culture of RAS, St. Petersburg
E-mail: viktor_trifonov@mail.ru*

Shishlina N. I.

*doctor of historical sciences, State Historical Museum, Moscow
E-mail: nshishlina@mail.ru*

Abstract. The modern forest soils and buried Holocene paleosols in the vicinity of Novosvobodnaya (former Tsarskaya), republic of Adygea, Russia, N-W Caucasus, have been studied. It was found that the buried soil under the Early Bronze Age mounds (ca. 3300–2900 BC) represents the black soil (Voronich Chernozem Pachic) with a different degree of leaching, and the forest-steppe landscape prevailed in the region during that time. The gradual annual increase of precipitation (from 600–700 to 800 mm per year) had led to the expansion of forest to the north of the foothills and evolving the black soil (Voronich Chernozem Pachic) into the grey forest soil with the second humus horizon. Thus, as a result of climate changes, the borderline between the steppe and forest-steppe landscapes shifted toward the North up to 50–100 km.

Keywords: evolution of Voronich Chernozem Pachic, the boundaries of landscape zones, northwest Caucasus, palaeoclimate, geochemical ratios, aridity index, Holocene, paleosols, Maikop culture

Введение. Естественно – научное изучение почв Кавказа имеет вековую историю и связано с именами многих известных исследователей (Яковлев 1914, Зонн, 1950 и др.). По Яковлеву (1914) эволюция почв Северо-Западного Кавказа определялась увеличением влажности климата и наступлением леса на степь и проходила в три стадии: черноземную, слитизации черноземов и их деградации. Однако из-за недостатка репрезентативных объектов исследований в зоне миграции границы леса и степи остается дискуссионным вопрос о временных рамках, скорости и ареале распространения лесов в различные климатические эпохи голоцена. В связи с этим важным инструментом исследований эволюции почв Западного Кавказа стало изучение голоценовых палеопочв под надежно датированными курганными насыпями майкопской культуры у станции Новосвободная (Александровский, 1987).

Объекты и методы. Объектом исследования были голоценовые палеопочвы (К-10, К-11), погребенные под насыпями курганов 1, 2 (по нумерации Н. И. Веселовского, 1898 г.) (ОАК за 1898 г., 1901) и фоновая серая лесная почва (К-12), образцы которой отобраны в том же урочище Клады, где расположены курганы. Памятники представляют собой массивные до 10 м в высоту и 70 м в диаметре насыпи над мегалитическими

погребальными сооружениями (дольменами). В 1898 г. на обоих курганах вел раскопки Н.И. Веселовский, в 1979 г. на кургане 2 раскопки проводил А.Д. Резепкин (2012), а с 2013 г. эти курганы исследует совместная экспедиция ИИМК РАН (Санкт-Петербург) и ГИМ (Москва). По результатам радиоуглеродного анализа обе больших насыпи курганов были сооружены в эпоху ранней бронзы, приблизительно, в период между 3300 и 2900 гг. до н.э. (Trifonov et al. 2014).

К числу важнейших диагностических параметров динамики условий почвообразования относится состояние химических компонентов этих отложений. В последние годы развитие палеопочвоведения идет по пути перехода из области качественного анализа, на основе сравнения с современными аналогами, к количественному подходу к палеореконструкциям. Эти изменения во многом стали результатом применения новых подходов, в том числе разработки эмпирических зависимостей геохимических показателей, связывающих изменения валового химического состава почвенной массы с палеоэкологическими условиями (климат и растительность), полученных для современных почв (Gallagher, 2013).

Измерение концентраций макро- и микроэлементов в почвах осуществлялось на рентгеновском аппарате «СПЕКТРОСКАН МАКС – GV» методом рентгенфлуоресцентного анализа.

На основании выполненных измерений были рассчитаны следующие климатические показатели:

– MAT = $-2.74 \ln(\text{PWI}) + 21.39$ – определяет среднюю годовую температуру воздуха (Gallagher and Sheldon, 2013)

– $Y_{\text{Rb}} = 91,305x + 302,86$ – определяет среднегодовое количество атмосферных осадков (Калинин, 2011)

– $\text{IDM} = P / (T + 10)$ – индекс аридности по Де Мортену, где P – среднегодовое количество осадков, T – среднегодовая температура. (De Martonne, 1926)

Результаты и обсуждение. Показано, что современная серая лесная почва (К-12) характеризуется значительной элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля, который имеет строение A1-A1BA2-Ah-VtAh-Cca. Характерной особенностью почвы является наличие в профиле плотного, с признаками слитости, второго гумусового горизонта Ah, который залегает под более светлыми горизонтами A1BA2 на глубине около 60 см. Этот горизонт является признаком степной стадии развития этих почв и был сформирован при деградации черноземов в результате смены климатической обстановки и наступления лесов во второй половине голоцена (Яковлев 1914; Зонн, 1950). Ph почвы кислый и изменяется

от 6,04 до 6,85, в горизонте Сса увеличивается до 7,98. Содержание органического углерода уменьшается вниз по профилю. Максимум фиксируется в гумусовом горизонте и составляет 5,83 %, что значительно выше, чем во втором гумусовом горизонте, где оно составляет 0,78 %.

Палеопочва К-10 характеризуется следующим строением вертикального профиля А1-А1В-В-ВСа. Почва К-11 имеет более мощный профиль А1-А1В-В-Вса-Сса. рН в погребенных почвах изменяется от 7,58 до 8,56. Содержание органического углерода в гумусовом горизонте погребенной почвы К-10 составляет 1–1,23 % и снижается в горизонте ВСа до 0,4 %. В гумусовом горизонте почвы К-11 этот показатель изменяется от 1,05 до 2,37 %, снижаясь в Вса до 0,31. В почве К-10 карбонаты залегают на глубине 90 см, в почве К-11 они располагаются несколько глубже на глубине 130–140 см.

Таким образом, палеопочву К-10 можно сопоставить с выщелоченным черноземом. Почва К-11, имеет признаки более интенсивной выщелоченности и перехода к луговато-черноземному типу.

Индекс температуры МАТ показывает, что условия, в которых формировались погребенные почвы, были на 1 градус холоднее, чем в современную эпоху. Среднегодовая температура составляла, в среднем + 9–9,5°С. Среднегодовое количество осадков по данным индекса Y_{Rb} было ниже современного и составляло порядка 650–700 мм/год. Индекс аридности IDM показывает значения 34–37. Сейчас для данной территории этот показатель составляет 40, что в климатической классификации соответствует переходу из умеренно-гумидной к гумидной зоне. Значения индекса аридности 34–37 соответствует переходу от слабогумидных к умеренно-гумидным условиям. Сейчас природная зона с такими индексами аридности простирается в 50–100 км севернее на границе предгорий Кавказа и равнинных районов на широте Краснодара-Армавира и соответствует распространению черноземов разной степени выщелоченности.

Выводы.

Полученные данные показывают, что на момент погребения почв на исследуемой территории существовали более аридные условия, чем в современный период. Доминирующим типом ландшафта были лесостепи, представлявшие собой сочетание лугово-степной растительности и смешанных лесов, характерные для лесостепной зоны. В почвенном покрове преобладали черноземы разной степени выщелоченности с переходом к луговато-черноземному типу. В дальнейшем, в результате увеличения количества атмосферных осадков на 100–200 мм, леса распространились на предгорья Кавказа, а граница с зоной черноземных

степей сдвинулась на 50–100 км к северу. Черноземы при этом эволюционировали в серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом.

Список литературы

1. Александровский А.Л. Эволюция серых лесных почв предгорий Северного Кавказа / А.Л. Александровский, А.Г. Бирина // Почвоведение. – 1987. – № 8. – С. 28–39.
2. Зонн С.В. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа / С.В. Зонн. – Издательство АН СССР, 1950. – 337 с.
3. Калинин П.И. Геохимическая характеристика лесово-почвенных комплексов Терско-Кумской равнины и Азово-кубанской низменности / П.И. Калинин, А.О. Алексеев // Почвоведение. – № 12. – С. 1436–1453.
4. ОАК за 1898 г. Спб., 1901.
5. Резепкин А.Д. 2012. Новосвободненская культура (на основе материалов могильника «Кладь»). – Нестор – История, СПб. – 344 с.
6. Яковлев С.А. О деградации черноземов в Западной части Северного Кавказа / С.А. Яковлев // Почвоведение. – 1914. – № 4; 1915. – № 1.
7. De Martonne E., 1926. Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. La Meteorologie, 449–458.
8. Gallagher T.M. A new paleothermometer for forest paleosols and its implications for Cenozoic climate / T.M. Gallagher, N.D. Sheldon // Geology, 41(6). – 2013. – P. 647–650.
9. Trifonov V.A. Shepsi, the oldest dolmen with the port-hole slab in the Western Caucasus / V.A. Trifonov, G.I. Zaytseva, J. van der Plicht, A.A. Kraineva, A.A. Sementsov, A. Kazarnitsky, N.D. Burova, S.A. Rishko // Radiocarbon. – 2014. – Vol. 56. – № 2. P. 743–752.

УДК 631.47

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ

Тихонова Елена Николаевна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж
E-mail: tichonova-9@mail.ru*

Одноралов Геннадий Алексеевич

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж*

Аннотация. Рассмотрены оподзоленные и выщелоченные черноземы Воронежской нагорной дубравы. Дана морфологическая характеристика и проведено сравнение генетических горизонтов. Приведены данные гранулометрического анализа исследуемых почвенных подтипов.

Ключевые слова: оподзоленные и выщелоченные черноземы, нагорная дубрава, таксационная характеристика, морфологическое строение, гранулометрический состав.

PECULIARITIES OF THE SOIL COVER VORONEZH UPLAND OAK FORESTS

Tikhonova E. N.

*candidate of biological sciences, associate professor;
Voronezh state forestry engineering University
named after G.F. Morozov, St. Petersburg
E-mail: tichonova-9@mail.ru*

Odnoralov G.A.

*candidate of biological sciences, associate professor;
Voronezh state forestry engineering University
named after G.F. Morozov, St. Petersburg*

Annotation. Considered podzolized and leached chernozems of the Voronezh upland oak woods. The morphological characterization and comparison of genetic horizons. The data size analysis of soil subtupes studied.

Keywords: the podzolized and leached chernozems, upland oak forest, taxation data, morphological structure, granule-metric composition.

Нагорные и водораздельные дубовые леса приурочены в виде полос той или иной ширины и протяженности к высоким пересеченным балкам и западным берегам рек и образуют острова леса. Поскольку реки на территории области текут большей частью в южном направлении, то нагорные дубравы являются по преимуществу правобережными лесами. В геологическом отношении это относительно древние для нашего края массивы, начавшие формироваться и расселяться по мере отступления ледника и углубления речных долин на более дренированных и не заросших травами верхних частях и размывах береговых крутосклонов.

Почвы лесостепной и степной зон области, развитые под дубовыми древостоями в плакорных и близких к ним условиях, на суглинистых и глинистых почвообразующих породах, относятся к двум зональным почвенным типам: выщелоченным и оподзоленным черноземам и серым лесным почвам. Развиваются эти почвы в климатических условиях, при которых годовая сумма осадков почти уравнивается испаряемостью. Почвы формируются под воздействием широколиственных лесов, в основном дубрав, с глубокими корневыми системами, значительным ежегодным опадом с высоким содержанием кальция и с довольно густым и богатым травяным покровом.

Под влиянием указанных факторов при условии неполного промачивания почв в приопушечной части лесных массивов, на выравненных

плато и пологих склонах формируются выщелоченные и оподзоленные черноземы. В качестве примера приведем морфологическую характеристику разреза, заложенного на территории Семилукского лесничества Воронежской области, под пологом дубовых насаждений.

Таксационная характеристика насаждений. Состав 8Д2Яс+Лп, Кло; возраст – 67 лет, средняя высота – 24 м, средний диаметр – 24 см, полнота насаждений – 0,76, запас на 1 га – 210 м³, эда топ – Д₂. Подрост: дуб, ясень, липа, клен остролистный, возраст – 1–15 лет, средней густоты, групповой. Подлесок: лещина, бересклет бородавчатый, клен полевой, редко – черемуха, групповой, густой. Положение разреза по рельефу – водораздельное плато. Почва: чернозем оподзоленный глинистый.

Морфологическое строение почвы:

А₀ 0–3 см. Лесная подстилка из полуразложившихся листьев произрастающих древесных пород и отмерших стеблей травянистых растений. В нижней части большое количество гифов грибов.

А 3–14 см. Темно-серый, глинистый, мелкозернистый, рыхловат. Корневые системы развиты сильно и состоят в основном из всасывающих корней трав, кустарников и мелких мочковатых корней дуба и сопутствующих пород. Переход в гор. А₁ постепенный.

А₁ 14–45 см. Темно-серый, глинистый, крупно-зернистый, плотноват, выражена кремнеземистая присыпка. Горизонт густо пронизан мелкими сосущими корнями деревьев. Переход в следующий горизонт ясный.

В₁ 45–71 см. Темно-серый с буроватым оттенком, светлее А₁, глинистый, зернисто-ореховатый, уплотнен. В горизонте заметна (при подсыхании) кремнеземистая присыпка. Встречаются корни первого и второго порядка.

В₂ 71–104 см. Красно-бурый неравномерно окрашенный, глинистый, ореховато-комковатый, тонкопористый, плотный, встречаются кротовины, крупные корни деревьев. Переход в гор. С ясный.

С 104–200 см. Светло-бурый, глинистый, пористый, плотноват, вскипает от соляной кислоты. Редко встречаются стержневые и якорные корни.

Отдельные составляющие морфологического строения профиля выщелоченных и оподзоленных черноземов под дубравами колеблется в довольно широких пределах. Так, например, мощность генетических горизонтов у выщелоченных черноземов составляет: гор. А = 32–55 см, А+В₁ = 43–72 см, гор. А+В₁+ В₂ = 92–140 см. Выщелоченные черноземы обладают хорошей зернистостью, слабой кремнеземистой присыпкой на структурных отдельностях в сухом состоянии, наличием кротовин. Вскипание от соляной кислоты наблюдается с глубины 90–140 см (иног-

да 160 см). Оподзоленные черноземы имеют мощность горизонтов: гор. А = 30–55 см, А+В₁ = 40–70 см, гор. А+В₁+В₂ = 100–115 см. Обычно они расположены на ровных или слегка пониженных недренированных участках с близким уровнем залегания грунтовых вод. Гумусовый горизонт оподзоленных и выщелоченных черноземов хорошо развит и обладает прекрасной зернистой структурой, постепенно переходящей в зернисто-ореховатую, а затем в ореховато-призматическую.

Гранулометрический состав рассматриваемых почв неоднороден, но является в основном, глинистым и суглинистым. Анализ почв по Н.А. Качинскому в выщелоченных и оподзоленных черноземах водораздельных дубрав показал, что в образцах содержится большой процент илестых частиц в верхнем гумусовом горизонте (25,9–46,6%). Их количество очень медленно возрастает с глубиной. Содержание физической глины в гор. А составляет 59,0–73,1%, в гор. В₁ – 60,3–75,4%, в гор. В₂ – 61,5–77,1% и в материнской породе достигает 78,4%. Значительный процент содержания пылеватой фракции (до 70,8%), наряду с высоким содержанием илестых частиц позволяет отнести эти почвы к тяжелосуглинистым или легкоглинистым пылевато-иловатым. Легкоглинистый гранулометрический состав и зернистая структура обусловили благоприятное сложение черноземов. Плотность этих почв невелика и колеблется от 1,01 до 1,24 г/см³ в верхнем гумусовом горизонте. С глубиной плотность увеличивается и достигает в материнской породе 1,66 г/см³. Соответственно и скажность достигает 56–62 % в гор. А и понижается до 30% в гор. С.

Успешное развитие древостоев дуба возможно лишь на тех почвах, которые обеспечивают полное и непрерывное снабжение их всеми необходимыми факторами роста – питательными веществами и влагой, находящимися в состоянии доступном для усвоения. Кроме того, необходима достаточная аэрация почвы, обеспечивающая приток кислорода и удаление СО₂, а также отсутствие в почве соединений, которые могут неблагоприятно влиять на рост дубрав. Такими оптимальными условиями обладают оподзоленные и выщелоченные черноземы и темно-серые лесные почвы. Дубравы на этих почвах обладают наивысшей продуктивностью и имеют Ia, I и реже II класс бонитета. Все составляющие биоценоза развиты наиболее полно и отличаются сложным составом и строением.

ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В ПОЧВАХ КАМЕННОЙ СТЕПИ

Чижикова Наталия Петровна

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва
E-mail: chizhikova38@mail.ru*

Хитров Николай Борисович

*доктор сельскохозяйственных наук,
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва
E-mail: khitrovn@gmail.com*

Чевердин Юрий Иванович

*доктор биологических наук,
Воронежский НИИ сельского хозяйства, Таловая
E-mail: cheverdin62@mail.ru*

Аннотация. Обобщены сведения о минералогическом составе илистой фракции почв Каменной Степи. Черноземы, агрочерноземы и гумусово-квизиглеевые солонцеватые почвы агролесоландшафта имеют легко- или среднеглинистый гранулометрический состав и однотипную парагенетическую ассоциацию глинистых минералов, представленную сложными неупорядоченными смешанослойными слюда-сметитовыми образованиями (сметитовая фаза – 30–73% в составе ила), ди- и триоктаэдрическими гидрослюдами (20–62%), несовершенным каолинитом и магнезиально-железистым хлоритом (в сумме 4–17%). Отмечены следующие тенденции. Срединные горизонты всех почв и подстилающие породы отличаются содержанием сметитовой фазы. Более 50%. Гумусовые горизонты черноземов имеют широкий диапазон варьирования гидрослюд и сметитовой фазы и минимальное содержание суммы каолинита и хлорита. В гумусовых солонцеватых горизонтах уменьшается доля сметитовой фазы и увеличивается доля каолинита.

Ключевые слова: гидрослюды, слюда-сметитовые смешанослойные образования, каолинит, хлорит, черноземы, солонцеватые почвы.

CLAY MINERALS IN SOILS AT THE KAMENNAYA STEPPE

Chizhikova N. P.

*doctor of agricultural sciences, professor,
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: chizhikova38@mail.ru*

Khitrov N. B.

*doctor of agricultural sciences,
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: khitrovnb@gmail.com*

Cheverdin Y. I.

*doctor of biological sciences,
Voronezh Research Agricultural Institute, Talovaya
E-mail: cheverdin62@mail.ru*

Abstract. Results of mineralogical composition of clay fraction from soils at the Kamennaya Steppe are summarized. Chernozems, agroxhernozeems and humus-quasigleyic sodic soils have clayey texture and the same paragenetic association of clay minerals comprising irregular mica-smectite interstratifications (30–73% in clay), di- and trioctahedral hydromicas (20–62%), kaolinite and chlorites (4–17% in sum). There are follow trends. Subsoil horizons and underlaid sediments comprise more the 50% smectitic phase. There is a great variance of hydromicas and smectitic phase and minimal sum of kaolinite and chlorite content in chernic horizons of chernozems. The share of smectite phase decreases and one of kaolinite increases at the humus sodic horizons.

Keywords: hydromicas, mica-smectite interstratifications, kaolinite, chlorite, chernozems, solonetzic soils.

Цель работы – обобщение сведений о составе глинистых минералов в почвах агролесоландшафта Каменная Степь.

Объектами являются разные генетические горизонты черноземов на участках косимой и некосимой степей, под лесополосами и агрочерноземов на пашне, расположенных на широких водораздельных пространствах Каменной Степи, гумусово-квасиглеевых солонцеватых почв солонцового стационара № 2 на пологом общем склоне в сторону долины р. Чигла и пахотные горизонты агрочерноземов верхней части склона в сторону балки Таловая (Чижикова, Самсонова, 2007; Чижикова и др., 2010, 2012). Всего 117 образцов. Все исследованные почвы сформированы на лесовидных покровных глинах, представленных двумя генерациями разного возраста. Выделение илистой фракции выполнено по методу Н.И. Горбунова, диагностика минералов – по результатам рентгендифрактометрического метода.

Результаты. Все исследованные почвы являются легко- и среднеглинистыми с содержанием ила (< 1мкм) от 30 до 52%, состоящего из сложных неупорядоченных смешанослойных слюда-сметкитовых образований с разным содержанием сметкитовых пакетов (СМ – сметкитовая фаза), ди- и триоктаэдрических гидрослюд (ГС), каолинитом (К) и хлоритом (Х) (табл. 1).

Срединные горизонты и подстилающие породы содержат, как правило, более 50% смектитовой фазы в составе ила (рисунок). Тогда как в гумусовых горизонтах наблюдается весь диапазон варьирования этого показателя. Пахотные горизонты агрочерноземов на склоне восточнее лесополосы 131 имеют высокое содержание этих минералов за счет выхода на поверхность второго слоя покровных отложений. Гумусовые горизонты черноземов косимой, некосимой степей и лесополос на широких водораздельных пространствах отличаются наименьшей долей смекти-

Таблица
Статистическая характеристика содержания глинистых минералов в почвах Каменной Степи ($n = 117$)

Статистический показатель	К+Х	ГС	СМ	К+Х	ГС	СМ
	% от ила			% от почвы		
Минимум	4	20	30	1.3	5.6	10.6
Нижний квартиль	7	32	47	2.8	10.9	17.3
Медиана	9	35	55	3.7	14.2	21.3
Верхний квартиль	13	42	60	4.8	17.4	23.9
Максимум	20	62	73	6.8	23.6	29.4
Среднее арифметическое	10	37	54	3.8	14.2	20.7
Стандартное отклонение	3	8	9	1.3	4.1	4.5

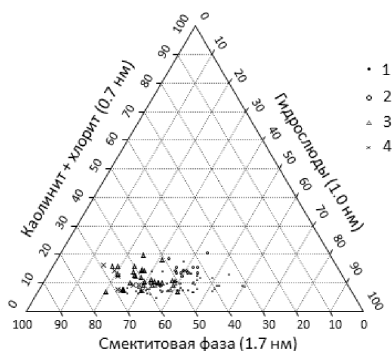


Рис. Соотношение глинистых минералов в почвах Каменной Степи.
Горизонты: 1 – гумусовые несолонцеватые (PU, AU);
2 – гумусовые солонцеватые (AU_{sn}); 3 – срединные (BI, BСA, BСca);
4 – подстилающие породы (Dca)

вой фазы (30–40%) и повышенной долей гидрослюд (55–62%). Хотя в пахотных горизонтах агрочерноземов на водоразделах смектитовая фаза преобладает над гидрослюдами.

Солонцовый процесс приводит к частичному разрушению и селективному выносу смектитовой фазы из гумусовых солонцеватых горизонтов, что сопровождается относительным увеличением доли гидрослюд и каолинита.

Выводы.

1. Черноземы, агрочерноземы и гумусово-квазиглеевые солонцеватые почвы Каменной Степи имеют легко- или среднеглинистый гранулометрический состав и парагенетическую ассоциацию глинистых минералов, представленную сложными неупорядоченными смешанослойными слюда-смектитовыми образованиями (30–73% в составе ила), ди- и триоктаэдрическими гидрослюдами (20–62%), каолинитом и хлоритом (в сумме 4–17%).

2. Срединные горизонты всех почв и подстилающие породы отличаются относительно более высокой долей смектитовой фазы по сравнению гумусовыми горизонтами.

3. Гумусовые горизонты черноземов имеют широкий диапазон варьирования гидрослюд и смектитовой фазы при минимальном содержании суммы каолинита и хлорита.

4. В гумусовых солонцеватых горизонтах отмечена тенденция уменьшение доли смектитовой фазы и увеличения доли каолинита по сравнению с несолонцеватыми вариантами.

Благодарности: Отбор и первичный анализ данных выполнен при поддержке РФФИ, проекты № 11-04-00710, 13-04-10174, 14-04-01694, 15-04-08528; обобщение результатов – по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы (пункт 5).

Список литературы

1. *Чижикова Н.П.* Минералогический состав тонкодисперсных фракций черноземов Каменной Степи / Н.П. Чижикова, А.А. Самсонова // Каменная Степь: проблемы изучения почвенного покрова : Сб. науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – М., 2007. – С. 97–120.
2. *Чижикова Н.П.* Эволюция глинистого материала гумусового горизонта черноземов при мелиорации солонцов землеванием / Н.П. Чижикова, Н.Б. Хитров, Ю.И. Чевердин // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2012. – Вып. 68. – С. 19–28.
3. *Chizhikova N.P.* Clay minerals in a denudation-accumulative soil catena / N.P. Chizhikova, N.P. Sorokina, N.B. Khitrov, et al // Eurasian Soil Science. – 2010. – Vol. 43. – № 1. – P. 85–93.

ФИЗИЧЕСКОЕ, ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ 2010 ГОДА

Беляев Анатолий Борисович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: belyaev_1941@mail.ru*

Аннотация. В период засухи 2010 г. и низкой величины ГТК (0,63) в 2009 г. под лесной полосой № 211 смешанного состава все накопленные положительные изменения в физических и физико-химических свойствах почв Каменной степи сохранялись по сравнению с прилегающей пашней. Вместе с тем, по сравнению с благоприятным по увлажнению 2005 годом, несколько уменьшилось (в 1,05–1,08 раза) содержание валового гумуса, произошло подтягивание карбонатов к поверхности почвы и соответственно повышение величины рН водной на 0,1–0,3 единицы в щелочную сторону и снижение гидролитической кислотности.

Ключевые слова: древесные породы, мощность гумусовых горизонтов, гидротермический коэффициент (ГТК), карбонаты почв, структурно-агрегатный состав, валовой гумус, актуальная и гидролитическая кислотность, водопрочность структуры.

THE INFLUENCE OF WOOD STRIPS ON THE PROPERTIES OF CHERNOZEMS STONE STEPPES IN DROUGHT CONDITIONS 2010 YEAR

Belaev A. B.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: belyaev_1941@mail.ru*

Abstract. In times of drought, and low levels of the 2010 SCC (0.63) in 2009, under the forest Strip no. 211 of mixed composition of all the accumulated positive changes in physical and physico-chemical properties of soils, Stone steppes maintained compared to adjacent farmland. However, compared to the favourable year 2005 hydration, declined slightly (–1.08–1.05 times) gross content of humus, there has been a tightening of carbonates to the surface of the soil and water pH increase respectively at 0.1–0.3 units in the alkaline side and reduction of hydrolytic acidity.

Keywords: tree species, humus horizons, gidrotermicheskij power factor (SCC), carbonates in soils, structural-aggregate composition, total humus, up-to-date and hydrolytic acidity, vodoprochnost' structure.

Введение. Лесные сообщества, являясь эдификаторами системы, определяют характер изменчивости свойств почв. Степень воздействия определяется биологическими особенностями и возрастом древесных пород, почвенно-климатическими особенностями. Необходимым фактором улучшения состояния почв в ряду агрохимических, физических и мелиоративных мероприятий является полезащитное лесоразведение. Главным свойством полезащитных лесных полос является их долговременное, измеряемое десятилетиями, положительное, лишённое негативных последствий, влияние на экологическое состояние агроландшафтов. Немаловажным условием является состав древесных пород, их лесоводственно-биологические особенности. В задачу исследований входило изучение изменений свойств почв под лесной полосой № 211 (Каменная степь) в засушливом 2010 году, когда количество осадков в июне–июле выпало 50–54% от нормы, а гидротермический коэффициент (ГТК) за май–сентябрь составил 0,92 [6].

Объекты и методы. Для выяснения влияния отдельных древесных пород на свойства почв была выбрана лесная полоса смешанного типа № 211 на территории НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева (Каменная степь), состоящая из секций сосны обыкновенной (Со; *Pinus sylvestris* L.), березы повислой (Бп; *Betula pendula* Roth.), лиственницы сибирской (Лц; *Larix sibirica* Ledeb.) и клена остролистного (Ко; *Acer platanoides* L.). Возраст лесной полосы на момент исследований 49 лет (2010). Длина секций от 100 до 230 м. В качестве контроля использовалась прилегающая к лесной полосе пашня, занятая посевами подсолнечника.

Главным компонентом почвенного покрова являются лугово-черноземные почвы и черноземы обыкновенные. По гранулометрическому составу верхнего 20-сантиметрового слоя эти почвы являются тяжелосуглинистыми и глинистыми (содержание физической глины – 59,4–64,6%). К почвообразующей породе происходит некоторое его утяжеление

(< 0,01 мм = 62,7–70,9%). Несмотря на то, что исследования проводились в экстремальном по климатическим условиям 2010 году, в профиле этих почв отмечается повышенное увлажнение, начиная с глубины 25–60 см и ниже, что свидетельствует о процессах олуговения в системе лесных полос. Было заложено шесть полнопрофильных разрезов до глубины 150 см с отбором образцов почвы из генетических горизонтов. Полевые и лабораторные исследования проводились общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. Влияние древесных пород сказалось прежде всего в увеличении мощности гумусовых горизонтов (A+AB) в ряду: сосна (67 см) → береза (70 см) → лиственница (80 см) → клен (81 см) по сравнению с пашней (59 см) и косимой залежью (65 см). Увеличение мощности гумусовых горизонтов, как нами было отмечено ранее [1], произошло под воздействием увеличивающегося объема корневых систем на приповерхностные слои почвы, а также за счет поступления подвижных гумусовых веществ вниз по профилю.

В профиле изучаемых почв наличие карбонатного горизонта в зависимости от породного состава отмечается на глубине 63–48–47–35 см (соответственно, под сосной, лиственницей, березой и кленом). На пашне (подсолнечник) и на залежи карбонаты залегают соответственно на глубине 28 см и 40 см. В 2005 году, благоприятном по климатическим условиям, карбонаты залежали, соответственно, на 2–4–13–11 см, а на пашне и залежи – на 5–10 см глубже. Вполне очевидно, что под лесными породами даже в экстремально засушливом году (2010 г) карбонаты отмечаются на большей глубине, чем на пашне. Это объясняется лучшими условиями увлажнения, а также подкислением почвенного раствора под влиянием корневых выделений [3] и зависит от химического состава опада деревьев.

По содержанию гумуса в верхнем 20-сантиметровом слое изучаемые почвы являются среднегумусными, увеличиваясь в ряду: Со (7,4%) → → Ко → (7,6%) → Бб (7,7%) → Лц (7,9%), что в 1,12–1,20 раза больше, чем на пашне (6,6%). При этом по сравнению с 2005 годом эти показатели несколько уменьшились в 1,05–1,08 раза [2], что, возможно, обусловлено снижением микробиологической деятельности по синтезу гумуса. Вниз по профилю под древесными породами, как и на пашне, наблюдается закономерное уменьшение данного показателя по равномерно-аккумулятивному типу распределения гумуса.

В ряду почвенных показателей, адекватно реагирующих на внешние воздействия, реакция почвенного раствора сказывается непосредственно на плодородии почв. Большое влияние на этот показатель оказывает глубина залегания карбонатов. В год экстремальной засухи (2010) произошло их подтягивание к поверхности почвы, при этом под разными видами

растительности она была неодинаковой, что не могло не сказаться на величине рН водной. По сравнению с 2005 годом (рН = 6,0–6,4) произошло некоторое повышение величины рН водной на 0,1–0,3 единицы в щелочную сторону (6,2–6,5) в верхнем 10-сантиметровом слое. А под кленом остролистным, также как и на пашне (рН = 7,5), рН водной была слабощелочной (7,1) уже в верхнем 20-сантиметровом слое, что помимо достаточно близкого залегания карбонатов обусловлено также химическим составом опада, богатым кальцием по сравнению с сосной, березой и лиственницей [5].

Максимальное содержание поглощенного водорода (гидролитическая кислотность) наблюдается в верхнем 20-сантиметровом слое почвы под березой, сосной, лиственницей и кленом (соответственно, 5,7–4,3–2,9–0,9 ммоль/100 г почвы. На глубине 30–40 см этот показатель уменьшается в 2–2,7 раза, а при приближении к границе залегания карбонатов – исчезает. В почве пашни гидролитическая кислотность отсутствовала.

Важным показателем происходящих в почве изменений служит ее структура. При этом особое внимание уделяют содержанию структурных отдельностей от 1 до 10 мм. Проведенные исследования свидетельствуют о лучших с агрофизической точки зрения показателях структуры под всеми древесными породами по сравнению с пашней. Если в пахотном горизонте общее количество агрономически ценных агрегатов составляет 47,9%, то под древесными породами их содержание возрастает в 1,36–1,97 раза и изменяется в ряду от 65,3% под сосной до 81,2% под березой, до 93,4% под кленом и 94,5% под лиственницей. Под залежью их количество составляет 75,6%.

Рассчитанный коэффициент структурности (K_c) неодинаков под насаждениями различного породного состава. Наиболее высокий показатель K_c наблюдается в верхнем 20-сантиметровом слое в почвах под лиственницей (17,2) и кленом (14,2), снижаясь под березой до 4,3 и сосной – 1,9. В почве залежи он составляет 3,1, на пашне он менее единицы (0,9) за счет глыбистой фракции (44,5%). С глубиной (30–40 см и 40–50 см) коэффициент структурности под древесными породами уменьшается в 1,2–5,4 раза (больше под лиственницей, кленом и березой и меньше под сосной). На залежи коэффициент структурности снижается в 1,5 раза. На пашне, наоборот, в подпахотных горизонтах происходит его возрастание в 1,1–1,3 раза.

Коэффициент водопрочности (K_v) свидетельствует о достаточно высокой водопрочности агрегатов в почве под лесными насаждениями, где он варьирует в пределах 67–85%, а на пашне составляет 54%. При этом

следует отметить, что если под насаждениями клена и лиственницы в нижней части гумусового горизонта его величина возрастает (до 95–96%), то под березой, а также на пашне произошло значительное уменьшение, соответственно до 62 и 37%. В почве под секцией сосны коэффициент водопрочности практически был на одном уровне (66–71%). На залежи коэффициент водопрочности был близок к его величине под древесными породами (80–90%). Наблюдаемые различия в структурно-агрегатном составе почв под разными древесными насаждениями можно объяснить биологическими особенностями древесных пород и характером распространения корневых систем. Общая закономерность изменения структурно-агрегатного состава под различными древесными породами, а также на залежи и пашне не противоречат литературным данным [4], хотя преимущество положительного влияния древесных пород иногда не совпадают, например, под секциями березы и клена. По нашим данным структура и ее водопрочность лучше под секцией клена, чем под секцией березы, как породы повышающей кислотность почвы [2].

Заключение. Таким образом, изменения, обусловленные засушливостью климата, произошли под лесной полосой различного породного состава лишь под достаточно динамичными показателями, такими как глубина залегания карбонатов и зависимыми от них рН водной и гидролитической кислотностью. Некоторое уменьшение содержания валового гумуса, видимо, обусловлено снижением микробиологической активности в синтезе гумуса в засушливые периоды (май–сентябрь) 2009 (ГТК=0,63) – 2010 (ГТК = 0,92) годов [6]. Физические свойства почв Каменной степи (структурно-агрегатный состав), имеют общую направленность с предыдущими исследованиями.

Список литературы

1. *Беляев А.Б.* Влияние лесонасаждений на улучшение почв лесостепи / А.Б. Беляев // Почвоведение. – 1991. – № 12. – С. 109–119.
2. *Беляев А.Б.* Изменение некоторых почвенных показателей черноземов Каменной степи в зоне влияния лесных полос различного породного состава / А.Б. Беляев // Приемы и средства повышения продуктивности сахарной свеклы и других культур севооборота : сб. науч. трудов. – Воронеж : Воронежский ЦНТИ-филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. – 2014. – С. 126–130.
3. *Гоголев И. Н.* О роли прижизненного обмена веществ деревянистых растений в почвообразовании / И. Н. Гоголев // Лес и почва : труды Всесоюзной научной конференции по лесному почвоведению. – Красноярск, 1968. – С. 38–47.
4. *Кораблина И.Н.* Изменение основных структурных уровней организации почв Каменной степи под влиянием лесных насаждений / И.Н. Кораблина, В.А. Королев, А.И. Громовик // Черноземы России: экологическое состояние и современные почвенные процессы : матер. Всероссийской конфер., посвященной 70-летию кафедры почвоведения и агрохимии Воронежского государственного университета / под ред. проф. Д.И. Щеглова. – Воронеж : ВГУ, 2006. – С. 215–220.

4. Ремезов Н.П. Лесное почвоведение / Н.П. Ремезов, П.С. Погребняк. – М. : Лесная пром-сть, 1965. – 324 с.

5. Интернет ресурс: Погода и климат – Климат Воронежа (2011) <http://www.pogoda.ru.net/climate/34123>.

УДК 631.4

ЛАБИЛЬНЫЕ ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Мамонтов Владимир Григорьевич

доктор биологических наук, профессор,

Российский государственный аграрный университет –

МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

E-mail: mschapochv@mail.ru

Аннотация. Изучен элементный и молекулярно-массовый состав лабильных гумусовых веществ (ЛГВ) чернозема обыкновенного. Установлено, что длительное использование чернозема в неорошаемой пашне вызывает минерализацию низкомолекулярных и азотсодержащих компонентов ЛГВ и включение в их состав соединений, преимущественно обогащенных кислородсодержащими и алифатическими группировками. Трансформация ЛГВ орошаемых почв в основном связана с включением в их состав новообразованных плохоокисленных, обогащенных азотом и циклическими компонентами низко- и средномолекулярных фракций органических веществ.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный, лабильные гумусовые вещества, элементный состав, степень окисленности, фракция, молекулярная масса.

LABILE HUMUS SUBSTANCES OF CHERNOZEM ORDINARY IN VORONEZH REGION

Mamontov V. G.

doctor of biological sciences, professor,

Department of Soils Science, Geology and Landscape Science, Russian

Timiryazev State Agrarian University

E-mail: mschapochv@mail.ru

Abstract. Studied the elemental and molecular mass composition of the labile humic substances (LGV) of ordinary chernozem. Found that prolonged use of chernozem in non-irrigated arable land causes mineralization of low molecular weight and nitrogen-containing components of LGV and the inclusion in their composition of compounds, mostly enriched with oxygen and aliphatic groups. Transformation LGV irrigated soils is mainly related to the inclusion in the composition of the newly formed badly oxidized, enriched in nitrogen and cyclical components of low and medium molecular fractions of organic substances.

Keywords: ordinary chernozem, labile humic substances, elemental composition, oxidation level, fraction, molecular weight.

Среди разнообразных компонентов, формирующих органическую часть почвы, особое положение занимают лабильные гумусовые вещества (ЛГВ) представляющие собой динамичный, относительно легко трансформируемый и в тоже время наименее изученный комплекс органических соединений почвы, образующийся при разложении и гумификации органических остатков, корневых выделений, продуктов автолиза и метаболизма почвенной биоты.

В состав ЛГВ входят новообразованные и непрочносвязанные с минеральной частью почвы гуминовые и фульвокислоты, а также разнообразные неспецифические органические соединения почвы. В отличие от консервативной части органического вещества почвы ЛГВ принимают непосредственное участие в динамичных почвенных процессах и формировании эффективного плодородия почв. Поэтому всестороннее изучение ЛГВ имеет важное теоретическое и практическое значение.

Объектом исследований служил чернозем обыкновенный территории земледелия НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева. Смешанные образцы отбирались из горизонтов А чернозема на участке залежи, существующей с 1882 г., из пахотных горизонтов чернозема неорошаемого 10-польного зерно-паро-пропашного севооборота, орошаемого 7-польного кормового севооборота, орошаемых 10-летних бессменных посевов кукурузы на зерно возделываемой с удобрениями и без внесения удобрений. Для получения препаратов ЛГВ использовали 0,1 н. раствор NaOH без предварительного декальцирования почвы. Элементный состав определяли на автоматическом CHN-анализаторе, молекулярно-массовый состав с помощью сефадекса G-75, теплоту сгорания и молекулярные массы рассчитывали по эмпирическим формулам.

В элементном составе ЛГВ преобладает водород, на долю которого приходится 44,6–46,1 ат. %, вторым по значимости элементом является углерод, содержание его составило 29,2–33,6 ат. %, меньше всего содержится азота – 2,2–2,9 ат. %, а количество кислорода равно 18,9–23,5 ат. % (табл. 1).

Судя по величине отношения Н:С равной 1,43 и степени окисленности (ω) – 0,26 ЛГВ чернозема залежи являются плохо окисленными соединениями в составе которых преобладают алифатические компоненты. Величина теплоты сгорания равна 3996 кал/г.

В результате длительного использования чернозема обыкновенного в неорошаемом земледелии произошло обеднение ЛГВ азотсодержащими компонентами и включении в их состав преимущественно алифатических соединений, обогащенных кислородсодержащими группами, о чем можно судить по изменению атомных отношений Н:С с 1,43 до 1,55,

Таблица 1

**Элементный состав лабильных гумусовых веществ
обыкновенных черноземов Каменной степи (атомные проценты)**

Вариант	C	H	N	O	H:C	O:C	C:N	ω	Теплота сгорания, кал/г
Залежь	32,3	46,1	2,7	18,9	1,43	0,59	12,0	-0,26	3996
Неорошаемая почва	29,2	45,1	2,2	23,5	1,55	0,81	13,3	+0,07	2662
Орошение, севооборот с многолетними травами	31,0	44,7	2,9	21,4	1,44	0,69	10,7	-0,06	3525
Орошение, бессменная кукуруза + N ₂₀₀ , P ₁₀₀ , K ₁₀₀	33,6	44,6	2,5	19,3	1,33	0,57	13,4	-0,18	3971
Орошение, бессменная кукуруза без удобрений	32,6	45,8	2,6	19,0	1,41	0,58	12,5	-0,24	3964

O:C с 0,59 до 0,81 и C:N с 12,0 до 13,3. Судя по величине степени окисленности, изменившейся с -0,26 до +0,07, трансформация ЛГВ пахотной почвы носит ясно выраженный окислительный характер и сопровождается уменьшением их энергетического потенциала. В орошаемых условиях в севообороте с многолетними травами в состав ЛГВ включаются недоокисленные соединения, обогащенные циклическими и азотсодержащими структурами, что сопровождается уменьшением величины отношения H:C до 1,44 и C:N до 10,7 и увеличением теплоты сгорания до 3525 кал/г. ЛГВ варианта с удобряемой бессменной кукурузой отличаются самым высоким содержанием углерода – 33,1 ат. % и самой низкой величиной отношения H:C равной 1,33, при этом величина отношения C:N равна 13,4 и является одной из самых высоких. ЛГВ данного варианта в наибольшей мере представлены циклическими структурами, но бедны азотсодержащими группировками. Величина теплоты сгорания равна 3971 кал/г и является одной из самых высоких. ЛГВ чернозема в варианте с неудобряемой бессменной кукурузой по элементному составу довольно близки к ЛГВ чернозема залежи.

ЛГВ чернозема являются полидисперсными соединениями и имеют сложный молекулярно-массовый состав. ЛГВ чернозема залежи состоят из пяти фракций, среди которых абсолютно преобладает фракция с молекулярной массой 34 500 а.е.м. и относительным содержанием 62,6%. Следующей по значимости является вторая фракция с ММ 4 160 а.е.м. и относительным содержанием 16,6%. На долю каждой из остальных трех фракций с ММ 1 190, 500 и 280 а.е.м. приходится менее 10%. Величина средневесовой молекулярной массы ЛГВ чернозема залежи составила 33 360 а.е.м.

В составе ЛГВ неорошаемого чернозема абсолютно преобладает высокомолекулярная фракция с ММ 50 690 а.е.м. и относительным содержанием 73,4%. На долю второй фракции с ММ 4 160 а.е.м. приходится 26,6%. Средневесовая ММ ЛГВ пахотного неорошаемого чернозема выше, чем у чернозема залежи и равна 49 350 а.е.м.

В составе ЛГВ чернозема орошаемого севооборота с многолетними травами абсолютно преобладает высокомолекулярная фракция с ММ 50 690 и относительным содержанием 70,5%, второй по значимости является среднемoleкулярная фракция II с ММ 4 160 а.е.м. и относительным содержанием 24,0%. Кроме них присутствуют и новые фракции с ММ 1 590, 500 и 340 а.е.м. и относительным содержанием 1,6, 3,3 и 0,6 % соответственно, что является следствием изменения особенностей процесса гумусообразования в условиях орошения. Величина средневесовой ММ ЛГВ равна 49 370 а.е.м. ЛГВ удобряемой бессменной кукурузы характеризуются самой высокой степенью дисперсности и состоят из 6 фракций. В их составе преобладает первая фракция с ММ 50 690 а.е.м. и относительным содержанием 35,5%. На долю второй фракции с ММ 28 460 а.е.м. приходится 25,5%. Следующей по значимости является среднемoleкулярная третья фракция, имеющая ММ 5 040 а.е.м. и относительное содержание 27,1%. ММ 4 фракции составила 3 430 а.е.м., а относительное содержание 6,6%. Общее содержание низкомолекулярных фракций с ММ 610 и 410 а.е.м. всего около 5%. Величина средневесовой ММ равна 41 920 а.е.м. ЛГВ чернозема варианта с бессменной кукурузой, возделываемой без удобрений состоят из 5 фракций, молекулярные массы которых в большинстве случаев отличаются от ММ ЛГВ других вариантов. Характерной особенностью их молекулярно-массового состава как и ЛГВ неорошаемого чернозема является то, что они состоят только их высоко- и среднемoleкулярных фракций. Преобладают в составе ЛГВ высокомолекулярные фракции представленные фракциями с ММ 61 430 и 28 460 а.е.м. и относительным содержанием 31,7 и 34,9% соответственно. Среди среднемoleкулярных фракций преобладает фракция с ММ 5 040 а.е.м. и относительным содержанием 23,0%. На долю третьей и пятой фракций с ММ 8 970 и 2 330 а.е.м. приходится 7,5 и 2,9% соответственно. Отсутствие в составе ЛГВ данного варианта низкомолекулярных фракций может быть обусловлено тем, что при длительном бессменном возделывании кукурузы без удобрений в условиях орошения и дефицита элементов минерального питания происходит активная утилизация микрофлорой низкомолекулярных органических соединений. Средневесовая ММ ЛГВ чернозема с орошаемой бессменной кукурузой, возделываемой без удобрений составила 47 630 а.е.м.

УДК 634.417.2

ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Громовик Аркадий Игоревич

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: agrom.ps@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены особенности гумусового состояния черноземов выщелоченных и типичных лесостепи Центральной России. Показаны подтиповые различия во фракционно-групповом составе гумуса черноземов, выявлена степень трансформации их гумусового состояния при их распашке.

Ключевые слова: гумус, гумусовый профиль, запасы гумуса, фракционно-групповой состав гумуса, черноземы выщелоченные и типичные, целина, пашня.

AS THE HUMUS OF VIRGIN AND ARABLE CHERNOZEM STEPPE OF CENTRAL RUSSIA

Gromovik A. I.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Voronezh state university, Voronezh
E-mail: agrom.ps@mail.ru*

Abstract. The article considers the features of the humus status of leached chernozem and typical forest-steppe of Central Russia. Podpolye shows differences in the fractional-group composition of the humus of chernozems, identified the degree of transformation of their humus status when they are plowing.

Keywords: humus, humus profile, the reserves of humus, the fractional-group composition of humus, leached chernozem and typical, virgin, arable land.

Введение. Черноземы Центральной России во всем мире признаны эталонными почвами. Столь высокая оценка и ценность этих почв связана, прежде всего, с уникальностью их гумусового профиля, поскольку именно он является материальным выражением сущности черноземообразования [4, 5, 8, 10]. Характер почвообразования черноземов накладывает свой отпечаток на строение гумусового профиля, что отражается в подзональных и провинциальных особенностях гумусового состояния рассматриваемых почв. В основном эти особенности связаны с количественным содержанием гумуса, характером его профильного распределения и фракционно-групповым составом. В целинных черноземах факторы гумификации находятся в сбалансированном состоянии с факторами почвообразования. Хозяйственная деятельность человека приводит к на-

рушению этого состояния, с чем связана неизбежная агрогенная трансформация гумусового профиля. Основными причинами этого, по мнению многих исследователей, являются следующие: смена естественной растительности на сельскохозяйственные культуры, приводящая к существенному уменьшению количества растительных остатков; отчуждение большой массы растительных остатков с полей при уборке урожая; несовпадение зон максимального накопления растительных остатков и микробиологической деятельности; развитие и усиление эрозионных процессов на пахотных почвах и др. [2, 6, 8, 9, 10].

В связи с этим целью настоящей работы являлось показать подтиповые особенности целинных и пахотных черноземов лесостепи Центральной России.

Объекты и методы. Объектами для исследования послужили черноземы выщелоченные и типичные целинных, залежных и пахотных угодий тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Исследования целинных, залежных и старопашотных подтипов черноземов проводились на территориях заповедников и залежных участков в Воронежской обл. (Панинский, Верхнехавский, Рамонский, Хохольский и Семилукский районы), Курской обл. (Заповедник Стрелецкая степь, землепользование ОПХ ВНИИЗ и ЗПЭ).

В отобранных почвенных образцах с достаточным количеством повторностей проводились следующие анализы и определения по соответствующим методикам: общее содержание углерода и гумуса в почве по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [1]; фракционно-групповой состава гумуса почвы по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [8]; степень гумификации органического вещества почвы и запасы гумуса расчетными методами [7].

Принципиальным методическим приемом данной работы было, то, что основные показатели, формирующие гумусовый фонд черноземов, были пересчитаны из процентного содержания от массы почвы в процентное содержание от ее объема с использованием данных по равновесной плотности сложения. Данный подход является целесообразным, поскольку почва является сложной структурной, обладающей сложением трехмерной системой. Предложенный методический подход позволяет нивелировать полученные данные и адекватно сравнивать одинаковые по мощности слои почвы, но с разными значениями плотности сложения.

Результаты и обсуждение. Исследуемые подтипы целинных черноземов отличаются довольно мощным гумусовым профилем и являются среднегумусными и тучными. Количество гумуса в верхнем слое составляет 7,18–9,35% от массы почвы (табл. 1). При пересчете в объемные проценты

Распределение гумуса
(над чертой % от массы почвы, под чертой – % от объема)
в профиле целинных (залежных) и пахотных черноземах

Глубина, см	Черноземы выщелоченные				Черноземы типичные			
	Целина (залежь)		Пашня		Целина (залежь)		Пашня	
	Гумус	Запасы гумуса, т/га	Гумус	Запасы гумуса, т/га	Гумус	Запасы гумуса, т/га	Гумус	Запасы гумуса, т/га
0–10	<u>7,18</u> 6,32	63	<u>5,10</u> 5,61	56	<u>9,35</u> 7,95	79	<u>5,80</u> 6,26	63
20–30	<u>5,22</u> 5,48	55	<u>4,53</u> 5,21	52	<u>6,78</u> 6,98	70	<u>5,12</u> 5,73	57
40–50	<u>3,65</u> 3,87	39	<u>3,12</u> 3,71	37	<u>4,63</u> 4,91	49	<u>3,83</u> 4,60	46
60–70	<u>2,18</u> 2,42	24	<u>1,96</u> 2,41	24	<u>3,54</u> 4,00	40	<u>2,92</u> 3,68	37
80–90	<u>1,00</u> 1,15	12	<u>0,78</u> 1,02	10	<u>2,51</u> 2,89	29	<u>1,97</u> 2,60	26

исследуемые объекты характеризуются как среднегумусные (6,32–7,95%). Гумусовые профили целинных и пахотных черноземов имеют свои особенности в внутрипрофильном распределении гумуса.

По содержанию гумуса черноземы выщелоченные на целине относятся к среднегумусным, так в слое 0–10 см содержание гумуса составляет 6,32% от объема, с глубиной этот показатель постепенно снижается (табл. 1). В целом распределение гумуса в профиле целинных черноземов выщелоченных характеризуется равномерно-аккумулятивным типом с чертами регрессивно-аккумулятивного типа.

Детальное рассмотрение особенностей строения гумусовой толщи позволяет выявить слабые черты элювиально-иллювиальной дифференциации по гумусу.

Пахотные черноземы выщелоченные характеризуются меньшим содержанием гумуса (малогумусные) в слое 0–10 см – 5,10% от массы или 5,61% от объема почвы. Внутрипрофильное распределение гумуса аналогично целине, однако снижение содержания гумуса с глубиной имеет более плавный характер. Это связано с изменением количества и характера поступления растительных остатков в почву при распашке, а также с изменением режима влажности, при смене естественной растительности на сельскохозяйственные культуры. При распашке выщелоченных черноземов происходит заметное снижение содержания гумуса по профилю. Максимальные потери гумуса при распашке наблюдаются в верхней час-

ти гумусовой толщи. Так, в слое 0–10 см потери гумуса составляют 2,08% от массы или 0,71% от объема почвы, вниз по профилю потери гумуса постепенно сглаживаются. Следует отметить, что при распашке целинных черноземов происходит заметное уплотнение почвенной массы, особенно в пахотных и подпахотных горизонтах. Вследствие этого, при пересчете содержания гумуса на объемные проценты, плотность сложения вносит свои коррективы, в результате чего реальные потери гумуса на пашне значительно ниже. Более того с глубины 60–70 см происходит относительное сглаживание содержания гумуса на целине и пашне при выражении результатов от объема почвы, тогда как при пересчете на массовые % существенного сужения содержания гумуса в исследуемых почвах не наблюдается. Таким образом, при выражении результатов в массовых % потери гумуса и глубина проникновения в почвенный профиль дегумификационных процессов завываются по сравнению с объемными %.

Исследуемые почвы отличаются средними запасами гумуса. С глубиной в рассматриваемом ряду почв запасы гумуса постепенно уменьшаются и с 60–70 см разница в запасах гумуса между целиной и пашней практически полностью сглаживается. Полученные данные позволяют сделать вывод, при распашке черноземов выщелоченных процессы дегумификации затрагивают лишь верхний полуметр гумусового профиля.

Черноземы типичные на целине в слое 0–10 см содержат больше гумуса по сравнению с выщелоченными – 7,95% от объема или 9,35% от массы почвы и характеризуются как среднегумусные или тучные, с глубиной количество гумуса постепенно снижается. Распределение гумуса в профиле целинных черноземов типичных характеризуется равномерно-аккумулятивным типом (табл. 1).

Отличительной особенностью гумусового профиля черноземов типичных по сравнению с предыдущим подтипом является не только его большая гумусированность, но и большая растянутость и равномерность, отсутствие слабых признаков дифференциации гумусовой толщи. В верхней 30-сантиметровой толще накопление гумуса идет по прогрессивно-аккумулятивному типу (при выражении результатов анализа в % от объема почвы), ниже – по равномерному.

Пахотные черноземы типичные отличаются меньшей гумусированностью по сравнению с целинными, хотя имеют более высокую гумусированность по сравнению с целинными черноземами выщелоченными. Внутрпрофильное распределение гумуса равномерно-аккумулятивное, в целом профиль также отличается большей растянутостью по сравнению с выщелоченным подтипом.

Распашка типичных черноземов также приводит к существенному снижению содержания гумуса по всему органопрофилю. В наибольшей степени процессам дегумификации подвержены верхние пахотные слои почвы. Потери гумуса пахотными черноземами по сравнению с целинными в слое 0–10 см составляют 3,55% от массы или 1,69% от объема почвы, вниз по профилю почвы темпы дегумификации снижаются.

Черноземы типичные отличаются средними запасами гумуса. Не целине в слое 0–10 см составляет соответственно 79 т/га, что соответственно больше на 16 т/га по сравнению с пашней. С глубиной в рассматриваемом ряду почв запасы гумуса постепенно уменьшаются и нивелируются.

Качественный состав гумуса исследуемых почв неодинаков. Некоторые фракции в составе гумуса имеют иные закономерности изменения с глубиной по сравнению с валовым гумусом. Во всех исследуемых почвах в составе гумуса преобладает группа гуминовых кислот в составе которой на первом месте фракция ГК2, затем следуют фракции ГК1 и ГК3. В группе фульвокислот преобладает фракция ФК2, доли фракций ФК3 и ФК1 примерно равны, а содержание ФК1а минимальное.

Целинные черноземы типичные и выщелоченные в верхней части гумусового горизонта характеризуются как гуматные с высокой степенью гумификации органического вещества. Вместе с тем, разные подтипы черноземов имеют свои индивидуальные особенности состава гумуса, связанные со спецификой почвообразования. Гуматно-фульватное соотношение ($C_{ГК}:C_{ФК}$) в слое 0–10 см у выщелоченных черноземов составляет 2,03, а у типичных оно расширяется до 2,42, вниз по профилю указанное соотношение сужается и в слое 40–50 см соответственно составляет 1,76 и 1,93 в результате чего качество гумуса приобретает черты фульватно-гуматного типа (табл. 2).

Анализ соотношения фракций в составе гумуса показал, что в целом фракция ФК1 явно преобладает над фракцией ГК1, так их соотношение в черноземах выщелоченных и типичных колеблется в пределах соответственно 0,48–1,02 и 0,43–0,78. Поэтому 1 фракция в составе гумуса является не типичной или не характерной, так как ее содержание в профиле исследуемых почв очень мало.

В отличие от 1 фракции для ГК2 в составе гумуса резко преобладает над фракцией ФК2, где соотношение $C_{ГК2}:C_{ФК2}$ составляет у выщелоченных и типичных черноземов соответственно 2,89–4,13 и 2,60–3,67. В связи с этим фракция ГК2 является характерной и наиболее типичной в составе гумуса черноземов лесостепи. Фракция ГК3 также отличалась явным преобладанием над ФК3 по всему профилю почвы. Соотношение $C_{ГК3}:C_{ФК3}$ изменялось в пределах 1,37–2,00 и 1,65–2,65 в выщелоченных и типичных черноземах.

**Соотношение групп и фракций гумусовых веществ в составе гумуса
целинных (залежных) и пахотных черноземов лесостепи ЦЧР**

Глубина, см	Целина (залежь)				Пашня			
	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$	$\frac{C_{ГК1}}{C_{ФК1}}$	$\frac{C_{ГК2}}{C_{ФК2}}$	$\frac{C_{ГК3}}{C_{ФК3}}$	$\frac{C_{ГК}}{C_{ФК}}$	$\frac{C_{ГК1}}{C_{ФК1}}$	$\frac{C_{ГК2}}{C_{ФК2}}$	$\frac{C_{ГК3}}{C_{ФК3}}$
Черноземы выщелоченные								
0–10	2,03	1,02	4,13	2,00	2,31	0,74	5,53	2,09
20–30	1,86	0,48	3,64	1,98	2,12	0,36	4,51	2,26
40–50	1,76	0,87	2,89	1,37	1,86	0,73	3,18	1,43
Черноземы типичные								
0–10	2,42	0,78	3,67	2,60	2,54	0,68	3,93	2,90
20–30	2,10	0,53	2,71	2,42	2,30	0,46	3,04	2,62
40–50	1,93	0,43	2,60	1,65	2,13	0,24	3,01	1,73

Фракционно-групповой состав разных подтипов черноземов имеет свои особенности. Наиболее общей характерной чертой является преобладание в составе гумуса гуматов кальция. Так у выщелоченных подтипов чернозема количество ГК2 в слое 0–10 и 20–30 см составляет соответственно 25,6 и 32,1%. В составе гумуса типичных черноземов доля фракции ГК увеличивается на 4,5 и 3,50% от $C_{\text{общ.}}$ в слоях 0–10 и 40–50 см соответственно (табл. 3).

Черноземы выщелоченные в верхней части гумусового горизонта содержат 5,8% фракции ГК1. В черноземах типичных подвижность гумуса снижается по сравнению с выщелоченными. Здесь доля свободных и связанных бурых гуминовых кислот в верхнем слое гумусового горизонта уменьшается на 2,6% от $C_{\text{общ.}}$, в нижележащих слоях эта тенденция сохраняется, но различия не существенны. Содержание гуминовых кислот связанных с глинисто-минеральным комплексом увеличивается в черноземах типичных в слое 0–10 и 20–30 см соответственно на 1,9% и 1,3% от $C_{\text{общ.}}$ по сравнению с черноземами выщелоченными.

Содержание агрессивной фракции ФК1а в выщелоченных черноземах в верхнем и нижнем исследуемых слоях составляет соответственно 3,5% и 4,2%, что соответственно больше на 1,7% и на 2,2% от $C_{\text{общ.}}$ по сравнению с типичными черноземами. Количество и характер распределения в профиле фракции ФК3 в исследуемых подтипах черноземов практически не различается. В составе группы фульвокислот черноземов преобладает фракция ФК2, причем в большей степени в типичных черноземах. Содержание ФК2 в типичных черноземах по сравнению с выщело-

**Фракционно-групповой состав гумуса
(над чертой % от $C_{\text{общ}}$, под чертой – т/га) целинных (залежных)
и пахотных черноземов лесостепи ЦЧР**

Почва	Глубина, см	Гуминовые кислоты				Фульвокислоты					Н.О.
		ГК1	ГК2	ГК3	сумма	ФК1а	ФК1	ФК2	ФК3	сумма	
Целина (залежь)											
Ч ^В	0–10	5,8	25,6	9,0	40,4	3,5	5,7	6,2	4,5	19,9	39,7
	20–30	2,4	27,3	10,1	39,8	3,8	5,0	7,5	5,1	21,4	38,8
	40–50	2,0	32,1	11,4	45,5	4,2	2,3	11,1	8,3	25,9	28,6
Ч ^Г	0–10	3,2	30,1	10,9	44,2	1,8	4,1	8,2	4,2	18,3	37,5
	20–30	1,6	32,3	11,6	45,5	2,0	3,0	11,9	4,8	21,7	32,8
	40–50	0,9	35,6	12,7	49,2	2,0	2,1	13,7	7,7	25,5	25,3
Пашня											
Ч ^В	0–20	4,0	29,3	9,6	42,9	3,3	5,4	5,3	4,6	18,6	38,5
	20–40	1,8	30,7	11,3	43,8	3,9	5,0	6,8	5,0	20,7	35,5
	40–60	1,6	32,8	12,0	46,4	4,1	2,2	10,3	8,4	25,0	28,6
Ч ^Г	0–20	2,7	31,4	11,9	46,0	2,0	4,0	8,0	4,1	18,1	35,9
	20–40	1,2	34,3	12,3	47,8	2,2	2,6	11,3	4,7	20,8	31,4
	40–60	0,4	38,8	13,0	52,2	2,4	1,7	12,9	7,5	24,5	23,3

ченными в слое 0–20 см выше на 2,0% от $C_{\text{общ}}$ или 3,1 т/га, а в слое почвы 40–60 см – на 2,6% от $C_{\text{общ}}$ или 2,8 т/га.

Содержание негидролизуемого остатка в составе гумуса исследуемых почв возрастает от типичных к выщелоченным черноземам.

Распашка и длительное использование черноземов в сельскохозяйственном производстве способствует увеличению в составе гумуса гуминовых кислот при одновременной убыли фульвокислот. При этом происходит расширение гуматно-фульватного соотношения и рост степени гумификации органического вещества. Так у пахотных черноземов выщелоченных соотношение $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ в верхнем 0–10 см слое почвы расширяется с 2,03 до 2,31, а в слое 40–50 см с 1,76 до 1,86 то есть тип гумуса в этом слое приближается гуматному. В типичных черноземах гумус более гуматный, так гуматно-фульватное соотношение в верхней части гумусовой толщи расширяется не так значительно как в выщелоченных аналогах с 2,42 до 2,54, а в слое 40–50 см с 1,93 до 2,13 (табл. 2).

При длительном использовании черноземов происходит заметное увеличение в составе гумуса гуминовых кислот, снижение фульвокислот и негидролизуемого остатка выраженных в % от $C_{\text{общ}}$.

Установлено, что при распашке целинных черноземов выщелоченных сумма ГК практически не изменяется, а перестройки происходят в основном за счет фракций внутри группы, у черноземов типичных наблюдается тенденция в сторону снижения суммы гуминовых кислот. В обоих подтипах происходит заметное снижение группы фульвокислот и негидролизуемого остатка при распашке.

Длительное использование черноземов способствует снижению подвижности гумуса за счет уменьшения содержания свободных бурых гуминовых кислот. Так в выщелоченных черноземах в слоях 0–10 и 40–50 см происходит снижение доли фракции ГК1 соответственно на 3,3% и 0,4% от $C_{\text{общ}}$. В типичных черноземах данная тенденция сохраняется но в более ослабленной форме.

Фракция ГК2 в пахотных черноземах преобладает и имеет тяготение к росту по отношению к целинным аналогам. В выщелоченных черноземах содержание фракции ГК2 в слоях 0–10 и 40–50 см соответственно составляет 29,3 и 32,8%, что больше по отношению к целинным черноземам соответственно на 3,7 и 0,7%. В типичных черноземах указанная закономерность сохраняется но в меньшей степени, здесь увеличение доли ГК2 в составе гумуса в слое 0–10 см составляет 1,3%, а в слое 40–50 см – на 3,2% от $C_{\text{общ}}$.

Содержание фракции ГК3 в результате распашки изменяется слабо.

В группе фульвокислот намечается тенденция в сторону уменьшения всех фракций при длительной распашке черноземов.

Заключение. Анализ гумусовых профилей показал, что исследуемые почвы имеют различия в распределении гумуса. На фоне равномерно-аккумулятивного типа накопления гумуса у выщелоченных черноземов наблюдаются признаки регрессивно-аккумулятивного типа, гумусовый профиль имеет тенденцию к элювиально-иллювиальной дифференциации. Типичные черноземы более гумусированны и отличается большей равномерностью и растянутостью гумусового профиля. Распашка черноземов способствует развитию процессов дегумификации. В выщелоченных подтипах дегумификация протекает в основном в верхнем полуметре, постепенно затухая с глубиной, типичные черноземы имеют большие потери гумуса, которые максимальны в верхней части гумусового профиля и снижаются с глубиной. В целом в метровой толще при распашке теряется 20 и 66 т/га гумуса соответственно в выщелоченных и типичных черноземах.

Целинные черноземы имеют свои подтиповые особенности качественного состава гумуса. Гумус типичных черноземов более зрелый, он имеет высокую степень гумификации органического вещества и характеризуется гуматным типом. У выщелоченных подтипов гумус приобретает признаки фульватно-гуматного типа за счет роста содержания группы фульвокислот в составе гумуса, в результате степень гумификации органического вещества снижается примерно на 8%. Подвижность гумуса типичных черноземов снижается по сравнению с выщелоченными аналогами, что связано с особенностями водного режима и превращения растительных остатков в почве. В целом изменения фракционного состава от целинных выщелоченных черноземов к типичным в исследуемой толще (0–50 см) протекают по пути увеличения в составе гумуса фракций ГК2, ГК3, ФК2 и ФК3 и уменьшения фракций ГК1, ФК1a и ФК1. При трансформации целинных черноземов в пахотные происходит изменение фракционно-группового состава гумуса, хотя эти изменения не значительны на генетическом уровне и не выходят за рамки черноземного типа почвообразования. Длительная распашка черноземов приводит к трансформации состава гумуса идущей по пути перераспределения групп и фракций в составе гумуса, в результате чего расширяется гуматно-фульватное соотношение, растет степень гумификации органического вещества. При распашке черноземов наблюдается тенденция к росту сложных гуминовых кислот, образующихся за счет более молодых подвижных форм гумусовых веществ. Состав гумуса черноземов типичных по сравнению с выщелоченными подтипами изменяется с меньшей интенсивностью, вероятно, это связано с большей устойчивостью к антропогенным нагрузкам в виду того, что типичные черноземы среди остальных подтипов находятся в наибольшем равновесии и балансе с факторами почвообразования. Изменения в составе гумуса пахотных черноземов при длительной распашке не выходят за рамки зонального типа почвообразования, а лишь обуславливают некоторые особенности состава гумуса в том или ином проявлении.

Список литературы

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М., 1970. – 487 с.
2. *Громовик А.И.* Гумусовое состояние черноземов и процессы его трансформации при длительном применении удобрений / А.И. Громовик. – Саарбрюккен : изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2010. – 160 с.
3. *Дедов А.В.* Воспроизводство органического вещества в земледелии ЦЧР (вопросы теории и практики) : автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук / А.В. Дедов. – Воронеж, 2000. – 37 с.
4. *Докучаев В.В.* Русский чернозем / В.В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1948. – 480 с.

5. *Лебедева И.И.* Генетический профиль черноземов и его изменение в зависимости от биоклиматических условий / И.И. Лебедева // Черноземы СССР. – М. : Колос, 1974. – Т. 1. – С. 84–109.
6. *Надежкин С.М.* Органическое вещество почв лесостепи Приволжской возвышенности и пути его регулирования / С.М. Надежкин. – Москва–Пенза, 1999. – 240 с.
7. *Орлов Д.С.* Практикум по химии гумуса / Д.С. Орлов, Л.А. Гришина. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 272 с.
8. *Пономарева В.В.* Гумус и почвообразование / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л., 1980. – 222 с.
9. *Русанов А.М.* Гумусообразование и гумус лесостепных и степных черноземов Южного Предуралья / А.М. Русанов, Л.В. Анилова // Почвоведение. – 2009. – № 10. – С. 1184–1191.
10. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской Равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.

УДК 631.41

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПОЧВ ПО ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ, ОЦЕНИВАЕМЫМ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Савич Виталий Игоревич

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: savich.mail@gmail.com*

Гукалов Виктор Владимирович

*кандидат сельскохозяйственных наук,
директор ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского р-на.,
Краснодарского края
E-mail: chempion1985@yandex.ru*

Лось Кристина Сергеевна

*аспирант РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: losik23@mail.ru*

Аннотация. В проведенных исследованиях предлагается оценка интенсивности протекания почвообразовательных процессов по морфологическим признакам, оцениваемым количественно методами компьютерной диагностики. Предлагается оценка в полевых условиях цветовой гаммы почв в цветовых системах Lab, RGB, СМУК, закономерностей ее изменения во времени, оценка размера и форм пор, структурных отдельностей, предлагается оценка перехода горизонтов с использованием изменения цвета в пространстве по вертикали и горизонтали с использованием уравнений множественной регрессии. Изменение химического состава

микронзон во времени и в пространстве подтверждается методами химической автографии на основе электролиза и ионитовых мембран.

Ключевые слова: морфология почв, микроморфология, цветовая гамма почв, почвообразовательные процессы.

**ASSESSMENT INTENSE OCCURRENCE OF SOIL-FORMING
PROCESS AND SOIL CLASSIFICATION ACCESSORIES
BY THEIR MORPHOLOGICAL TRAITS,
ASSESSED BY COMPUTER DIAGNOSIS**

Savich V. I.

doctor of agricultural sciences, professor,

RSAU-MTAA, Moscow

E-mail: savich.mail@gmail.com

Gukalov V. V.

candidate of agricultural sciences,

director JSC «Zavety Ilicha», Leningrad area, Krasnodar region

E-mail: chempion1985@yandex.ru

Los K. S.

postgraduate RSAU-MTAA, Moscow

E-mail: losik23@mail.ru

Abstract. In conducted research proposed to estimate the intensity of soil-forming processes by morphological characters, quantitatively evaluated using computer diagnostics methods. Proposed assessment in field conditions soil color spectrum in color system Lab, RGB, CMYK, regularities of its change in time, estimate pore and structural units size and shape, proposed assessment of the transition of soil horizons using a color change in the vertical and horizontal using multiple regression equations. Change the chemical composition of micro-zones in time and area confirmed by methods of chemical autography, which is based on electrolysis and ion-transfer membranes.

Keywords: soil morphology, micromorphology, soil color spectrum, soil-forming processes.

Введение. Морфологические признаки почв отражают интенсивность протекающих в почвах процессов и режимов. Однако, в настоящее время они не имеет точной количественной оценки, взаимосвязи между ними не описываются определенными математическими уравнениями. Это уменьшает точность оценки плодородия и деградации почв по их морфологическим свойствам, снижает объективность отнесения почв к определенным типам и таксономическим единицам более низкого иерархического уровня [1, 3, 5].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования выбраны обыкновенные карбонатные малогумусные мощные тяжелосуглинистые черноземы Краснодарского края [2, 8], черноземно – луговые почвы Тамбовской области [1] и, для сравнения, дерново – подзолистые почвы Московской области [1].

Методика исследования состояла в оценке отражательной способности почв в цветовых системах Lab, RGB, CMYK в лабораторных и в полевых условиях, в компьютерной оценке доли цветовых пятен в профиле [1], в оценке размера и форм структурных отдельностей, пор [8], в математическом описании смены горизонтов вниз по профилю.

В мезо- и микрозонах почвенного профиля определены свойства почв, в т. ч. с использованием метода химической автографии [4].

Результаты и обсуждение. Оценка цветовой гаммы почв методами компьютерной диагностики позволяет идентифицировать степень гумусированности почв, развитие оглеения, эрозии. Это иллюстрируется данными табл. 1.

Таблица 1

Цветовая гамма лугово – черноземных почв разной степени увлажнения в системе CIE – Lab

Рельеф	Степень увлажнения	Глубина, см	Цветовая гамма		
			L	a	b
ровная поверхность	низкая	0–10	22,8 ± 1,0	2,5 ± 0,1	5,3 ± 0,4
	средняя	30–40	22,3 ± 0,8	2,4 ± 0,1	4,8 ± 0,2
микрозападина	высокая	0–10	23,0 ± 0,6	3,3 ± 0,1	7,0 ± 0,3
	средняя	30–40	22,9 ± 1,1	2,9 ± 0,1	5,4 ± 0,2

Определив отражательную способность разных горизонтов почв, можно рассчитать степень смывости для исследуемой почвы. Цветовая гамма почв коррелировала с содержанием в микрозонах гумуса, влажностью, с содержанием окисных и закисных форм железа.

Для количественной оценки протекающих в почвах процессов нами предлагается построение графиков изменения цветов почв и соотношения цветов вниз по профилю, математическое описание этого распределения. Проведенные исследования показали информативность оценки изменения цвета почв во времени.

Количественная оценка перехода одного горизонта в другой также характеризует протекающие почвообразовательные процессы. В работе показана целесообразность такой оценки с использованием уравнений множественной регрессии. Это подтверждается и данными химической автографии на основе электролиза и ионитовых мембран.

Количественная оценка размера и формы пор и структурных отдельностей также хорошо характеризует интенсивность почвообразовательных процессов. Цвет граней коррелирует с химическим составом верхних, нижних, боковых граней и их слоев, что отражает развитие процессов оглеения, оподзаливания, эрозии, окультуривания. При этом характер структурных отдельностей отражает интенсивность протекающих почвообразовательных процессов, но и форма отдельностей (морфогенетические поля) влияет на протекающие в почвах процессы [8].

Наличие пор, трещин, разной формы перехода одного горизонта в другой определяют геохимические барьеры отдельных горизонтов и градиент в профиле различных геофизических полей [6].

Локальность морфологических признаков почв и их химических свойств во времени и в пространстве является следствием, по О.И. Худякову, локальности интенсивности протекающих почвообразовательных процессов во времени и в пространстве [9].

В результате проведенных исследований нами предлагается алгоритм использования компьютерной характеристики морфологических признаков почв для оценки классификационной принадлежности, плодородия и деградации почв.

Выводы.

1. Показана целесообразность количественной оценки цветовой гаммы почв методом компьютерной диагностики в цветовых системах Lab, RGB, CMYK для уточнения генезиса и плодородия почв.

2. Показана возможность уточнения генезиса и плодородия почв с учетом количественной оценки методами компьютерной диагностики размера и форм пор, структурных отдельностей, форм и протяженности перехода горизонтов вниз по профилю.

Список литературы

1. *Байбеков Р.Ф.* Оценка цвета почв в полевых условиях с использованием прибора Gretag Macbeth Eye One Photo / Р.Ф. Байбеков, В.И. Савич, Д.Н. Егоров // Известия ТСХА. – 2007. – № 4. – С.23–28
2. *Гукалов В.Н.* Информационно-энергетическая оценка состояния тяжелых металлов в компонентах агроландшафта / В.Н. Гукалов, В.И. Савич, И.С. Белюченко. – М. : РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, ВНИИА, 2015. – 400 с.
3. *Орлов Д.С.* Спектральная отражательная способность почв и их компонентов / Д.С. Орлов, Н.И. Суханова, М.С. Розанова. – М. : МГУ, 2001. – 174 с.
4. *Савич В.И.* Химическая автография системы почва – растение / В.И. Савич, В.Г. Сычев, Е.В. Трубицина. – М. : ЦИНАО, 2001. – 274 с.
5. *Савич В.И.* Агрономическая оценка отражательной способности системы почва – растение методом компьютерной диагностики / В.И. Савич, Р.Ф. Байбеков, Д.Н. Егоров. – М. : РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2006. – 216 с.
6. *Савич В.И.* Агроэкологическая оценка геофизических полей / В.И. Савич, М.А. Мазилов, В.А. Седых. – М.: РГАУ – МСХА, ВНИИА, 2016. – 492 с.

7. Савич В.И. Морфогенетические поля, как фактор почвообразования и плодородия почв / В.И. Савич, С.Л. Белоухов, В.Н. Гукалов // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2014. – Т. 17.– С. 22.

8. Савич В.И. Агроэкологические аспекты при выделении гуматов из биомассы растений и органических удобрений. Оценка состояния системы почва – растение по их морфологическим признакам / В.И. Савич, С.Л. Белоухов, В.В. Гукалов, К.С. Дубонос // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2016. – Т. 19.– № 13.– С.170–174.

9. Савич В.И. Свойства, процессы, режимы мерзлотно-таежных почв / В.И. Савич [и др.]. – М. : РГАУ – МСХА, ВНИИА, 2016. – 312 с.

УДК 631.445.9: 631.417(477.75)

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ СКЕЛЕТНЫХ В САДАХ КРЫМА

Опанасенко Николай Евдокимович

доктор сельскохозяйственных наук,

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,

г. Ялта, Республика Крым

E-mail: anna_yevtushenko@mail.ru

Аннотация. Детально изучен состав и свойства черноземов южных карбонатных плантажированных различной степени скелетности и развитости почвенного профиля. Установлены объективные агрономически значимые показатели их плодородия: скелетность, глубина залегания плит известняков и конгломератов, запасы мелкозема, гумуса, N, P, K и влаги.

Ключевые слова: южный чернозем, плантаж, скелет, горные породы, запасы, мелкозем, гумус, азот, фосфор, калий.

THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOUTHERN SKELETAL CHERNOZEMS IN THE GARDENS OF CRIMEA

Opanasenko N. Y.

doctor of agricultural sciences,

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center RAS,

Yalta, Republic of Crimea

E-mail: anna_yevtushenko@mail.ru

Abstract. Composition and properties of the southern carbonate deeply ploughed chernozem of various skeleton degrees and maturity of the soil profile were studied. Objective agronomically significant indexes of fertility: skeletons, the depth of hard limestone and conglomerates, the reserves of humus, N, P, K and moisture were found.

Keywords: southern chernozem, deeply ploughed, skeleton, mountain rocks, reserves, fine earth, humus, nitrogen, phosphorus, potassium.

Введение. Южные скелетные чернозёмы широко распространены на Тарханкутской возвышенности, в Индольской впадине и на Керченском

полуострове в пределах южной степи Крыма с благоприятными для плодовых культур климатическими условиями.

В литературе о таких почвах нет сколько-нибудь полной сводки и в трудах учёных [3–7, 11, 12] приводятся лишь единичные сведения о содержании (в %) гумуса, валовых форм N, P, K, влаги. Степень скелетности почв, в том числе и плантажированных, запасы мелкозёма, гумуса, основных элементов питания (в т/га), влаги (мм) не определялись, хотя важность установления их запасов для оценки плодородия и пригодности чернозёмов под сады декларировалась.

Возникла необходимость в более детальной и методически верной агрономической характеристике различных по скелетности и мощности профилю южных чернозёмов Крыма, что и входило в задачу исследований.

Объекты и методы исследований. Изучали чернозёмы южные карбонатные плантажированные слабо-, средне- и сильноскелетные на элювиальных, элювиально-делювиальных, аллювиально-пролювиальных отложениях, подстилаемые плитами известняков и конгломератами. В садах заложено 109 разрезов. Образцы почв отбирали и анализировали по 10-сантиметровым слоям, а результаты усреднялись для полуметровых слоёв. Запасы (т/га) гумуса, N, P, K рассчитывали с учетом запасов мелкозема.

При исследованиях использованы стандартизированные методики [1, 2]. Скелетность в процентах от объёма почвы с нарушенным сложением и объёмную массу мелкозёма определяли способом вырубki монолита [8]. По содержанию скелета и глубине залегания известняков, конгломератов почвы на видовом уровне классифицированы по [9, 10].

Результаты и обсуждение. В плантажном слое смешивались все гумусовые горизонты и, зачастую, в него вовлекалась почвообразующая порода. Скелетность колебалась от 4 до 86% и всегда была больше в почвообразующих породах, подстилаемых плитами известняков или конгломератами на глубине 40–170 см. Чем ближе к поверхности залегали плиты известняков, тем больше скелетность почв и почвообразующих пород, и наоборот. Теснее корреляция горных пород со скелетом в горизонтах почвообразующих пород ($r = -0,49$, $n = 123$), в плантажном слое она ослабевала.

Априорное суждение об адекватном скелетности уменьшении мелкозёма далеко от истины. Оно справедливо, когда речь идёт об объёмах скелета и мелкозёма. При установлении мелкозёма в весовых единицах, а только такое его выражение позволяет определить запасы гумуса, N, P, K, влаги, разная плотность мелкозёма вносит существенные коррективы в истинное соотношение скелета и мелкозёма.

Установлено однонаправленное влияние на запасы мелкозёма скелета, глубины залегания плит известняков (рис. 1). Запасы мелкозёма, в

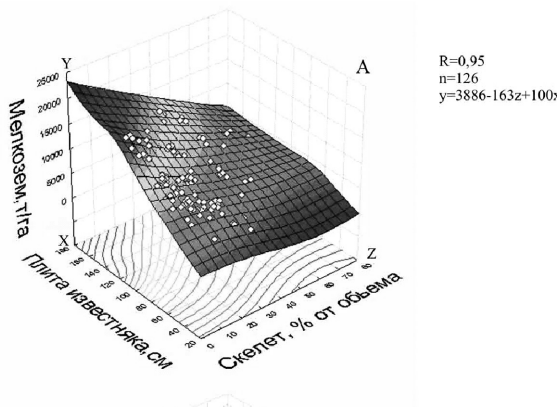


Рис. 1. Зависимость запасов мелкозема (y) от глубины залегания плотных подстилающих пород (x) и содержания скелета (z) в чернозёмах южных на элювии-делювии известняков

свою очередь, количественно отражают степень скелетности и развитости профиля почвогрунтов, плотность сложения мелкозе́ма и являются интегральным показателем физической выветрелости почв.

Гранулометрический состав мелкозе́ма скелетных почв средне- и тяжелосуглинистый, легко- и среднеглинистый крупнопылевато-иловатый; он унаследован от почвообразующих пород и не зависел от скелетности почв и пород.

Чернозёмы южные скелетные характеризовались агрономически благоприятной для корней деревьев микроструктурой с преобладанием в составе микроагрегатов фракции $>0,01$ мм (80–96%) и удовлетворительной её прочностью (фактор дисперсности 14) с небольшим содержанием ила (2–7%) и агрегатов $<0,01$ мм (4–20%). Агрегаты 10–0.25 мм составляли 75–82%.

Мелкозе́м был рыхлым и уплотнённым. Сквашность составляла 50–45%, воздухоёмкость при НВ $>18\%$, НВ по профилю колебалась в пределах 30–23%. Полевая влажность мелкозе́ма (в %) не коррелировала с запасами мелкозе́ма, а запасы влаги (в мм) коррелировали ($r = 0,89$, $n = 143$).

В плантажном слое содержалось 13–48%, в элювиях – 38–75% CaCO_3 . Чернозёмы южные скелетные легкорастворимыми солями не засолены, сода не обнаружена, хлоридов мало – 0,003–0,01%.

Процентное содержание гумуса, валовых форм N, P, K не даёт объективной оценки плодородия скелетных почв. Так, чернозёмы южные различной степени скелетности по процентному содержанию гумуса, N, P, K мало различались (табл. 1), тогда как расчёт их запасов (т/га) показал существенное их уменьшение по мере увеличения скелетности или снижения запасов мелкозёма.

Между запасами мелкозёма и гумуса установлена достоверная логарифмическая зависимость ($r = 0,76$, $n = 109$). Запасы N, P, K также зависели от запасов мелкозёма ($r = 0,76$, $n = 109$). Запасы гумуса в метровом слое чернозёмов южных различной скелетности колебались в пределах 125–167, азота 6,9–10,3, фосфора 6,5–9,3, калия 53–94 т/га.

Таким образом, запасы гумуса и N, P, K в мелкозёме объективно отражают плодородие различных по степени скелетности южных чернозёмов. С другой стороны, запасы гумуса достоверно коррелируют с валовыми запасами азота, фосфора и калия. Подтверждением интегрального характера запасов мелкозёма и гумуса служит их достоверная множественная корреляция с запасами азота и фосфора (рис. 2).

Таблица 1

Содержание (над чертой) и запасы (под чертой) гумуса и валовых форм N, P, K в чернозёмах южных карбонатных скелетных плантажированных степного Крыма

Слой, см	Запасы мелкозёма, т/га	Гумус (над чертой – %, под чертой – т/га)	Валовые формы (над чертой – %, под чертой – т/га)		
			Азот	фосфор	калий
Почвенный вид: слабоскелетный мощный					
0–50 n = 12 ¹⁾	5215	<u>2.50±0.51; 20²⁾</u> 130±9; 7	<u>0.14±0.04; 29</u> 7.3±0.16; 2	<u>0.12±0.01; 8</u> 6.3±0.48; 8	<u>1.04±0.02; 19</u> 54.2±4.0; 7
50–100 n = 12	4279	<u>0.86±0.08; 9</u> 37±3; 8	<u>0.07±0.005; 7</u> 3.0±0.26; 9	<u>0.07±0.002; 3</u> 3.0±0.27; 9	<u>0.92±0.14; 15</u> 39.4±3.4; 9
Почвенный вид: среднескелетный мощный					
0–50 n = 33	4922	<u>2.60±0.42; 16</u> 128±24; 19	<u>0.14±0.02; 14</u> 6.9±1.5; 22	<u>0.12±0.01; 8</u> 5.9±0.7; 12	<u>0.89±0.12; 13</u> 43.8±9.7; 21
50–100 n = 12	3185	<u>0.79±0.07; 9</u> 25±3.6; 14	<u>0.06±0.006; 10</u> 1.9±0.26; 14	<u>0.06±0.001; 1</u> 1.9±0.27; 9	<u>0.81±0.07; 9</u> 25.8±3.7; 14
Почвенный вид: сильноскелетный мощный					
0–50 n = 42	3953	<u>2.67±0.24; 9</u> 106±12; 11	<u>0.14±0.01; 7</u> 5.5±0.4; 7	<u>0.13±0.01; 8</u> 5.1±0.6; 12	<u>0.81±0.07; 9</u> 32.0±3.7; 11
50–100 n = 9	2773	<u>0.66±0.06; 9</u> 18±4.6; 26	<u>0.05±0.02; 40</u> 1.4±0.34; 24	<u>0.05±0.01; 20</u> 1.4±0.32; 23	<u>0.78±0.09; 12</u> 21.6±5.4; 25

¹⁾ n – число определений; ²⁾ $\bar{x} \pm \sigma$; V, где \bar{x} – среднее арифметическое, σ – квадратическое отклонение, V – коэффициент вариации.

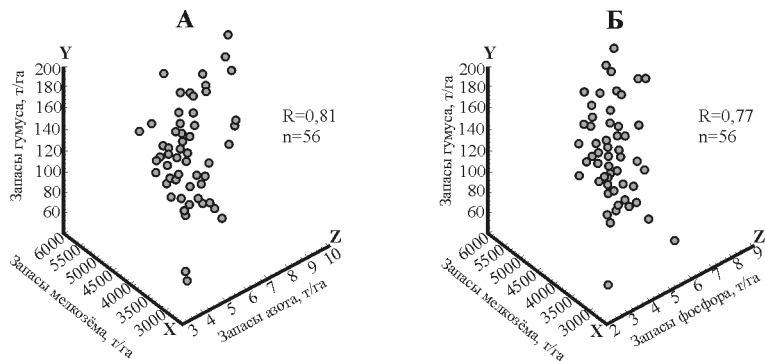


Рис. 2. Зависимость запасов валовых форм азота (А, z) и фосфора (Б, z) от запасов мелкозема (x) и гумуса (y) в плантажном слое чернозёмов южных разной степени скелетности

Заключение. Установлено, что мощность рыхлого профиля, количество в нем скелета, запасы мелкозема зависят от глубины залегания плит известняков и конгломератов – цементированных галечников. Запасы мелкозема статистически достоверно отражают степень скелетности и развитости профиля почвогрунтов, плотность сложения мелкозема, обеспеченность гумусом, N, P, K, влагой и являются интегральным показателем физической выветрелости, состава и плодородия южных черноземов.

Объективными агрономически значимыми показателями плодородия южных скелетных плантажированных черноземов является скелетность, глубина залегания плотных горных пород, запасы мелкозема, гумуса, валового азота, фосфора, калия и влаги.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – 656 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд., перераб. и доп. / Е.В. Аринушкина. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 488 с.
3. Гусев П.Г. Особенности состава гумуса почв степного и предгорного Крыма / П.Г. Гусев // Научные докл. Высшей школы: биол. науки. – 1965. – № 3. – С. 194–197.
4. Дзенс-Литовская Н.Н. Почвы и растительность степного Крыма / Н.Н. Дзенс-Литовская. – Л. : Наука, Ленингр. отд., 1970. – 156 с.
5. Драган Н.А. Почвенные ресурсы Крыма. 2-е изд., доп. / Н.А. Драган. – Симферополь : ДОЛЯ, 2004. – 208 с.
6. Иванов В.Н. Почвы Крыма и повышение их плодородия / В.Н. Иванов. – Симферополь : Крым, 1966. – 148 с.
7. Кочкин М.А. Основы рационального использования почвенно-климатических условий в земледелии / М.А. Кочкин, В.И. Важов, В.Ф. Иванов и др. – М. : Колос, 1972. – 303 с.
8. Методические рекомендации по оценке пригодности скелетных почв под сады (на примере Крыма) / сост. Н.Е. Опанасенко. – Ялта, 1985. – 34 с.

9. Опанасенко Н.Е. К номенклатуре и классификации скелетных почв / Н.Е. Опанасенко // Сохраним планету Земля : докл. междунар. экологического форума, Санкт-Петербург, 1–5 марта 2004 г. – СПб., 2004. – С. 447–450.

10. Опанасенко Н.Е. Скелетные почвы Крыма и плодовые культуры / Н.Е. Опанасенко. – Херсон, 2014. – 336 с.

11. Половицкий И.Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И.Я. Половицкий, П.Г. Гусев. – Симферополь : Таврия, 1987. – 152 с.

12. Чернозёмы СССР (Украина). – М. : Колос, 1981. – 256 с.

УДК 631.452(571.1)

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИОБЬЯ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ*

Семендяева Нина Вячеславовна

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск
Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства
СО РАН, пос. Краснообск
E-mail: semendyeva@ngs.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследований о влиянии антропогенного фактора (длительного воздействия минеральных и органических удобрений, орошения) на свойства черноземов выщелоченных Приобья – морфологического профиля, физико-химических свойств и содержания гумуса в длительных стационарных опытах.

Ключевые слова: черноземы выщелоченные, минеральные и органические удобрения, орошение, морфологические и физико-химические свойства.

THE CHANGE IN PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM OB IN AGRICULTURAL USE

Semendyaev N. V.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk
Siberian research Institute of farming and chemicalization of agriculture,
Siberian branch of RAS, settlement Krasnoobsk
E-mail: semendyeva@ngs.ru*

Abstract. The results of studies on the impact of anthropogenic factors (prolonged exposure to mineral and organic fertilizers, irrigation) on the properties of leached Chernozem Ob – morphological profile, physico-chemical properties and humus in long-term stationary experiments.

Keywords: leached Chernozem, mineral and organic fertilizers, irrigation, morphological and physico-chemical properties.

* Работа выполнена по инициативе академика РАН Г.П. Гамзикова.

Многочисленные исследования показали, что сельскохозяйственное использование почв (антропогенный фактор) приводит к существенным изменениям их состава и свойств, отражаясь на главном свойстве – плодородии. Антропогенные воздействия на почву могут быть вредными, опасными и, наоборот, полезными и благоприятными. Негативным воздействиям (загрязнению, эрозии, вторичному засолению и т.д.) в настоящее время уделяется большое внимание. К ним применяются определенные меры, направленные на ограничение нежелательных последствий. Позитивным изменениям, как правило, уделяется меньше внимания, хотя многовековой опыт использования почв свидетельствует об их существовании, приводящим к повышению плодородия и окультуриванию почв.

Наиболее плодородными почвами в Западной Сибири являются черноземы, площадь которых составляет более 13 млн га. На территории Приобского плато, представляющую собой широкоувалистую, приподнятую и хорошо дренированную равнину, черноземы встречаются крупными массивами. Среди черноземов преобладает подтип выщелоченных. Их общая площадь составляет 4884,2 тыс. га или 36,6% от площади всех черноземов. Из них в пашне находится 4019,7 тыс. га или 37,5% от площади черноземов в составе пашни [1]. Поэтому многие исследования проводятся именно на черноземах выщелоченных.

Цель данных исследований – выявить влияние антропогенного фактора на изменение морфологических и физико-химических свойств чернозема выщелоченного Приобья в длительных стационарных опытах по изучению эффективности систем удобрений, в которых на высоком агрономическом уровне соблюдаются все агротехнические приемы и требования. Исследования в Алтайском Приобье в лесостепи, выполнены на Западно-Сибирской овощной станции в многолетнем стационарном опыте, заложенным в 1942 году под руководством З.И. Журбицкого в овощетравопольном севообороте при разной насыщенности минеральными и органическими удобрениями. Было проведено 11 ротаций севооборота [2]. Нами заложены разрезы на вариантах – 1. Контроль (без удобрений); 2. $N_{56} P_{81} K_{66}$ и 3. $N_{56} P_{81} K_{66} + 6$ т/га перегноя на 1 га севооборотной площади. Влажность почвы поддерживалась поливами, согласно требованиям культур до 8 раз за сезон.

В Новосибирском Приобье изучалось изменение свойств черноземов выщелоченных в ОПХ «Боровское» СибНИПТИЖа в опыте по длительному применению минеральных удобрений на орошаемом пастбище, заложенном в 1976 году. Опытный участок хорошо дренирован долиной р. Обь и многочисленными оврагами и балками. Грунтовые воды находятся на глубине 30 – 50 м от поверхности. Разрезы заложены на следую-

щих вариантах: 1. Контроль (без удобрений); 2. $P_{60}K_{60}$ (фон); 3. $P_{60}K_{60} + N_{180}$. Почвенные образцы отбирались по генетическим горизонтам до 150 см. Полив проводили дождеванием из закрытой оросительной сети 4 раза за сезон. Влажность почвы в слое 0 – 30 см поддерживали на уровне 60–70% от НВ. Травостой стравливали в течение вегетационного периода 4 раза.

Сравнивая морфологические профили черноземов выщелоченных, используемых в овощном севообороте и на пастбище установлено, что при интенсивном использовании почв в овощном севообороте с частым орошением в них визуально отсутствовал четко выраженный слой скопления карбонатов. Карбонаты обнаруживались на глубине 98 см равномерным, большим скоплением в виде псевдомицелия. В пахотном горизонте при применении минеральных удобрений появлялись единичные дождевые черви, которые создали копролитовую структуру. Количество дождевых червей визуально значительно возросло при совместном применении минеральных и органических удобрений. В контроле сформировалась пылевато-комковатая структура с преобладанием комковатости.

На многолетнем пастбище в гумусовых горизонтах чернозема выщелоченного образовалась четко выраженная комковато-зернистая структура. Пылеватость практически отсутствовала. С увеличением доз минеральных удобрений структура горизонта А улучшалась, мощность гумусового слоя возрастала с 42 до 53 см. В морфологическом профиле четко выделялся карбонатный слой палевого цвета, в котором карбонаты представлены в виде псевдомицелия и белоглазки. С увеличением доз минеральных удобрений возрастала мощность скопления карбонатов и глубина их залегания. Если в контроле скопление карбонатов находилось на глубине 80–106 см, то на варианте с максимальной дозой удобрений на глубине 80–122 см при мощности 44 см.

Антропогенное воздействие оказывает влияние на величину рН и на состав почвенного поглощающего комплекса (ППК). Исследования прежних лет, проведенных на полях овощной станции показали, что в результате применения большого количества минеральных и органических удобрений за две ротации (1988 – 1998 г.г.) величина pH_{KCl} изменилась незначительно – на контроле 6,7, при внесении минеральных удобрений – 5,8–6,3, что соответствует слабокислой реакции. Совместное применение минеральных и органических удобрений способствовало поддержанию нейтральной величины рН – 6,7–7,1 [2]. Полученные нами данные свидетельствовали, что на контроле при систематическом применении минеральных удобрений с годами происходило заметное увеличение гидrolитической кислотности и уменьшение обменной в верхних

горизонтах, а в нижних – возрастала щелочность и величина pH_{KCl} увеличилась до 7,5–7,6 [3]. На орошаемом пастбище внесение минеральных удобрений тоже снизило величину pH в пахотном горизонте чернозема. Вниз по профилю наблюдалось повышение величины pH как солевой, так и водной. По мнению Д.И. Щеглова [4] само орошение может способствовать некоторому подкислению черноземов.

В овощном севообороте в контроле емкость поглощения небольшая и в гумусовом слое изменялась незначительно – с 20 до 22,5 ммоль-экв на 100 г почвы. В материнской породе ее величина уменьшилась до 14,5–15,2 ммоль-экв на 100 г почвы. Систематическое внесение минеральных удобрений и их совместное применение с органическими практически не влияли на данный показатель. На долю поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} приходилось свыше 90% от емкости катионного обмена, что свидетельствует о высоком потенциальном плодородии изучаемых почв и о стабильности состава поглощенных оснований.

В почвах орошаемого пастбища при длительном применении одних высоких доз минеральных удобрений состав поглощенных оснований несколько изменился. На контроле сумма поглощенных оснований по профилю распределялась более-менее равномерно, емкость катионного обмена изменялась так же, как и сумма поглощенных оснований. В варианте с длительным применением удобрений в верхних горизонтах произошло некоторое уменьшение, как суммы поглощенных оснований, так и содержание обменного кальция. А.П. Аникина и др. [5] снижение содержания Ca^{2+} и Mg^{2+} в ППК связывали с длительным применением высоких доз азотных удобрений, имеющих в своем составе группу NH_4^+ , которая частично может поглощаться растениями и в большей мере подвергаться нитрификации. Взамен ее в почвенный раствор поступает ион H^+ , который вытесняет катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . При систематическом длительном применении одних минеральных удобрений степень насыщенности основаниями снизилась в пахотном горизонте по сравнению с контролем с 90,9 до 75,2%.

Влияние сельскохозяйственной деятельности существенно сказывается на содержании гумуса. В первые годы после распашки все почвы теряют до 30–40% гумуса, затем темпы минерализации снижаются и стабилизируются на более низком уровне [6]. В овощном севообороте на контроле снижение гумуса в пахотном горизонте составило 32%, а в подпахотном – 28,4% [2]. Систематическое применение минеральных удобрений не остановило снижение содержания гумуса, тогда как совместное применение минеральных и органических удобрений способствовало его увеличению на 13,3% в пахотном горизонте и на 59,3% – в подпахотном.

На орошаемом пастбище перед закладкой опыта (1976 г) содержание гумуса в горизонте А составило 4,9%, а после 29-летнего использования произошло его снижение на контроле до 3,2, а при внесении минеральных удобрений – до 3,4%.

Таким образом, при длительном сельскохозяйственном использовании черноземов выщелоченных Приобья в интенсивном земледелии в них происходят изменения морфологического профиля и физико-химических свойств. Совместное внесение минеральных и органических удобрений сглаживает эти негативные явления и способствует некоторому увеличению гумуса.

Список литературы

1. *Хмелев В.А.* Черноземы Новосибирской области, проблемы их рационального использования и охраны / В.А. Хмелев, А.А. Танасиенко // Сиб. экол. журн. – 2009. – № 2 – С. 151–164.
2. *Гладких В.И.* Агротехника овощных культур / В.И. Гладких, С.М. Сирота. – Барнаул, 2002. – 107 с.
3. *Семендяева Н.В.* Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири / Н.В. Семендяева. – Новосибирск, 2011. – 168 с.
4. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.
5. *Аникина А.П.* Изменение агрохимических свойств черноземов левобережной части Приобского плато при орошении и систематическом применении минеральных удобрений / А.П. Аникина, Т.Н. Чернобай, В.П. Малков // Агрехимия. – 1988. – № 10. – С. 114–122.
6. *Егоров В.В.* Теория и практика повышения плодородия почв / В.В. Егоров // Значение почвенных исследований в решении продовольственной программы. – Тбилиси, 1981. – С. 3–15.

УДК 631.452:631.86:631.82

ПАРАМЕТРЫ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В РОТАЦИИ ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Минакова Ольга Александровна

доктор сельскохозяйственных наук,

*Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы
и сахара имени А.Л. Мазлумова, пос. Рамонь*

E-mail: olalmin2@rambler.ru

Александрова Людмила Валерьевна

*Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы
и сахара имени А.Л. Мазлумова, пос. Рамонь*

Куницын Дмитрий Алексеевич

*Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и
сахара имени А.Л. Мазлумова, пос. Рамонь*

Аннотация. 78-летнее применение удобрений в севообороте с сахарной свеклой увеличивало содержание гумуса, $N-NO_3^-$, подвижного P_2O_5 , K_2O As, F, S, обменного Mg^{2+} и изменяло кислотность солевой вытяжки в черноземе выщелоченном в лесостепи ЦЧР.

Ключевые слова: плодородие, гумус, нитратный азот, калий, фосфор, кислотность, мышьяк, ртуть, фтор, алюминий, кальций, магний.

PARAMETERS OF BLACK EARTH FERTILITY IN THE 9TH ROTATION OF GRAIN-BEET CROP ROTATION WHEN APPLYING FERTILIZERS

Minakova O. A.

*doctor of agricultural sciences,
The A.L. A. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and Sugar, Ramon
E-mail: olalmin2@ramdler.ru*

Alexandrova L. V.

*The A.L. A. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and Sugar, Ramon*

Kunitsyn D.A.

*The A.L. A. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and Sugar, Ramon*

Abstract. 78-year application of fertilizes in crop rotation with sugar beet increased humus, $N-NO_3^-$, mobile P_2O_5 , K_2O As, F, S, and exchange Mg^{2+} content and changed salt extract acidity in leached black earth of the Central Black-Earth Region forest-steppe.

Keywords: fertility, humus, nitrate nitrogen, potassium, phosphorus, acidity, arsenic, mercury, fluorine, aluminum, calcium, magnesium.

Многочисленными исследованиями доказано изменение почвенного плодородия при систематическом применении минеральных и органических удобрений в различных почвенно-климатических зонах страны [1, 2, 3, 5], при этом важно определение характера тренда плодородия при использовании средств химизации [4]. Задачей наших исследований было определить изменение содержания основных элементов питания, серы, микроэлементов, гумуса, физико-химических свойств в черноземе выщелоченном под влиянием 78-летнего применения минеральных удобрений и навоза в зернопаропропашном севообороте (с 2 полями сахарной свеклы), расположенном в зоне лесостепи ЦЧР.

Исследования проводились в 2014–2016 гг. на черноземе выщелоченном малогумусном среднемощном тяжелосуглинистом в стационарном

опыте по внесению удобрений в 9-польном зерносвекловичном севообороте (год закладки – 1936). Анализы почвы проводились по общепринятым методикам.

Более чем 70-летнее применение удобрений способствовало повышению содержания гумуса на 0,19–0,44 % (табл. 1) относительно варианта без удобрений в слое 0–20 см и на 0,15–0,65 % в слое 20–40 см, в верхнем слое наиболее значительно влияло внесение $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$, в нижележащем – $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза и $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза. Содержание $N-NO_3^-$ возрастало на 60,6–98,6 % в слое 0–20 см и 26,8–102 % – в слое 20–40 см, в наибольшей мере при внесении $N_{190}P_{190}K_{190}$, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, подвижного P_2O_5 – на 22,6–77,4 и 18,1–74,3 % на фоне $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, обменного K_2O – на 11,1–28,7% и 18,9–35,6%, более всего на фоне $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза. рН солевой вытяжки снижалась на вариантах с внесением минеральных удобрений на фоне 25 т/га навоза до 0,18 единиц в слое 0–20 см и до 0,19 – в слое 20–40 см, а на фоне 50 т/га в пару – повышалась на 0,32 и 0,30 соответственно. Удобрения в большей мере влияли на содержание обменного Mg^{2+} , чем Ca^{2+} (увеличение Mg^{2+} на 16,7–40,0 % в слое 0–20 см, более всего – на фоне 50 т/га навоза, Ca^{2+} – тенденция к снижению

Таблица 1

Параметры плодородия чернозема выщелоченного, 2014–2015 гг.

Вариант	Гумус, %	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	рН _{сол.}	Обменные катионы		Сумма Ca ²⁺ + Mg ²⁺
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	
		мг/100 г почвы				ммоль(+)/100 г почвы		
Без удобрений	4,83	1,42	10,6	15,3	5,07	21,3	3,0	24,3
	5,00	1,38	10,5	13,2	5,12	–	–	–
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	4,70	1,71	13,0	19,7	5,04	21,3	4,0	25,3
	4,87	1,75	12,4	17,7	5,08	–	–	–
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	5,02	2,52	18,0	19,1	4,93	20,7	3,5	24,2
	5,17	2,53	16,3	17,9	4,97	–	–	–
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	5,20	2,48	18,8	14,1	4,98	21,0	3,5	23,5
	5,65	2,39	18,3	16,9	5,00	–	–	–
$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	5,27	2,28	16,2	17,0	5,16	20,5	4,2	24,7
	5,36	2,35	14,4	17,6	5,31	–	–	–
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	5,22	2,44	15,2	18,1	5,39	21,3	4,2	25,5
	5,17	2,76	14,8	15,8	5,42	–	–	–
$N_{190}P_{190}K_{190}$	5,27	2,82	15,7	17,2	4,88	21,7	3,7	25,4
	5,15	2,80	14,5	15,7	4,94	–	–	–
НСР ₀₅	0,14	0,15	1,03	1,1	0,3	–	0,25	–

до 3,75%), суммы обменных оснований – до 4,9 %, более всего – на фоне $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза.

Применение удобрений повышало содержание As на 12,5–22,6% в слое 0–20 см (табл. 2), более всего при внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$ в слое 20–40 см – снижало на 5,2–20,8 %. Отмечалась тенденция к увеличению содержания Hg в вариантах $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза и $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, в слое 20–40 см – на 32–50 % в вариантах $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$.

Содержание фтора было повышено на 8,6–20,0% (табл. 2), более всего в вариантах $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, $N_{190}P_{190}K_{190}$ в слое 0–20 см и на 13,5–16,2% в тех же вариантах, кроме $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. Содержание алюминия изменялось относительно контроля только в слое 20–40 см, снижаясь на 25–75% во всех вариантах, более всего $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$. Под влиянием удобрений содержание В повышалось на 6,5–11,6% в слое 0–20 см, более всего при внесении $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза. В слое 0–20 см отмечалось повышение содержания Мо при внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза (на 3,95–4,52 %), в слое 20–40 см – тенденция к повышению на 5,8–17,3% при внесении $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза. Содер-

Таблица 2

Содержание микроэлементов и серы в почве стационарного опыта

Вариант	Глубина, см	As	Hg	F	Al	Mo	B	S
		мг/кг почвы						
Без удобрений	0–20	3,67	0,027	0,35	0,007	0,177	1,38	2,1
	20–40	3,85	0,05	0,37	0,04	0,173	1,61	0,50
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза	0–20	3,30	0,031	0,35	0,0067	0,185	1,39	2,6
	20–40	3,90	0,066	0,37	0,02	0,173	1,64	1,77
$N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза	0–20	4,50	0,029	0,39	0,005	0,177	1,48	2,4
	20–40	3,05	0,075	0,355	0,02	0,203	1,64	1,07
$N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза	0–20	4,22	0,029	0,39	0,007	0,185	1,41	2,3
	20–40	4,15	0,05	0,42	0,02	0,172	1,64	1,12
$N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза	0–20	4,13	0,033	0,42	0,0067	0,175	1,54	2,42
	20–40	3,65	0,05	0,43	0,03	0,183	1,70	0,67
$N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза	0–20	4,13	0,024	0,36	0,012	0,184	1,53	2,6
	20–40	3,60	0,075	0,355	0,01	0,188	1,54	0,7
$N_{190}P_{190}K_{190}$	0–20	4,20	0,028	0,38	0,0067	0,171	1,47	2,8
	20–40	3,35	0,075	0,42	0,01	0,185	1,73	0,73
НСП ₀₅	0–20	0,3	0,002	0,05	–	–	0,05	0,17
	20–40	0,24	0,004	–	0,002	0,12	–	0,06

жание S в слое 0–20 см повышалась при применении всех изученных доз на 9,5–33,3 %, более всего – $N_{190}P_{190}K_{190}$, $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза, $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза, в слое 20–40 см – на 40–124 %, более всего способствовали дозы $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза.

Следовательно, длительно применяемые удобрения к 9 ротации значительно повышали содержание нитратного азота, фосфора, калия, мышьяка, фтора в черноземе выщелоченном. Внесение 50 т/га навоза в большей степени увеличивало гумусность, способствовало подщелачиванию почвенного раствора и увеличивало содержание S и Mg.

Список литературы

1. Байбеков Р.Ф. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрений / Р.Ф. Байбеков. – М. : Изд-во ЦИНАО, 2003. – 192 с.
2. Каргин И.Ф. Изменение запасов гумуса в условиях длительного использования пашни / И.Ф. Каргин, В.И. Каргин, Н.Ф. Гомонова // Российский научный мир. – 2013. – № 2. – С. 104–113.
3. Минеев В.Г. Влияние длительного применения удобрений и известкования на биологические свойства почвы / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, Е.В. Морачевская // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 1. – С. 3–9.
4. Сычев В.Г. Состояние рынка минеральных удобрений в РФ и в мире / В.Г. Сычев // Материалы докладов участников 7-й международной конференции «Анапа-2012». – М., Анапа, 2012. – С. 3–6.
5. Тютюнов С.И. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность и качество сахарной свёклы / Тютюнов С.И., Никитин В.В., Соловиченко В.Д. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 6(48). – Ч. 5. – С. 198–203.

УДК 631.82:631.45

ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСИРОВАННОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ-АЛАНИИ

Дзаногов Созырко Хасанбекович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ

E-mail: dzanagov.sozyrko@yandex.ru

Аннотация. За 1971–2014 гг. установлено незначительное снижение содержания гумуса в варианте опыта без применения удобрений: при исходном содержании в пахотном горизонте Ap 5,57% гумуса по прошествии 43 лет оно составило 5,43%, а в среднем за весь период наблюдений – 5,39%. В подпахотных горизонтах оно со временем несколько увеличивалось. При внесении одинарной дозы NPK содержание гумуса в 2014 г. уменьшилось в слое 0–30 см на 0,16, тройной дозы – на 0,48%, расчетной – на 0,26%. В варианте навоз + NPK оно возросло по сравнению с исходным на 0,28%.

Ключевые слова: гумус, плодородие, навоз, минеральные удобрения.

CHANGES OF HUMUS CONTENT IN LEACHED CHERNOZEM WHEN LONG-TERM FERTILIZERS APPLICATION IN THE REPUBLIC OF NORTH OSSETIA-ALANIA

Sozyrko K. D.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Gorsky state agrarian university, Vladikavkaz
E-mail: dzanagov.sozyrko@yandex.ru*

Abstract. The period 1971–2014 showed slight decline in humus content without fertilizers application: with head content of humus 5,57% in the plough layer Ap in 43 years it was 5,43% and on an average for the whole period of observations – 5,39%. But by and by it somewhat increased in the subsurface layer. In 2014 when applying a single dose of NPK the humus content in 0–30 cm layer decreased by 0,16%, triple dose – 0,48%, rated – 0,26%. In the variant manure+NPK it increased compared to the initial by 0,28%.

Keywords: humus, fertility, manure, mineral fertilizers.

Введение. В современном земледелии важнейшей задачей является сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почвы. Она обусловлена тем, что интенсификация земледелия сопровождается повышением урожайности сельскохозяйственных культур, при котором резко возрастает вынос питательных элементов из почвы, усиливается разложение гумуса, происходит снижение его содержания и плодородия почвы [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Гумус является важнейшим показателем плодородия почвы, источником питательных веществ для растений.

Ряд исследователей приводят данные по потерям гумуса из разных почв. Б.К. Кцоев отмечает, что скорость падения содержания гумуса в пахотном горизонте за последние 20 лет достигла 0,05% в год [4]. Он же указывает, ссылаясь на Н.Ф. Коробского, что со времени экспедиции В.В. Докучаева почвы потеряли до половины содержания гумуса в пахотном слое. И.М. Шапошников с соавт. приводят данные, согласно которым содержание гумуса в пахотном горизонте через 15 лет снизилось без применения удобрений на 0,22%, то есть на 0,015% в год [6].

Цель исследования – проследить за динамикой гумусированности почвы за 43-летний период применения разных комбинаций и доз NPK, навоза + NPK.

Объекты и методы. Исследования проводятся на черноземе выщелоченном, подстилаемом галечником на глубине 80–90 см. Содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 3,5 до 7,5%, но чаще всего составляет 4,5–6,0%, причем с глубиной равномерно убывает до 1,2–2,0%. Актуальная и обменная кислотности невелики – pH водн. = 6,2–6,4 ед.,

pH сол. = 5,8–6,0 ед., гидролитическая кислотность равна 2,1–2,8 ммоль(+)/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями 94–98%. В их составе преобладает кальций, значительно меньше магния.

В полевом опыте изучали разные дозы и комбинации NPK, три уровня полного минерального удобрения, сравнительное действие минеральных и органических удобрений (навоз). Одинарная доза NPK по каждой культуре была на уровне рекомендованной по результатам краткосрочных опытов и находилась в пределах $N_{20-70}P_{40-60}K_{40-90}$. Навоз вносили в количестве 30 т/га за ротацию 5-польного севооборота осенью под вспашку. Варианты навоз + NPK и $N_2P_2K_2$ являются эквивалентными. В расчетном варианте дозы удобрений рассчитывали балансовым методом на запланированный урожай каждой культуры севооборота. Площадь делянки 100 м², повторность 4-кратная, расположение вариантов систематическое.

До закладки опыта и после завершения каждой ротации севооборота на соответствующих делянках были заложены почвенные разрезы для отбора образцов из генетических горизонтов, в которых определяли гумус по методу Тюрина.

Результаты и обсуждение. Полученные данные (табл. 1) показывают, что на всех вариантах содержание гумуса изменялось во времени по-разному.

Установлено, что без применения удобрений содержание гумуса в пахотном горизонте до 2003 г. постепенно снижалось, а в последующие 10 лет несколько повысилось, хотя в среднем уменьшилось на 0,18% по сравнению с исходным, что составляет 3,2%. В горизонте А слой 30–40 см в начале наблюдений гумуса содержалось меньше, чем в пахотном на 1,29%, однако в дальнейшем его количество увеличивалось, по видимому, за счет миграции растворимого гумуса из пахотного в подпахотный горизонт, и к концу наблюдений оно увеличилось по сравнению с исходным на 0,41%. В горизонтах В1 и В2 тоже наблюдалась тенденция увеличения количества гумуса, особенно отчетливо выраженная в горизонте В1. Очевидно, высокая фильтрующая способность почвы при близком залегании галечника и выпадение довольно значительного количества атмосферных осадков способствовали вымыванию легкорастворимых гумусовых веществ из пахотного горизонта в нижележащие.

В целом можно сказать, что за наблюдаемый период содержание гумуса в слое почвы 0–40 см мало изменилось. Это можно объяснить лишь тем, что урожайность культур на контроле была относительно невысокой, и гумификация пожнивных и корневых остатков растений в какой-то мере компенсировала потери гумуса за счет его разложения.

По одинарной дозе NPK в слое 0–30 см гумусированность изменялась параллельно неудобренному контролю, а в слое 30–40 см наблюда-

Таблица 1

**Изменение содержания гумуса в черноземе выщелоченном
при длительном применении удобрений в полевом севообороте, %**

Вариант	Горизонт, см	1971 г.	1976 г.	1987 г.	2003 г.	2014 г.	Среднее
Контроль	Ap 0–30	5,57	5,44	5,30	5,25	5,42	5,39
	A 30–40	4,28	4,30	5,00	4,89	4,98	4,69
	B1 40–59	1,72	1,73	3,59	3,48	3,11	2,73
	B2 60–80	1,50	1,50	1,88	1,72	1,68	1,66
N ₁ P ₁ K ₁	Ap 0–30	5,57	5,41	5,30	5,20	5,41	5,38
	A 30–40	4,28	4,37	4,41	4,36	5,09	4,50
	B1 40–59	1,72	1,34	2,50	2,18	1,92	1,93
	B2 60–80	1,50	1,58	1,88	1,61	1,54	1,62
N ₂ P ₂ K ₂	Ap 0–30	5,57	5,33	5,38	5,15	5,52	5,42
	A 30–40	4,28	4,26	5,00	4,38	4,87	4,56
	B1 40–59	1,72	1,60	3,41	2,78	2,38	2,38
	B2 60–80	1,50	1,42	2,40	2,04	2,12	1,90
N ₃ P ₃ K ₃	Ap 0–30	5,57	5,48	5,32	5,18	5,09	5,33
	A 30–40	4,28	4,06	3,88	3,46	3,22	3,78
	B1 40–59	1,72	1,68	1,74	1,70	1,66	1,70
	B2 60–80	1,50	1,46	1,49	1,43	1,42	1,46
Расчетный	Ap 0–30	5,57	5,45	5,35	5,28	5,31	5,39
	A 30–40	4,28	4,38	4,88	3,22	3,36	4,02
	B1 40–59	1,72	1,73	1,67	1,82	1,80	1,75
	B2 60–80	1,50	1,54	1,98	1,88	1,72	1,72
Навоз + NPK	Ap 0–30	5,57	5,40	5,50	5,74	5,85	5,61
	A 30–40	4,28	4,31	5,05	5,26	5,20	4,82
	B1 40–59	1,72	1,71	2,67	1,98	1,82	1,98
	B2 60–80	1,50	1,42	1,72	1,64	1,68	1,59

лась тенденция уменьшения, которая характерна и нижележащим слоям. По двойной дозе NPK отмечено незначительное увеличение гумусированности в слое 0–30 см и более заметное уменьшение в слое 30–40 см по сравнению с контролем. По тройной дозе N₃P₃K₃ в слое 0–30 см количество гумуса плавно уменьшалось за 43 года почти на 0,5%. То же самое произошло в слое 30–40 см – снижение составило 1,06%. На расчетном варианте в слое 0–30 см содержание гумуса за 16 лет снизилось на 0,22%, затем стабилизировалось на уровне 5,30%, то есть по сравнению с исходным уменьшилось на 0,26%. Следовательно, при внесении средних доз минеральных удобрений потери гумуса из слоя 0–40 см сравнительно невелики, а при внесении повышенных и высоких доз они значительно увеличиваются. Очевидно, растения при хорошей влагообеспеченности фор-

мируют более высокую урожайность благодаря усвоению питательных веществ не только минеральных удобрений, но и почвенных запасов.

В варианте NPK на фоне навоза в слое 0–30 см содержание гумуса в первые 5 лет несколько снижалось по сравнению с контролем, а в дальнейшем стало повышаться и к концу наблюдений превзошло контроль на 0,43%. Аналогичная динамика свойственна и слою 30–40 см, где этот показатель увеличился на 0,22%. Следовательно, периодическое унавоживание почвы способствовало обогащению пахотного и подпахотного слоев почвы гумусом в отличие от вариантов с применением одних минеральных удобрений. Аналогичные сведения приводят и другие исследователи [2, 5].

Вывод. При систематическом применении одних минеральных удобрений и без них гумусированность почвы снижается, а по навозу + NPK – повышается.

Список литературы

1. *Бижоев В.М.* Динамика гумуса в черноземе при длительном удобрении и орошении / В.М. Бижоев, Т.П. Лифаненкова, С.Х. Дзанагов // Плодородие. – 2006. – № 6(33). – С. 32–34.
2. *Ганжара Н.Ф.* Почвоведение : учеб. для вузов / Н.Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
3. *Гришина Л.А.* Органическое вещество почв / Л.А. Гришина, В.А. Ковда // Ковда В.А. Основы учения о почвах. Книга первая. – М. : Наука, 1973. – С. 296–321.
4. *Кцоев Б.К.* Плодородие почв и эффективность удобрений в Предкавказье / Б.К. Кцоев. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 166 с.
5. *Лыков А.М.* Гумус и плодородие почв / А.М. Лыков. – М. : Изд-во Московский рабочий, 1985. – 192 с.
6. *Шапошникова И.М.* Продуктивность зернопаропропашного севооборота и плодородие обыкновенного чернозема в зависимости от систематического внесения органических и минеральных удобрений / И.М. Шапошникова, А.И. Гармашев, В.И. Журба и др. // Агрохимия. – 1990 – № 12. – С. 11–23.

УДК 631.445.4:631.417.2(470.32)

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ И ИХ АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Королёв Валерий Анатольевич

*доктор биологических наук,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: v.a.korolev@mail.ru*

Громовик Аркадий Игоревич

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет
E-mail: agrom.ps@mail.ru*

Аннотация. Изучалось влияние длительного сельскохозяйственного использования на содержание и запасы гумуса в основных подтипах черноземов Центральной России. Установлено, что потери почвами гумуса в результате распашки при его выражении в процентах от массы почвы по сравнению с запасами (т/га) существенно выше. Объективную оценку интенсивности дегумификации агрочерноземов при их длительном сельскохозяйственном использовании следует проводить не по процентному содержанию гумуса, а по его запасам с учетом плотности сложения почв.

Ключевые слова: черноземы типичные и обыкновенные, целина, пашня, содержание гумуса, плотность сложения, запасы гумуса, изменение.

MAIN INDICATORS OF THE HUMIC CONDITION OF HERNOZEMS OF THE CENTRAL RUSSIA AND THEIR ANTHROPOGENOUS TRANCE-FORMATION

Korolev V. A.

doctor of biological science, Voronezh State University, Voronezh

E-mail: v.a.korolev@mail.ru

Gromovik A. I.

*candidate of biological science, associate professor, Voronezh State
University, Voronezh*

E-mail: agrom.ps@mail.ru

Annotation. Influence of long agricultural use on content and inventories of a humus in the main subtypes of chernozems of the Central Russia was studied. It is established that losses by soils of a humus as a result of plowing in case of its expression percentage of the mass of the soil in comparison with inventories (t/hectare) are significantly higher. Objective assessment of intensity of a degumifikation of agrochernozems in case of their long agricultural use should be carried out not on percentage of a humus, and on its inventories taking into account density of addition of soils.

Keywords: chernozems typical and ordinary, virgin soil, arable land, content of a humus, addition density, humus inventories, change.

Введение. Гумус и процессы его трансформации имеют определенное значение в формировании черноземов, их важнейших свойств и признаков. Содержание гумуса является основным показателем экологического состояния и в целом плодородия черноземов. В настоящее время накоплен большой фактический материал свидетельствующий о том, что гумус черноземных почв является весьма динамичным, а не консервативным параметром. При этом многие авторы отмечают активное развитие процесса дегумификации при распашке целинных черноземов и их дальнейшем длительном сельскохозяйственным использова-

нием, интенсивность и величина которого определяется, прежде всего, видом землепользования, системами земледелия и эрозионными процессами [1, 3, 4, 6, 10–13].

В практике почвоведения содержание гумуса и составляющие его компоненты в основном принято выражать в процентах от массы почвы. Однако этот показатель не отражает особенности сельскохозяйственного использования почв, прежде всего, из-за неодинаковых, нередко существенно различных, значений их плотности сложения. Вследствие этого для правильного и достоверного сравнения генетически близких почвенных разновидностей в системе целина-пашня необходимо оперировать данными по запасам гумуса, при расчете которых учитываются не только изменения в содержании гумуса, но и плотности сложения почв. При длительной распашке черноземов содержание гумуса снижается но, при этом их плотность сложения заметно увеличивается [8, 9]. Поэтому реальные (по запасам, т/га) и кажущиеся (по % от массы) потери гумуса в почвах при их длительной распашке могут существенно отличаться. Однако, в настоящее время в научной литературе недостаточно данных по сравнительной оценке многолетней динамики гумуса агрочерноземов, выраженной в процентах от массы почвы и запасах в т/га. В связи с этим целью настоящей работы было изучение влияния длительного сельскохозяйственного использования на содержание и запасы гумуса в основных подтипах черноземов Центральной России.

Объекты и методы. Объектами исследований были наиболее распространенные подтипы черноземов ЦЧР, представленные целинными и старопашотными типичными (черноземы миграционно-мицелярные на целине и агрочерноземы миграционно-мицелярные на пашне) и обыкновенными (черноземы сегрегационные на целине и агрочерноземы сегрегационные на пашне)*. Высокая сельскохозяйственная освоенность лесостепной части региона сложилась к концу XVIII века, степной – на столетие позже [4].

Всего было заложено 56 полнопрофильных почвенных разрезов на выровненных участках водораздельных плато в различных частях исследуемой территории, включая заповедные и залежные участки (Стрелецкая, Каменная, Хрипунская степи, Тамбовская опытная станция, Панинский район Воронежской области) и прилегающие к ним производственные поля сельскохозяйственных предприятий. Почвенные образцы отбирались десятисантиметровыми слоями с поверхности до глубины 150 см через каждые 10 см. В отобранных образцах определяли содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [2] и непосредственно

* В скобках приведены названия почв по классификации 2004 г. [7]

редственно в полевых условиях плотность сложения буровым методом с использованием цилиндров И.М. Литвинова при влажности почв, соответствующей наименьшей влагоемкости [5]. Все определения проводились в двукратной повторности и пересчитаны на почву, высушенную при 105°С. Расчетным методом были определены запасы гумуса в разных по мощности почвенных слоях.

Результаты и обсуждение. Распашка целинных черноземов на плако-рах и их длительное сельскохозяйственное использование сопровождается существенным уменьшением содержания гумуса в пределах полуметровой почвенной толщи. При этом наиболее заметные потери гумуса происходят в верхней части гумусового горизонта почв и далее вниз по профилю различия постепенно сглаживаются. Так, в слое 0–10 см черноземов пашни по сравнению с целинными участками содержание гумуса уменьшилось на 2,15–2,35%, или в относительных единицах – на 25–26%. С глубиной потери гумуса снижаются и не превышают 5–8% (табл. 1).

Данные по плотности сложения почв показывают, что в результате распашки изучаемых подтипов черноземов и их длительное сельскохозяйственное использования происходит заметное уплотнение почвенной массы, наблюдаемое по всему профилю. На пашне в слое 0–10 см плотность сложения увеличивается на 0,17–0,20 г/см³ по сравнению с целиной и достигает 1,10–1,16 г/см³. Вниз с глубиной плотность сложения почв постепенно увеличивается, но, если на целинных участках этот показатель в слое 140–150 см не превышает 1,34–1,43 г/см³, то на пахотных угодьях возрастает до 1,49–1,56 г/см³ (табл. 1).

Изменение плотности сложения агрочерноземов в сторону ее увеличения сказывается и на запасах гумуса в них. Процентное содержание гумуса и расчет его запасов в разных по мощности слоях изучаемых подти-

Таблица 1

Показатели гумуса (над чертой, % от массы почвы) и плотности сложения (под чертой, г/см³) в черноземах типичных (Ч¹) и обыкновенных (Ч⁰)

Почва	Угодье	Глубина, см							
		0–10	20–30	40–50	60–70	80–90	100–110	120–130	140–150
Ч ¹	целина (n = 5)	<u>9,15</u> 0,93	<u>6,65</u> 1,06	<u>4,95</u> 1,12	<u>3,35</u> 1,17	<u>2,75</u> 1,20	<u>1,65</u> 1,25	<u>0,95</u> 1,30	<u>0,75</u> 1,34
	пашня (n = 31)	<u>6,80</u> 1,10	<u>6,10</u> 1,16	<u>4,45</u> 1,22	<u>3,15</u> 1,28	<u>2,65</u> 1,34	<u>1,45</u> 1,39	<u>0,90</u> 1,45	<u>0,70</u> 1,49
Ч ⁰	целина (n = 5)	<u>8,55</u> 0,96	<u>6,50</u> 1,04	<u>4,75</u> 1,18	<u>2,80</u> 1,26	<u>1,55</u> 1,31	<u>0,90</u> 1,36	<u>0,65</u> 1,39	<u>0,60</u> 1,43
	пашня (n = 15)	<u>6,40</u> 1,16	<u>5,65</u> 1,20	<u>4,30</u> 1,28	<u>2,55</u> 1,36	<u>1,40</u> 1,42	<u>0,85</u> 1,49	<u>0,65</u> 1,53	<u>0,55</u> 1,56

пов черноземов показали, что потери гумуса, выраженные в запасах (т/га), существенно меньше по сравнению с данными, выраженными в процентах от массы почвы. Так в слое почвы 0–30 см содержание гумуса при продолжительной распашке черноземов снизилось почти на 1,5%, что соответствует около 19% этого показателя в целинных аналогах. В этом же слое запасы гумуса уменьшились на 18–19 т/га или только на 4–7% относительно целины. В верхнем полуметре почвы в результате распашки потеряли 16% гумуса при его выражении в процентах к массе почвы, в то время как уменьшение запасов гумуса составило не более 5%. Расчет потерь гумуса на метровую и полутораметровую толщи изучаемых черноземов выявил аналогичную закономерность: содержание гумуса уменьшается на 10–14%, а потери его запасов не превышают 2–3% (табл. 2).

Заключение. Таким образом, распашка и длительное сельскохозяйственное использование черноземов типичных и обыкновенных в сельскохозяйственном производстве приводит к дегумификации. Основной причиной снижения содержания гумуса является замена естественной растительности на культурную, что существенно изменяет механизмы, количество и темпы поступления свежего органического вещества в почву в виде растительных остатков. Наибольшие потери гумуса, как в массовых процентах, так и в запасах наблюдаются в верхней части гумусового профиля, а книзу они постепенно уменьшается. При этом количество теряемого почвами гумуса в результате распашки при его выражении в % от массы почвы по сравнению с запасами (т/га) существенно выше. Это в свою очередь позволяет сделать вывод, что реальные потери гумуса в агрочерноземах существенно меньше, поскольку при распашке почв наряду с уменьшением его содержания наблюдается заметное уплотнение почвенной массы в пределах полутораметровой толщи. Поэтому объективную оценку интенсивности дегумификации агро-

Таблица 2

Содержание (над чертой, % от массы почвы) и запасы (под чертой, т/га) гумуса в черноземах типичных (Ч^т) и обыкновенных (Ч^о)

Почва	Уголье	Мощность слоя, см					
		0–30	0–50	50–100	100–150	0–100	0–150
Ч ^т	целина (n = 5)	<u>7,90</u>	<u>6,89</u>	<u>3,10</u>	<u>1,10</u>	<u>5,00</u>	<u>3,70</u>
		235	353	183	71	536	607
	пашня (n = 31)	<u>6,45</u>	<u>5,81</u>	<u>2,91</u>	<u>1,01</u>	<u>4,36</u>	<u>3,24</u>
		219	336	189	72	525	597
Ч ^о	целина (n = 5)	<u>7,53</u>	<u>6,59</u>	<u>2,31</u>	<u>0,71</u>	<u>4,45</u>	<u>3,20</u>
		225	344	146	50	490	540
	пашня (n = 15)	<u>6,10</u>	<u>5,52</u>	<u>2,11</u>	<u>0,68</u>	<u>3,82</u>	<u>2,77</u>
		216	332	144	52	476	528

черноземов при их длительном сельскохозяйственном использовании следует проводить не по процентному содержанию гумуса, а по его запасам с учетом соответствующих значений равновесной плотности сложения почв.

Список литературы

1. Агрэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под. ред. А.П. Щербакова, И.И. Васенева. – Курск, 1996. – 330 с.
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М., 1970. – 487 с.
3. *Афанасьева Е.А.* Черноземы Среднерусской возвышенности / Е.А. Афанасьева. – М. : Наука, 1966. – 224 с.
4. *Ахтырцев Б.П.* Почвенный покров Среднерусского Черноземья / Б.П. Ахтырцев, А.Б. Ахтырцев. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1993. – 216 с.
5. *Вадюнина А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
6. *Громовик А.И.* Трансформация и динамика активных компонентов в составе гумуса черноземов выщелоченных при разных антропогенных нагрузках / А.И. Громовик // Доклады РАСХН. – 2012. – № 1. – С. 30–33.
7. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова [авт.-сост.]. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 324 с.
8. *Королев В.А.* Современное физическое состояние черноземов центра Русской равнины / В.А. Королев. – Воронеж, ГУП ВО «Воронежская обл. типография – изд-во им. Е.А. Болховитинова», 2008. – 313 с.
9. *Медведев В.В.* Изменчивость оптимальной плотности сложения почв и ее причины / В.В. Медведев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 20–29.
10. Русский чернозем: 100 лет после Докучаева / под. ред. В.А. Ковды, Е.М. Самойловой. – М. : Наука, 1983. – 304 с.
11. *Сапожников П.М.* Деградация физических свойств почв при антропогенных воздействиях / П.М. Сапожников // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С. 60–66.
12. *Шевченко Г.А.* Гумусное состояние черноземов ЦЧО / Г.А. Шевченко, А.П. Щербаков // Почвоведение. – 1984. – № 8. – С. 50–56.
13. *Щеглов Д.И.* Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.

УДК 631.442.1:631.43 (470.324)

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Королев Валерий Анатольевич

доктор биологических наук,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: v.a.korolev@mail.ru

Аннотация. Изучены водно-физические свойства преобладающих почвенных разновидностей исследуемой территории. Показано, что неблагоприятные показатели влагоемкости и водопроницаемости песчаных почв обусловлены примитивной структурной организацией их матрицы и низким содержанием гумуса.

Ключевые слова: песчаные почвы, влажность завядания растений, наибольшая влагоемкость, диапазон активной влаги, максимальная водоотдача, водопроницаемость.

WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF SANDY SOIL OF VORONEZH OBLAST

Korolev V. A.

*doctor of biological science,
Voronezh state University, Voronezh
E-mail: v.a.korolev@mail.ru*

Annotation. water-physical properties of prevailing soil versions of investigated territory have been studied. It is shown, that unfavorable parameters of the moisture capacity and water permeability sandy soil are caused primitive structural organization by their matrix and low humus content.

Keywords: sandy soil, wilting moisture, field moisture capacity, range of active moisture, maximum yield, water permeability.

Введение. Песчаные почвы, широко распространенные на низких надпойменных террасах речных долин Воронежской и смежных областей, характеризуются специфичными, только им свойственными, составом и свойствами. Доминирующим фактором формирования песчаных почв является характер материнских пород, представленных древнеаллювиальными мономинеральными кварцевыми отложениями песчаного гранулометрического состава. В силу этого и при участии псамофитной растительности, обычно сосновых боров, песчаные почвы вынуждены довольствоваться сравнительно молодыми стадиями своего биогенного развития и однотипностью свойств и режимов на большом протяжении. На песках не образуются зональные типы почв. Всегда и повсюду на песках формируются оригинальные интрозональные почвы.

Объекты и методы. В данной работе приведены результаты изучения водно-физических свойств песчаных почв биологического учебно-научного центра «Веневитиново» Воронежского государственного университета. Под влиянием своеобразных экологических условий на исследуемой территории преобладающее распространение получили дерново-лесные типичные и оподзоленные почвы, среди которых по пониженным элементам рельефа при неглубоком залегании почвенно-грунтовод сформировались дерново-лесные глееватые и глеевые почвы.

Всего было заложено семь полнопрофильных почвенных разрезов, из которых отбирались образцы почв десятисантиметровыми слоями с поверхности до глубины 150 см через каждые 10 см. В полевых и лабораторных условиях в исследуемых почвах общие физические и водно-физические свойства, содержание гумуса и основные физико-химические показатели определяли по общепринятым методам [1, 4].

Результаты и обсуждение. Исследуемые почвы бедны гумусом и отличаются от зональных черноземов невысокой емкостью катионного обмена (ЕКО). Содержание гумуса в автоморфных дерново-лесных почвах не превышает 1,3% и увеличивается в почвах оглеенных до 2–3%. Запасы гумуса в слое 0–50 см и в метровой толще почв составляют соответственно 40–130 и 50–160 т/га. В верхней части гумусового горизонта почв ЕКО изменяется в пределах 6,0–8,4 смоль(+)/кг, при этом на долю обменных оснований приходится 2,9–5,3 смоль(+)/кг; величина гидролитической кислотности достигает 2,5–3,8 смоль(+)/кг, что обуславливает низкую степень насыщенности почв основаниями (47–67%); рН водной суспензии 5,0–5,3 [2].

Все исследуемые почвы имеют песчаный гранулометрический состав. На долю физической глины (частиц < 0,01 мм) приходится всего лишь 1,1–8,5%, в том числе илистой фракции 0,1–4,3%. Дерново-лесные типичные и оподзоленные почвы классифицируются как рыхлопесчаные разновидности, а почвы оглеенные имеют связнопесчаный гранулометрический состав. Плотность твердой фазы почв в пределах полуторфяковой толщи изменяется от 2,58–2,66 до 2,70–2,75 г/см³. Плотность сложения в верхней части гумусового горизонта почв достигает 1,31–1,41 г/см³ и вниз по профилю возрастает до 1,54–1,71 г/см³. Общая пористость в гумусовых горизонтах не превышает 50% и постепенно снижается в почвообразующей породе до 38–43%, при этом большая ее часть (37–49%) приходится на пористость активную [3].

Основными показателями водно-физических свойств почв являются почвенная влажность завядания растений (ВЗ), наибольшая влагоемкость (НВ), диапазон активной (продуктивной) влаги (ДАВ) и максимальная водоотдача (МВО). Все они в изучаемых почвах, рассчитанные в процентах от их объема, характеризуются низкими величинами. Так, в автоморфных рыхлопесчаных почвах в верхней части гумусового горизонта ВЗ не превышает 2–3%, а НВ и ДАВ изменяются соответственно в пределах 12–16% и 11–14%. В дерново-лесных глееватых связнопесчаных почвах наблюдается заметное увеличение этих показателей: ВЗ до 4%, НВ до 22% и ДАВ до 18%. Вниз по профилю исследуемых почв изучаемые показатели уменьшаются и в почвообразующей породе имеют минимальные значения: ВЗ 0,4–0,8%, НВ 7–10% и ДАВ 6–9% (табл.1).

Во всех песчаных почвах изучаемой территории отмечаются очень высокие показатели МВО. В верхней части гумусового горизонта почв этот показатель, оценивающий также, как известно, и воздухоносную пористость при влажности почвы, соответствующий НВ, обычно варьирует в пределах 30–35%. Вниз по профилю почв автоморфных МВО очень

Таблица 1

Водно-физические свойства песчаных почв, % от объема почвы

Глубина, см	ВЗ	НВ	ДАВ	МВО
Дерново-лесная типичная				
3–10	1,6–3,0	12,3–15,6	10,7–12,6	35,2–37,9
20–30	1,0–1,5	8,6–13,5	7,1–12,5	33,0–33,5
40–50	0,5–1,4	6,6–13,0	5,2–12,5	32,0–32,3
60–70	0,4–0,9	6,1–12,8	5,2–12,4	31,6–32,9
80–90	0,4–0,8	6,0–12,4	5,2–12,0	32,0–33,3
100–110	0,5–0,8	6,3–12,1	5,5–11,6	32,0–32,8
120–130	0,4–0,8	6,1–11,6	5,3–11,2	32,1–32,9
140–150	0,4–0,8	7,2–9,5	6,4–9,1	31,6–33,5
Дерново-лесная оподзоленная				
3–10	1,7–2,0	14,1–15,8	12,4–13,8	31,2–34,7
20–30	0,8–1,3	8,8–11,3	7,5–10,5	31,9–34,1
40–50	0,8–0,9	7,9–9,3	7,0–8,5	31,4–32,0
60–70	0,7–0,8	6,9–7,3	6,2–6,5	31,0–32,7
80–90	0,6–0,7	6,2–6,6	5,6–6,0	30,8–32,9
100–110	0,6–0,7	6,4–7,4	5,7–6,7	30,0–32,7
120–130	0,6–0,7	6,8–7,9	6,2–7,3	30,1–31,7
140–150	0,6–0,8	7,8–8,8	7,2–8,0	28,4–30,0
Дерново-лесная глубокооглеенная				
4–10	2,1–3,8	14,6–22,1	12,5–18,3	25,8–32,7
20–30	1,5–3,3	9,7–17,8	8,2–14,6	25,0–33,3
40–50	1,2–2,0	7,6–12,7	6,4–10,7	28,2–34,4
60–70	0,8–1,5	7,2–9,3	6,4–7,8	30,9–32,2
80–90	0,7–1,0	8,1–8,9	7,4–8,2	29,3–30,6
100–110	0,6–0,7	7,0–8,4	6,4–7,8	29,0–31,1

постепенно уменьшается, а в почвах оглеенных изменяется без каких-либо четко выраженных закономерностей (табл. 1).

Расчеты основных показателей водно-физических свойств в различных слоях почвенного профиля изучаемых почв свидетельствуют, что запасы непродуктивной влаги в первом полуметре и метровой толще составляют соответственно 5–15 мм и 9–20 мм, а запасы влаги, соответствующие НВ, не превышают 46–85 мм и 76–133 мм. При этом максимально возможный запас продуктивной влаги в песчаных почвах изменяется в пределах в слое 0–50 см 38–70 мм и в слое 0–100 см 64–124 мм (табл. 2).

Водопроницаемость дерново-лесных песчаных почв весьма значительна и варьирует от 7,1–18,2 мм/мин в первый час до 3,8–14,7 мм/мин

в четвертый час наблюдений. Отношение максимальных величин водопроницаемости к минимальным равно 1,2–1,9. Изучаемые почвы способны усвоить за четыре часа наблюдений 1158–3834 мм влаги, в том числе за первый час 426–1092 мм. В целом водопроницаемость песчаных почв, оцениваемая по впитыванию подаваемой на поверхность почвы воды за первый час наблюдений, является, как правило, излишне высокой и провальной. При этом минимальные и относительно более оптимальные показатели водопроницаемости наблюдаются в оглеенных песчаных почвах (табл. 3).

Закключение. Таким образом, изучаемые песчаные почвы в силу примитивной структурой организации матрицы и низкого содержания гуму-

Таблица 2

Водно-физические показатели песчаных почв, мм

Мощность слоя, см	ВЗ	НВ	ДАВ
Дерново-лесная типичная			
0–30	4,6–6,0	31,4–43,7	26,8–37,7
0–50	7,2–7,4	45,6–69,9	38,2–62,7
50–100	2,0–4,4	30,5–63,0	26,1–61,0
0–100	9,2–11,8	76,1–132,9	64,3–123,7
Дерново-лесная оподзоленная			
0–30	3,8–5,0	36,9–38,1	31,9–34,3
0–50	5,4–7,0	53,1–57,7	46,1–52,3
50–100	3,3–3,5	34,1–35,3	30,6–32,0
0–100	8,7–10,5	87,2–93,0	76,7–84,3
Дерново-лесная глубокооглеенная			
0–30	5,4–10,7	36,5–57,5	31,1–46,8
0–50	7,9–14,8	52,7–84,9	44,8–70,1
50–100	3,8–5,4	38,6–44,7	34,8–39,3
0–100	11,7–20,1	91,3–124,8	79,6–104,7

Таблица 3

Водопроницаемость песчаных почв, $\frac{\text{мм/мин}}{\text{мм/ч}}$

Почва	Интервалы наблюдений					Всего за 4 часа, мм
	10 мин	1-й час	2-й час	3-й час	4-й час	
Дерново-лесная типичная	13,6–19,6	<u>11,4–18,2</u> 684–1092	<u>9,7–15,9</u> 582–954	<u>9,4–15,1</u> 564–906	<u>9,2–14,7</u> 552–882	2382–3834
Дерново-лесная оподзоленная	12,2–14,3	<u>11,3–12,2</u> 678–732	<u>10,8–11,0</u> 648–660	<u>10,2–10,4</u> 612–624	<u>9,8–10,1</u> 588–606	2526–2622
Дерново-лесная глубокооглеенная	10,5–10,6	<u>7,1–9,2</u> 426–552	<u>4,4–8,5</u> 264–510	<u>4,0–8,1</u> 240–486	<u>3,8–7,9</u> 228–474	1158–2022

са характеризуются неблагоприятными водно-физическими свойствами. В дерново-лесных оглеенных почвах по сравнению с автоморфными разновидностями наблюдаются более оптимальные показатели влагоемкости и водопроницаемости, что является следствием наличия в них збровидных волнообразных буровато-железистых уплотненных прослоек (псевдофибр). Все изучаемые разновидности песчаных почв обладают невысоким потенциальным и эффективным плодородием, подвержены воздействию дефляции, поэтому их целесообразно использовать под лесонасаждения.

Список литературы

1. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 272 с.
2. *Королев В.А.* Физико-химические свойства почв биологического учебно-научного центра «Веневитиново» / В.А. Королев // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи : тр. биол. учеб.-науч. центра Воронеж. гос. ун-та «Веневитиново»; вып. XXV. – Воронеж, 2011. – С. 216–221.
3. *Королев В.А.* Основные физические свойства песчаных почв биологического учебно-научного центра «Веневитиново» / В.А. Королев // Состояние и проблемы экосистем среднерусской лесостепи : тр. биол. учеб.-науч. центра ВГУ «Веневитиново»; вып. XXVIII. – Воронеж, 2014. – С. 145–149.
4. Теории и методы физики почв / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. – М. : Изд-во «Гриф и К», 2007. – 616 с.

УДК 631.41

СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Сиухина Мария Сидоровна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

E-mail: slb85@bk.ru

Аннотация. Представлены результаты исследования содержания гумуса и структурного состояния в различных вариантах использования чернозёма выщелоченного: целина, залежь, полевой севооборот, бессменная пшеница, многолетние травы. Содержание гумуса в значительной мере определяется видом землепользования и убывает в ряду: целина > залежь > многолетние травы > полевой севооборот > бессменная пшеница. В такой же последовательности ухудшается структура почвы: уменьшается количество агрономически ценных агрегатов, величина коэффициента структурности, водопрочность структуры.

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, структура почвы, воздушно-сухие агрегаты, водопрочные агрегаты.

STRUCTURAL STATE OF LEACHED CHERNOZEM IN DIFFERENT LAND-USE CONDITIONS

Siuhina M. S.

candidate of agricultural sciences, associate professor,

Novosibirsk State agrarian University, Novosibirsk

E-mail: slb85@bk.ru

Abstract. Presented results of a study of humus content, the structural state chernozem leached in a variety of use cases: virgin soil, fallow, field crop rotation, the permanent wheat, perennial grasses. Humus content is largely determined by land use type and decreases in the order: virgin soil > fallow > perennial grasses > field crop rotation > the permanent wheat. In the same sequence degrades soil structure: decreasing the number of agronomically valuable aggregates, coefficient of structuration, water resistant structure.

Keywords: leached chernozem, air-dry aggregates, aggregate composition, water-resistant aggregates.

Введение. Чернозёмы выщелоченные Западно-Сибирской провинции являются лучшими пахотными почвами и к настоящему времени почти полностью распаханы. Одним из последствий длительной сельскохозяйственного использования чернозёмных почв и постоянного усиления антропогенной нагрузки, является нарушение естественной комковато-зернистой структуры. Ухудшение структуры почвы негативно влияет на все почвенные процессы, связанные с водно-воздушными условиями. По мнению Э. Д. Рассела «... неспособность сохранить структуру служит характерным признаком непригодности той или иной системы земледелия» [4].

Цель работы – провести исследования и дать характеристику структурного состояния чернозёма выщелоченного, находящегося в условиях различного землепользования.

Объекты и методы. Исследования проводили на территории учхоза «Тулинское». Объектом исследования является чернозём выщелоченный среднегумусный среднемощный иловато-крупнопылеватый на лёссовидном суглинке [5].

Для характеристики структурного состояния изучены пахотные почвы в сравнении с целинным аналогом на следующих вариантах: 1 – целина, травостой представлен разнотравно-злаковой ассоциацией; 2 – залежь 18 лет; 3 – пашня, полевой севооборот с преобладанием зерновых и пропашных культур; 4 – пашня, 10 лет бессменная яровая пшеница; 5 – многолетние травы (*Bromus inermis* Leus + *Medicago medua*). Сравнимые участки незначительно удалены друг от друга (0,5 – 2 км) и сформированы в идентичных условиях.

Отбор почвенных образцов и лабораторно-аналитические исследования выполнены общепринятыми в почвоведении методами.

Результаты и обсуждение. Установлено, что более высокое содержание гумуса характерно для целинного чернозема, в пахотных вариантах его количество определяется видом сельскохозяйственного использования. Оставление почвы в залежь и возделывание многолетних трав обеспечивает значительное поступление растительных остатков в почву и увеличение содержания гумуса на 19 и 6,9% соответственно. Наиболее значимые изменения произошли при бессменном возделывании яровой пшеницы. Представленные в таблицы данные свидетельствуют о негативном влиянии уменьшения содержания гумуса, систематической обработки и возделывания сельскохозяйственных культур на структурное состояние чернозёма выщелоченного.

В целинном чернозёме количество агрономически ценных агрегатов достигает 81%, среди них преобладают наиболее ценные размером от 1 до 5 мм, что составляет 52% от общей массы воздушно-сухой почвы. Для этого варианта характерно более высокое содержание гумуса гуматного типа, которому принадлежит ведущая роль в структурообразовании [3]. Участок залежи хорошо агрегирован с высокой долей (47%) более ценных агрегатов 1–5 мм. За прошедшие 18 лет в залежном варианте увеличилось содержание гумуса и параллельно произошло постепенное восстановление структуры. Наметилась тенденция к улучшению структурного состояния почвы под многолетними травами. Смесь многолетних злаковых и бобовых трав обогащает почву свежим органическим веществом, создает и поддерживает комковатую и зернистую структуру. Многолетние травы активно влияют на почву, выделяя ферменты, витамины и другие органические соединения. Отмершие корни растений и продукты их жизнедеятельности становятся источником гумуса, что ока-

Таблица 1

Содержание гумуса, структурный состав чернозёма выщелоченного при различном землепользовании, %

Варианты опыта	Гумус	Размер воздушно-сухих агрегатов, мм							Кс
		>10	10–5	5–3	3–1	1–0.5	0.5–0.25	<0.25	
1	7,6	10	11	12	40	12	6	8	4,5
2	6,9	14	20	13	34	5	7	7	3,8
3	5,8	30	14	6	26	8	7	13	1,5
4	5,4	32	15	5	19	5	9	15	1,2
5	6,2	12	19	12	27	6	14	11	3,3

зывает благоприятное влияние на формирование агрономически ценной структуры [2].

Комковато-зернистая структура целинного чернозёма при нерациональном антропогенном воздействии переходит в глыбистую и пылеватую. Пахотные горизонты полевого севооборота и бессменной пшеницы характеризуются распыленностью, что приводит к образованию глыбистой фракции, которая становится преобладающей. При возделывании однолетних полевых культур почвенная структура неизбежно разрушается [1].

Одним из показателей структурного состояния почв служит коэффициент структурности (K_c). Необходимо отметить высокую оструктуренность целинного чернозёма, где K_c достигает максимума – 4,5. С увеличением антропогенной нагрузки K_c уменьшается и в пахотном слое бессменной пшеницы снижается до 1,2.

Более достоверные выводы о структурном состоянии чернозёма выщелоченного позволяют сделать данные о содержании водопрочных агрегатов, полученных при мокром расसेве. Все виды землепользования снижают водопрочность структуры пахотного слоя чернозёма, которая обусловлена систематической обработкой, дегумификацией и высоким содержанием крупной пыли от 42 до 47% [5]. В пахотных почвах разрушение агрегатов водой происходит более интенсивно. Водопрочность структуры снижается, а содержание пылеватой фракции при размокании воздушно-сухих агрегатов увеличивается до 54%. Наиболее ценная фракция 1–3 мм находится в минимальном количестве. Максимальное количество устойчивых к разрушению водой агрегатов крупнее 0,25 мм (68%) отмечено в целинном варианте. Под многолетними травами и в залежной почве водопрочность агрегатов остается на высоком уровне 59 и 66% соответственно. Формирование водопрочных агрегатов происходит за счет поступления свежего органического вещества, продукты трансформации которого пропитывают структурные агрегаты и передают им водопрочность [3]. Содержание неводопрочных агрегатов было максимальным в пахотных вариантах, минимальным в целинном и залежном, многолетние травы занимали промежуточное положение.

Выводы.

1. Проведенные исследования показали, что при длительном сельскохозяйственном использовании чернозёма выщелоченного в пашне намечалась тенденция его деградации, которая проявляется в уменьшении содержания гумуса и ухудшении структурного состояния.

2. Почвы целинного и залежного варианта характеризуются хорошей агрегированностью, имеют комковато-зернистую структуру и высокий коэффициент структурности 4,5 и 3,8 соответственно.

3. При возделывании многолетних трав происходит улучшение структуры и формируются водопрочные агрегаты.

4. Наименее благоприятное структурное состояние отмечено в пахотных вариантах, которое проявляется увеличением глыбистой и пылеватой фракцией, содержание неводопрочных агрегатов превышает 50%.

Список литературы

1. Антропогенная эволюция чернозёмов. – Воронеж : Воронежский ГАУ, 2000. – 412 с.
2. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие / В.Р. Вильямс // Изб. произведения. – Т. 6. – М. : Сельхозгиз, 1951. – 576 с.
3. Кузнецова И.В. Содержание и состав органического вещества чернозёмов и его роль в образовании водопрочной структуры / И.В. Кузнецова // Почвоведение. – 1998. – № 1. – С. 41–50.
4. Русский чернозём 100 лет после Докучаева. – М. : Наука, 1983. – 304 с.
5. Сиухина М.С. Пахотнопригодные почвы учхоза «Тулинское» / М.С. Сиухина // Физико-химические свойства почв и вопросы поливного земледелия в НСО : сб. науч. тр. – Т. 127. – Новосибирск, 1980 – С. 28–34.

УДК 631.4

РЕЗЕРВЫ КАЛИЯ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Середина Валентина Петровна

доктор биологических наук, профессор,

Национальный исследовательский

Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: seredina_@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований резервов калия черноземных почв агроэкосистем Западной Сибири. Экспериментально обосновано, что величина и характер их распределения в исследуемых подтипах агрочерноземов, формирующихся на однотипных почвообразующих породах (лессовидных суглинках), близки между собой. Установлено, что соотношение калийных резервов и направленность их изменений является результатом функционирования совокупности калийсодержащих компонентов, характер которых, в основном, определяется минералогическим составом и геохимическими особенностями агрочерноземов.

Ключевые слова: калий, резервы, агрочерноземы, Западно-Сибирская равнина, почвообразующие породы, минералогический состав.

THE RESERVES OF POTASSIUM AGRICULTURAL CHERNOZEMIC SOILS OF WESTERN SIBERIA

Seredina V. P.

doctor of agricultural sciences, professor,

National Research Tomsk State University, Tomsk

E-mail: seredina_v@mail.ru

Abstract. The author presents the results of studies of potassium of chernozemic soils of Western Siberia agricultural systems. It is experimentally proved that their amount and character of allocation in the studied subtypes of chernozemic soils, which are being formed on soil-forming rocks of the same type (loess-like loams), are close to each other. It is stated that correlation of potassium reserves and direction of their changes are results of functioning of complex of components containing potassium the character of which is mainly determined by mineralogical composition and geochemical particularities of agricultural chernozemic soils.

Keywords: potassium, reserves, agricultural chernozemic soils, West Siberian Plain, soil-forming rocks, mineralogical composition.

Введение. На территории Западной Сибири наиболее ценные для сельскохозяйственного производства, и соответственно, лучшие по качеству почвы располагаются в зонах лесостепи и степи, в условиях, наиболее благоприятных в климатическом отношении. Основу пахотного фонда составляют черноземы – главный автоморфный тип почв этих зон. Несмотря на имеющиеся публикации, раскрывающие некоторые аспекты поведения калия в различных типах почв Западной Сибири [1], в настоящее время нет достаточной информации, а также полного представления о состоянии резервов почвенного калия, не в полной мере выявлено влияние почвообразующих пород и важнейших почвенных процессов в их формировании. В связи с этим, целью работы является оценка калийного состояния агрочерноземов на основе изучения соотношений многоуровневых резервов калия.

Объекты и методы. Объектами исследования являются калийные резервы черноземов (оподзоленных, выщелоченных, обыкновенных и южных), формирующихся на наиболее распространенных в южной части Западно-Сибирской равнины почвообразующих породах четвертичного возраста. Верхнечетвертичные отложения покрывают почти все элементы рельефа, как водораздельные поверхности и их склоны, так и высокие террасы рек. По генезису они являются лессовидными породами, сформировавшимися под влиянием преимущественно субэразальных процессов – делювиальных, пролювиальных, с возможным участием эолового фактора.

В целях оценки доступности запасов калия для растений проведен дифференцированный учет их по Н.И. Горбунову [2]. Исходными параметрами для расчета резервов являются: содержание K_2O в почве в целом, во фракции менее 0,001 мм, в агрохимической вытяжке и количество фракции менее 0,001 мм в почве, в процентах. Все аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в почвоведении методов.

Результаты и обсуждение. Выявленные типичные черты состава лессовидных суглинков – относительно тяжелый гранулометрический состав, значительное содержание гидрослюд (50–59%) и слюда-сметитовых смешаннослойных образований (30–39%) определяют особенности многоуровневых калийных резервов развитых на этих породах почв. При относительной однородности химико-минералогического и гранулометрического состава почвообразующих пород формирующиеся на них черноземы, имеют некоторые различия в содержании и характере распределения общих резервов валового калия. Так, в ряду исследованных подтипов черноземов максимальными общими резервами калия (2250 ± 40 мг на 100 г почвы) характеризуются черноземы обыкновенные, минимальными – (1903 ± 40 мг на 100 г почвы) выщелоченные. Промежуточное положение занимают подтипы выщелоченных и южных черноземов.

Установлено, что если в содержании общих резервов калия в черноземных почвах определяющим фактором являются количество и состав калийсодержащих минералов крупных гранулометрических фракций, особенно полевых шпатов – ортоклаза и микроклина, то в характере профильного распределения основная роль принадлежит илистой фракции и ее минералогическому составу, в частности, содержанию гидрослюд и слюда-сметитовых смешаннослойных образований. При этом в пределах изученных подтипов агрочерноземов варьирование содержания общих резервов калия небольшое, что в определенной степени подтверждает особенность процесса черноземообразования – отсутствие существенных изменений валового состава алюмосиликатной части и слабую дифференцированность их профиля по илу.

Расчеты соотношений резервов калия агрочерноземов, развитых на лессовидных суглинках, показали, что около половины от общих запасов сосредоточено в потенциальном резерве. Этот калий, связанный с частицами крупнее 0,001 мм и содержащийся в основных и кислых полевых шпатах и крупнозернистых слюдах, представляет собой труднодоступный запас для питания растений. Из потенциального резерва калий извлекается в ходе процессов выветривания в течение длительного времени, переходя постепенно в ближний и непосредственный резервы. В тоже время выветривание калийсодержащих минералов в условиях Западной Сибири осуществляется слабо, поэтому извлечение калия, находящегося в составе первичных минералов и представляющих собой потенциальный резерв, будет происходить медленно, в течение длительного времени.

В связи с этим, основным источником пополнения доступного для растений калия является ближний резерв, связанный с илистой фракцией почв. В него входит межслоевой калий в набухающих минералах: монт-

мориллоните, бейделлите, вермикулите и межслоевой калий в не набухающих высокодисперсных минералах: мусковите, биотите, иллитах. Ближний резерв агрочерноземов представлен достаточно высокими величинами (более 50 % от общего), что в 2–3 раза превышает резервы дерново-подзолистых почв, причем во всех рассмотренных подтипах максимальные запасы калия ближнего резерва, как по абсолютной, так и по относительной величине (% от общего), характерны для верхней части почвенных профилей.

Калий, который определяется при помощи агрохимических вытяжек (принятых для данного типа почв), мы называем непосредственным резервом, так как именно эти катионы в течение 5–10 лет непосредственно извлекаются растениями и принимают участие в обеспечении растений данным элементом. Непосредственный резерв представлен калием растворимых солей и калием почвенного поглощающего комплекса (обменным и водорастворимым), представляющим запас легкодоступных форм. На фоне достаточно высокой обеспеченности подвижными формами биофильных элементов, черноземные почвы обладают значительными абсолютными величинами непосредственных резервов, колеблющихся в пределах от $30,86 \pm 0,62$ в обыкновенных черноземах до $21,67 \pm 0,62$ мг на 100г почвы в черноземах оподзоленных, составляя в целом весьма незначительную долю от общего запаса калия – 1,09–1,4%. Характер распределения илистой фракции в пределах почвенного профиля черноземов в значительной мере определяет равномерное распределение непосредственных резервов калия. Согласно ориентировочной шкале обеспеченности почв обменным калием, он может обеспечить благоприятные условия для выращивания сельскохозяйственных культур на черноземных почвах изученного региона.

Заключение. Однотипность генезиса пород (лессовидные карбонатные суглинки) определили однообразие минералогического и гранулометрического состава агрочерноземов и обусловили незначительные различия в резервах калия, обусловленных, главным образом, их подтиповыми особенностями. Несмотря на достаточно высокие величины непосредственных и ближних резервов калия, применение органических и физиологически кислых минеральных удобрений на данных почвах дает положительный эффект и способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур. Черноземы степной зоны формируются на легко развеваемых и размываемых субэдральных отложениях, часто подверженных эрозионным процессам, что необходимо принимать во внимание при решении многих вопросов землепользования и практических задач сельскохозяйственного производства, в том числе, целесообразности внесения калийных удобрений.

Список литературы

1. Горбунов Н.Н. Минералогия и физическая химия почв / Н.Н. Горбунов. – М. : Наука, 1978. – 293 с.
2. Середина В.П. Резервы калия в почвах Западно-Сибирской равнины / В.П. Середина // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2013. – № 1 (21). – С. 7–21.

УДК 631.4

ЧЕРНОЗЕМЫ ОТРОГОВ БАТЕНЕВСКОГО КРЯЖА

Борболина Анна Андреевна

*студент, Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: anyaborbolina@yandex.ru*

Спирина Валентина Захаровна

*кандидат биологических наук, доцент,
Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: Spirina.pochva@mail.ru*

Аннотация. В результате исследований получены данные, характеризующие особенности формирования, строения и свойств черноземов отрогов Батеневского кряжа Минусинской котловины, формирующихся на склоне северной экспозиции. Определяющим фактором развития почв на изучаемой территории является растительность, экспозиция и форма склона.

Ключевые слова: батеневский кряж, Минусинская котловина, чернозем выщелоченный, чернозем обыкновенный, эрозионные процессы.

BLACKSOILS OF THE SPURS BATENEVSKY MOUNTAIN RANGE

Borbolina A. A.

*student, National Research Tomsk State University, Tomsk
E-mail: anyaborbolina@yandex.ru*

Spirina V. Z.

*candidate of biological sciences, associate professor,
National Research Tomsk State University, Tomsk
E-mail: Spirina.pochva@mail.ru*

Abstract. Based on a data from the research, the characteristic particularities of the formation, structure and properties of the Batenevsky mountain range black soil of the Minusinsk depression are formed on the slopes with exposure to the north. The determining factors of the soil's development in the study area are the slope's vegetation, exposure and its form.

Keywords: batenevsky mountain range, Minusinsk depression, chernozems leached, chernozems ordinary, erosion process.

Введение. В условиях предгорного рельефа развитие почв и закономерность их распространения имеет сложный характер, что обусловлено неодинаковым распределением тепла и влаги между почвами, сформированными на разных склонах и элементах рельефа. Основной причиной миграции веществ является поверхностный сток вод, под влиянием которого происходит отрыв, перемещение и аккумуляция твердой фазы почв [2].

Батеневский кряж, представляет собой широтный отрог Белдыкского нагорья и является частью горного обрамления Минусинской котловины [4]. Открытость территории, связанная с господством степной растительности, способствующей развитию дефляции. Сильные ветры нередко приводят к возникновению пыльных бурь. Развитию дефляции также способствует зоогенный фактор. Не менее важной причиной развития водной эрозии является рельеф. Исследуемая территория характеризуется расчлененным рельефом, с господством холмисто-сопочных форм разной крутизны и длины склонов, определяющих степень развития эрозионных процессов [3].

Эрозия земель является одним из основных факторов, препятствующих повышению эффективности сельскохозяйственных угодий. В связи с этим целью работы является выявление особенностей условий почвообразования и изучение химических и физико-химических свойств склоновых черноземов для рационального использования их в сельскохозяйственном обороте.

Объекты и методы. Объектом исследования являются черноземы, расположенные на территории отрогов Батенева кряжа. На склоне северной экспозиции была заложена катена, состоящая из четырех разрезов. Чернозем обыкновенный среднегумусный супесчаный (P-1), расположен на вершине склона. Чернозем выщелоченный тучный легкосуглинистый (P-2), заложен на транзитной части склона. Чернозем обыкновенный среднегумусный супесчаный (P-3), сформирован в аккумулятивной позиции. Чернозем обыкновенный среднегумусный легкосуглинистый (P-4), заложен на выровненной части.

Химические и физико-химические свойства почв были исследованы с применением общепринятых методик по Е.В. Аринушкиной [1].

Результаты и обсуждение. Одним из важнейших показателей свойств почв является гранулометрический состав. Он наследуется от почвообразующей породы и в основных чертах мало меняется в процессе почвообразования в черноземах [5].

Изучаемые черноземы, характеризуются супесчаным и легкосуглинистым гранулометрическим составом. С глубиной почвенного профиля он изменяется до легко-средне суглинистого в черноземах обыкновен-

ных, а в выщелоченном до глинистого. В почвах наблюдается преобладание крупнопылеватой фракции (27–56%), это свидетельствует о лессовидности суглинков. Второй преобладающей фракцией является мелкая пыль (24–34%). Значительной дифференциации в распределении иллистой фракции в черноземах обыкновенных не отмечается. В выщелоченном черноземе наблюдается увеличение ила (21%) к материнской породе. Для черноземов характерно высокое накопление гумуса в верхней части профиля (9,5–7,9%) и быстрое падение его количества с глубиной (1,8–0,6%).

Процесс формирования карбонатного горизонта связан с активностью почвенных карбонатов, с особенностями осаждения и кристаллизации, что определяется гидротермическими и газовыми режимами чернозёмов. Закономерностью поведения карбонатов в профилях черноземов обыкновенных является их отсутствие в гумусовом горизонте и максимум карбонатов приурочен к иллювиальным горизонтам (5,3–5,9%), у чернозема выщелоченного выделяется В бескарбонатный. Реакция почвенной среды в бескарбонатной части профиля выщелоченного чернозема слабокислая (рН = 6,3), в обыкновенных – нейтральная (рН = 6,8–7,4). В карбонатной части реакция среды у выщелоченного чернозема – слабощелочная (рН = 7,6), а у обыкновенных черноземов щелочная (рН = 7,8–8,3).

Для всех черноземов характерна высокая поглотительная способность почв (31–57 мг-экв/100г почвы). Катионнообменная способность у черноземов обыкновенных немного ниже (35,8–40,7 мг-экв/100г почвы), чем у выщелоченного (53,4 мг-экв/100г почвы), что обусловлено относительно меньшей гумусностью и более легким гранулометрическим составом.

Чернозем обыкновенный, расположенный на вершине и на выровненной части, а также выщелоченный чернозем по плотности сложения верхнего горизонта являются рыхлыми (0,8–0,9 г/см³), а чернозем обыкновенный, формирующийся в аккумулятивной позиции, по плотности гумусового горизонта характеризуется как нормальный (1 г/см³).

Наиболее плодородным является чернозем выщелоченный, т.к. имеет максимальные значения по всем подвижным элементам питания ($N_{\text{дг}} = 17,1$; $P_2O = 8,4$; $K_2O = 20,0$ мг/100 г). Немного ниже по плодородию чернозем обыкновенный, сформированный в аккумулятивной позиции ($N_{\text{дг}} = 16,1$; $P_2O = 5,4$; $K_2O = 19,0$ мг/100 г) и меньшим содержанием подвижных форм характеризуются черноземы обыкновенные в элювиальной позиции (P-1) и на выровненном участке склона (P-4). Количество азота в них составляет 16,0 мг/100 г, величина фосфора варьирует от 5,5 до 6,7 мг/100 г, содержание калия колеблется от 17,0 до 18,5 мг/100 г почвы.

Заключение. Изученные черноземы обыкновенные характеризуются довольно однородным легким супесчаным и легкосуглинистым гранулометрическим составом с преобладанием фракций песка и крупной пыли. Значительное содержание песчаных фракций отмечается в черноземе обыкновенном, сформированном на вершине склона. Чернозем выщелоченный отличается более тяжелым гранулометрическим составом.

Все черноземы обыкновенные по классификации являются среднегумусными. В черноземе выщелоченном содержится больше гумуса, что позволяет его отнести к тучным. Распределение карбонатов в почвах, как правило, носит иллювиальный характер. Реакция почвенной среды в бескарбонатной части профиля выщелоченного чернозема слабокислая, вниз по профилю сменяется на слабощелочную, в обыкновенных черноземах – нейтральная, а в нижних горизонтах становится щелочной.

В результате исследования выявлено, что черноземы являются достаточно обеспеченными подвижными элементами питания, что связано с высоким содержанием гумуса, емкостью катионного обмена и поглощательной способностью почв.

Список литературы

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М. : МГУ, 1970. – 487 с.
2. *Владыченский А.С.* Особенности горного почвообразования / А.С. Владыченский. – М. : Наука, 1998. – С. 97–99.
3. *Кузнецов М.С.* Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 334 с.
4. *Мистрюков А.А.* Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины / А.А. Мистрюков. – Новосибирск : СО АН СССР, 1991. – 130 с.
5. *Спирина В.З.* Черноземы Абакано-Минусинской котловины / В.З. Спирина // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. – Томск : Издательский Дом ТГУ, 2015 – С. 112–117.

УДК 631.4

СОЛЕВОЙ СОСТАВ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ И СВОЙСТВА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ

Спирина Валентина Захаровна

кандидат биологических наук, доцент,

Национальный исследовательский

Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: Spirina.pochva@mail.ru

Аннотация. Солевой состав водной вытяжки и свойства почвы в данной работе рассматриваются на примере южных черноземов Ширинской степи Хакасии. Черноземы представлены мало- и среднемощными, мало- и среднегумусными

видами, легко-, средне- и тяжелосуглинистыми разновидностями. Показано, что черноземы в гумусовой части профиля являются слабозасоленными и имеют среднее засоление в нижних горизонтах. По отношению анионов засоление почв хлоридно-сульфатное с участием соды, а в нижней части профиля – содово-хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное.

Ключевые слова: солевой состав, черноземы южные, химические свойства, гумус, гранулометрический состав, почвенные горизонты.

SALTCOMPOSITIONANDPROPERTIESOFAQUEOUSEXTRACT SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE SHIRA STEPPE

Spirina V. Z.

candidate of biological sciences, associate professor;

National Research Tomsk State University, Tomsk

E-mail: Spirina.pochva@mail.ru

Abstract. The salt composition of water extraction and soil properties in this paper we consider the example of southern chernozems of the Shira Steppe of Khakasia. Chernozems represented small and moderately, small and medium-species, light-, medium- and heavy varieties. It is shown that in the black soil of the humus profile is slightly saline, and have an average salinity in the lower horizons. In relation chloride-sulphate anions salinization with soda, and the lower part of the profile – soda-chloride-sulfate and sulfate-chloride.

Keywords: salt composition, southern black soils, chemical properties, humus, particle size distribution, soil horizons.

Введение. Почвенный покров Ширинской степи на протяжении многих лет интенсивно используется в различных агроценозах региона, что нарушает естественную цикличность почвообразовательных процессов и приводит к постепенной трансформации свойств почв. Изучение особенности засоления степных почв, испытывающих недостаток в увлажнении и требующих орошения, имеет большое научное и практическое значение.

Ширинский озерно-степной район, расположен в северной части Хакасии и занимает значительную территорию Чулымо-Енисейской котловины. Южные и обыкновенные черноземы составляют основной фонд (более 85%) пахотно-пригодных земель [2]. Слабая оструктуренность, особенно южных черноземов и расползание их на возвышенных элементах рельефа, благоприятствует поверхностному стоку и более интенсивному испарению влаги, что обуславливает неблагоприятный водный режим.

Преобладающими почвами являются разные виды и разновидности южных и обыкновенных черноземов в комплексе с солонцовыми и солончаковыми почвами.

Объекты и методы. Объекты исследования представлены черноземами южными мало- и среднемощными мало- и среднегумусными видами, легко-, средне- и тяжелосуглинистыми разновидностями. Черноземы характеризуются слабовыраженным дерновым горизонтом, небольшим по мощности гумусовым слоем (10–17 см), высокой карбонатностью всей почвенной толщи и щебнистостью. Почвы исследовались на примере пологого почвенно-геоморфологического профиля. Растительность вершины холма – каменистая степь, которая ниже плавно переходит в мелкодерновинную настоящую степь. Почвообразующие породы меняются от карбонатного элювия на вершине холма до пестроцветных легких и средних суглинков в средней части склона и темно-бурых делювиальных суглинков в его основании. Для изучения почв использовались общепринятые в почвоведении методы и методики [1], определялся гранулометрический состав, общие химические и физико-химические свойства, солевой состав водной вытяжки.

Результаты и обсуждение. Южные черноземы Ширинской озерной степи имеют неоднородный по профилю гранулометрический состав. Чернозем южный маломощный малогумусный вскрытый разрезом 1, является легкосуглинистым пылевато-песчаным с содержанием хрящеватых фракций в почвенном профиле в разных количествах. Гранулометрический состав утяжеляется при переходе к горизонту *Vca*. По всему профилю в составе мелкозема преобладают песчаные частицы. Незначительное содержание илистой фракции в верхней части почвенного профиля вызвано действием ветровой эрозии и смывом мелкозема. Передвижение ила вглубь профиля может происходить также и при проявляющихся процессах осолонцевания, вызванных повышенным содержанием натрия и магния (15–16 мг-экв/100 г почвы) в ППК. Чернозем южный маломощный среднегумусный (p2), расположенный в средней части склона, имеет легкосуглинистый гранулометрический состав. На глубине 40–60 см отмечается накопление илстых частиц (22–26%) по сравнению с содержанием в гумусовом горизонте (11–13%), что также связано с процессом осолонцевания. У основания склона почвы средне- и тяжелосуглинистые. Преобладающей фракцией является илстая, на ее долю приходится 22%, однако мелкого песка тоже много – 12–18%. Физической глины в гумусовых горизонтах содержится около 43%. Перераспределения илстых частиц по почвенному профилю не наблюдается. Южный чернозем на темно-буром делювиальном суглинке отличается более тяжелым составом и плавным изменением содержания гранулометрических фракций по профилю. По содержанию гумуса эти почвы можно отнести к мало- и среднегумусным, а по мощности гумусового горизон-

та – к мало- и среднемощным. Увеличение гумусности и мощности гумусового профиля наблюдается в почвах от вершины холма (р1 – 3,3%) к его подножию (р5 – 6,2%). Реакция водной вытяжки черноземов слабощелочная и щелочная.

Минерализация водной вытяжки в южных черноземах колеблется в пределах 0,19–0,42%. В распределении сухого остатка по профилю наблюдаются следующие закономерности: в черноземе маломощном мало-гумусном на карбонатном элювии (р1) максимум солей приходится на горизонт Вса (19–31 см); минимальное количество солей содержится в материнской породе на глубине 40 см. В черноземах, развитых на пестроцветных отложениях, имеется несколько максимумов, которые приурочены к горизонтам Вса и Сса. Это свидетельствует о том, что соли в профиль почвы могут поступать разными путями – из почвообразующей породы, с опадом растений, из атмосферы и т.п. Резко возрастает количество солей в нижних горизонтах чернозема (р5), сформированного у основания склона на засоленном темно-буром делювиальном суглинке. Карбонаты и бикарбонаты распределяются следующим образом: в черноземе развитом на вершине склона (р1) максимум карбонатов приходится на дерновый горизонт (0–10 см), в то время, как бикарбонаты концентрируются в горизонте Вса (19–31 см). В южном черноземе (р2), расположенном на переходе от вершины склона к делювиальному шлейфу, горизонты скопления карбонатов и бикарбонатов примерно совпадают и приурочены к глубине 35–55 см. Еще ниже по пологому склону в черноземе р3, карбонаты остаются глубже, а бикарбонаты подтягиваются к 20–30 см. В черноземах, сформированных у подножия склона, карбонатный горизонт залегает значительно глубже и имеет большую мощность, чем в почвах верхних частей склона. Так, в черноземе р4 максимальное скопление карбонатов выражено слабо и сосредоточено на глубине 84–114 см; бикарбонаты скапливаются на меньшей глубине – 46–57 см. В черноземе р5, у основания склона, четко выражен максимум карбонатов на глубине 55–65 см; бикарбонаты залегают немного глубже. Такое распределение карбонатов обусловлено лучшим увлажнением черноземов расположенных у подножия склона. Все исследуемые черноземы, кроме почвы на буром делювиальном суглинке (р5) максимум хлорид-ионов содержат на глубине 30–50 см. Наибольшее скопления солей обычно отмечается под карбонатным горизонтом. Повышенное содержание хлора в верхнем горизонте южного чернозема р5 вероятно, обусловлено влиянием сферы распространения солей с озера Шира и сносом легкорастворимых солей с повышенных элементов рельефа. Катионный состав вытяжки в степных почвах, особенно содержание токсичного для расте-

ний натрия может характеризовать некоторые важные свойства. В южном маломощном черноземе (р1) наибольшее количество катионов приходится на горизонт Вса, в составе вытяжки преобладает кальций, натрия и магния содержится меньше. В черноземах расположенных ниже по склону, наоборот, преобладают натрий и магний, причем их доля в солевом составе возрастает от почв средней части склона к почвам подножия. Из этого следует, что происхождение данных катионов в южных черноземах Ширинской степи связано, прежде всего, с составом почвообразующих пород.

Заключение. Южные черноземы Ширинской озерной степи по составу водной вытяжки, согласно общепринятой классификации являются слабозасоленными и имеют среднее засоление в горизонтах Вса и Сса. По отношению анионов засоление хлоридно-сульфатное с участием соды, в нижней части профиля – содово-хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное. В связи с особенностями солевого состава, на исследуемых черноземах не следует применять орошение, а использовать их как естественные сенокосы и пастбища.

Список литературы

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 487 с.
2. *Танзыбаев М.Г.* Почвы Хакасии / М.Г. Танзыбаев. – Новосибирск : Наука. – Сиб. отделение, 1993. – 256 с.

УДК 550.47:631.416.9 (234.81)

БИОГЕОХИМИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ВСЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Протасова Нина Алексеевна

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: prot.niko@rambler.ru*

Беляев Анатолий Борисович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: anat.beliaev2017@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены особенности биогеохимии Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Ba, Sr, B, I, Mo, Be в почвообразующих породах и серых лесных почвах лесостепных ландшафтов Среднерусской возвышенности, и исследованы закономерности их пространственного и внутрипрофильного распределения. Показано, что процессы аккумуляции, миграции, трансформации, выщелачивания микроэле-

ментов обусловлены гранулометрическим и химико-минерало-логическим составом почвообразующих пород и почв, их физико-химическими и химическими свойствами, геохимическими барьерами, в роли которых выступают генетические горизонты – гумусовый, карбонатный, иллювиальный.

Ключевые слова: серые лесные почвы, микроэлементы, биогеохимия, лесостепные ландшафты, химико-минералогический состав, геохимические барьеры, почвенные процессы

BIOGEOCHEMISTRY OF TRACE ELEMENTS IN GREY FOREST SOILS OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE FOREST-STEPPE WITHIN CENTRAL RUSSIAN UPLAND

Protasova N. A.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: prot.niko@rambler.ru*

Beliaev A. B.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: anat.beliaev2017@yandex.ru*

Abstract. Peculiarities of Biogeochemistry Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Ba, Sr, B, I, Mo, Be in the soil forming rocks and Grey Forest Soils of forest-steppe landscapes within the Central Russian Upland, and the regularities of their spatial and intraprofile distribution. It is shown that the processes of accumulation, migration, transformation, leaching of trace elements are caused by particle and chemical-mineralogical composition of the parent rocks and soil physical-chemical properties, geochemical barriers, which are genetic horizons-humus, carbonate, illuvial (adsorption).

Keywords: Grey Forest Soils, trace elements, biogeochemistry, forest steppe landscapes, chemical and mineralogical composition, geochemical barriers, soil processes

Введение. По выражению Г.В. Добровольского (1999), почва в биогеохимических процессах выступает как «зеркало» и «память» происшедших и происходящих природных и антропогенных явлений на земной поверхности. Интенсивность и направленность этих процессов определяется прежде всего химическим составом почв, который неразрывно связан с их минералогическим составом. Известно, что поведение химических элементов в почвах зависит от типа ландшафта, который определяется свойствами подстилающих и почвообразующих пород, рельефом местности, гидрологическим и гидрохимическим режимом, характером растительности, направленностью и интенсивностью почвообразовательного процесса и антропогенным воздействием.

Формирование микроэлементного состава почв подчиняется определенным закономерностям, обусловленным действием многих экологических факторов и является результатом весьма сложных и многообразных биогеохимических процессов. Особенности рельефа, почвообразующих и подстилающих пород, почвенного и растительного покрова, климата создают своеобразные геохимические условия, формирующие определенный химический состав главных компонентов лесостепных ландшафтов – серых лесных почв.

Объекты и методы исследований. С целью изучения особенностей биогеохимии Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, (тяжелые металлы), Ti, Zr, Ga (металлы-гидролизаты), Ba, Sr (щелочноземельные металлы), B, I, Mo, Be были исследованы закономерности их пространственного и внутрипрофильного распределения в светло-серых, серых и темно-серых лесных легко- и среднесуглинистых почвах на лессе, лессовидных легких и средних суглинках, распространенных в лесостепных ландшафтах Среднерусской возвышенности северо-западной части Центрального Черноземья. Исследования проводились на территории Орловской (Болховский, Мценский, Кромской, Орловский районы) и Курской (Льговский, Рыльский, Коньшевский, Хомутовский, Тимский районы) областях.

Согласно почвенно-геохимическому районированию Центрального Черноземья, серые лесные почвы наибольшее распространение получили на территории Курско-Орловского почвенно-геохимического района, находящегося в северо-западной части Среднерусско-Калачского почвенно-геохимического округа, в условиях плакорного типа местности. Почвы района характеризуются недостатком Al, Fe, Ca, Mg, P, Cr, V, Ni, Cu, Be, Sr, I, Mo, иногда Mn, Zn, подвижных K, P, Zn, Co, I, Mo, иногда B; с избытком Si, K, Na, S, Zr, B [8].

Валовое содержание микроэлементов и их подвижные соединения в почвообразующих породах и серых лесных почвах определяли на спектрометре «КВАНТ-Z. ЭТА», вольтамперометрическим методом на анализаторе ТА-4 и спектральным эмиссионным атомным анализом. Экспериментальные данные были подвергнуты вариационно-статистической обработке с использованием программ Stadia Microsoft Excel 97.

Результаты и обсуждение. Формирование микроэлементного состава почвообразующих пород и серых лесных почв в лесостепных ландшафтах обусловлено их генезисом, гранулометрическим и химико-минералогическим составом, характером древесной и травянистой растительности и миграционной способностью микроэлементов [1, 4].

Фракция крупной пыли (0,05–0,01 мм) является в серых лесных почвах преобладающей, илистая фракция занимает вторые позиции. Вниз по

профилю этих почв происходит утяжеление гранулометрического состава. С глубиной содержание илистой фракции увеличивается, что свидетельствует о наличии элювиальных и иллювиальных процессов у этих почв в прошлом, а может быть и в настоящем [2].

В работах П.Г. Адерихина, А.Б. Беляева [2] и Б.П. Ахтырцева [4] представлены данные, характеризующие минералогический и химический состав серых лесных почв Центрального Черноземья, которые показывают определенную приуроченность химических элементов к различным гранулометрическим фракциям и минералам. Согласно им, в илистой фракции серых лесных почв присутствуют минералы гидрослюдисто-монтмориллонитовой ассоциации. Сопутствующими минералами являются смешанослойные, монтмориллонит, хлорит, каолинит, кварц и гидроксиды железа. В гумусовом горизонте содержится 55–58% кварца и 16–17% полевых шпатов. В иллювиально-глинистом горизонте количество их снижается соответственно до 46–52% и 10–13%. Акцессорные минералы, которые являются носителями микроэлементов, присутствуют в количестве от 0,2 до 4 %. Они обладают высокой устойчивостью, и содержащиеся в них микроэлементы с большим трудом могут быть мобилизованы и вовлечены в биогеохимические процессы.

Для серых лесных почв характерна отчетливая дифференциация валового химического состава по генетическим горизонтам. Элювиальные горизонты обеднены Fe, Al, Mg и обогащены Si. Из верхней части профиля происходит вынос большинства химических элементов, исключая P, способный к биогенному накоплению. Содержание K в почвенном профиле довольно постоянно. В иллювиальном горизонте накапливаются Fe и частично Mg. В илистой фракции сконцентрирована основная часть Al, Fe, P и Mg.

Значительную долю минеральной части серых лесных почв на лёссе составляют первичные минералы: кварц, полевые шпаты, слюды, хлориты, пироксены, амфиболы, которые концентрируются преимущественно в крупных гранулометрических фракциях. В тонких фракциях сосредоточены глинистые минералы – гидрослюды и монтмориллонитовая группа. На их долю приходится 20–25%. Песчаная фракция состоит на 66–77% из кварца и 11–31% из железисто-марганцовистых агрегатов, незначительного количества кальцита и гидроксидов железа. Во фракции 0,1–0,05 мм возрастает содержание полевых шпатов до 12–13%, кварца до 77–83%, появляются мусковит и биотит.

Во всех генетических горизонтах преобладает крупнопылевая фракция, которая содержит 75–79% кварца, 16–22% полевых шпатов, 0,9–3% мусковита, 0,4–1% биотита. Акцессорные минералы представле-

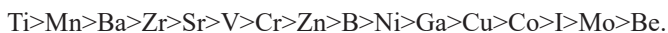
ны роговой обманкой, рутилом, цирконом, турмалином в виде единичных зерен в мелкопесчаной и крупнопылеватой фракциях. Во фракции 0,1–0,01 мм преобладают ильменит с магнетитом, меньше эпидота с цоизитом, рутила и амфиболов. В элювиальном горизонте возрастает содержание ставролита, рутила, монацита, эпидота с цоизитом, лейкоксена, и уменьшается количество граната, группы дистена, циркона, турмалина, ильменита с магнетитом. В иллювиальном горизонте уменьшается содержание амфиболов, эпидота с цоизитом, лейкоксена, и накапливаются гранат, рутил, сфен, циркон, ильменит с магнетитом.

Во фракции 0,25–0,1 мм элювиального горизонта аккумулируется пирролюзит. В почвообразующей породе отмечается накопление ставролита, циркона, лейкоксена, ильменита с магнетитом, группы дистена.

По данным П.Г. Адерихина, А.Б. Беляева [2] и Б.П. Ахтырцева [4], серые лесные почвы на лёссах имеют близкий валовой химический состав. Их отличительной особенностью является повышенное содержание кремнезема, значительное содержание щелочных металлов и невысокая сумма полуторных оксидов. В иле серых лесных почв сосредоточено от 50 до 80% Al, Fe, Mg; 50–60% Ca, K, P, Ti; 40% S, 16–21% Na по отношению к валовым запасам. В иле элювиального горизонта отмечается снижение содержания Ca, Na, P, Mn, C. Si, Ca, Na приурочены в основном к грубым фракциям, состоящим из первичных минералов. Для K и Ti характерно равномерное распределение по гранулометрическим фракциям. В илистой фракции гумусового горизонта интенсивно накапливаются C и Mn. Обезыленная почва (фракция > 0,001 мм) по своему химическому составу отличается от ила резким увеличением Si при значительном снижении содержания Al, Fe и Mg. Так как содержание илистой фракции во всех генетических горизонтах невелико, то их химический состав сравнительно однороден. Микроэлементный состав лессовидных суглинков, на которых формируются серые лесные почвы, можно представить в виде следующего ряда:



В процессе почвообразования уровень содержания большинства микроэлементов в серых лесных почвах по сравнению с почвообразующими породами почти не изменяется, за исключением Mn и I. Под влиянием процессов гумусообразования и гумусонакопления происходит биогенная аккумуляция этих микроэлементов, и микроэлементный состав почв приобретает несколько другой вид:



В зависимости от того, какие из элементарных почвенных процессов имеют перевес, формируется тот или иной количественный микроэле-

ментный состав серых лесных почв. Так, в условиях усиления биогенной аккумуляции, сопровождаемой накоплением гумуса фульватно-гуматного типа, развития оглинивания в иллювиальном горизонте и ослабления процессов лессиважа, который протекает с частичным разрушением ила, и ограничения миграции металлорганических соединений формируется микроэлементный профиль темно-серых лесных почв со слабо дифференцированным по генетическим горизонтам микроэлементным составом. Для этих почв характерны не ярко выраженный элювиально-иллювиальный тип распределения В, I, Мо, биогенная аккумуляция в гор. А. валовых Mn, V, Zn, Cu, Ti, B, I и подвижных соединений Mn, Co, Cu, Zn, B, Mo. По данным П. Г. Адерикина и М. Т. Копаевой [3], до 48% Cu связано с минеральной частью темно-серых лесных почв, 17% – с гуминовыми кислотами и 37% – с фульвокислотами.

Усиление процессов лессиважа сопровождается вымыванием высокодисперсных частиц из верхней части профиля и осаждением их в иллювиальном горизонте. В илистой фракции интенсивно концентрируются Cu, Zn и в меньшей степени – Mn и Co.

На фоне возрастания миграции металлорганических соединений и оподзоливания, а также оглинивания и ослабления гумусонакопления, при котором образуется гуматно-фульватный тип гумуса, формируется микроэлементный профиль светло-серых лесных почв с резко дифференцированным микроэлементным составом по генетическим горизонтам. В этих почвах наблюдаются хорошо выраженное распределение Cr, V, Ni, Zn, Co, Ti, Ba, B, I Мо по элювиально-иллювиальному типу, биогенная аккумуляция Mn, Mo, I и подвижных соединений Mn, Cu, B, Mo. По данным П. Г. Адерикина и М. Т. Копаевой [3], 53–64% от валового содержания Cu и Zn находится в минеральной части этих почв, 8–14% – в гуминовых кислотах и 24–38 % – в фульвокислотах.

В подтипе серых лесных почв оподзоливание выражено слабо, поэтому только Cr, V, Zn, Cu, Co, Ti, I, Mo распределяются по элювиально-иллювиальному типу, и в биогенной аккумуляции участвуют валовые Mn, Zn, Cu, Ba, B, I, Mo и подвижные соединения Mn, Co, B, Mo. По данным А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиас [7], накопление в иллювиальном горизонте лесных почв Cu связано с оглиниванием.

Наибольшая аккумуляция микроэлементов наблюдается в темно-серых лесных почвах, расположенных под широколиственным лесом. Это явление объясняется поступлением микроэлементов из лесной подстилки, являющейся концентратором, в частности, тяжелых металлов. По мнению В. В. Добровольского [6], биогенное накопление микроэлементов в серых лесных почвах связано с тем, что почвенные беспозвоночные из-

бирательно концентрируют Mo, Zn в меньшей степени – Cu, Co, Ni, Sr. Величины коэффициентов аккумуляции показывают, что только Mn, Mo, I, Ti, Zr накапливаются во всех подтипах серых лесных почв лесостепи на фоне накопления некоторых макроэлементов – P, S, Si. Биогенная аккумуляция характерна для элементов-биофилов – Mn, Mo, I, P, S, подвижные соединения которых интенсивно накапливаются в верхних горизонтах серых лесных почв (табл. 1).

Микроэлементы-гидролизаты слабого биологического захвата (по Перельману) – Ti, Zr, а также Si в силу своей инертности в малой степени подвержены процессам выщелачивания и слабо выносятся из гумусового горизонта. Так как некоторые растения способны переносить Ti в верхнюю часть профиля и обогащать ее, наблюдается небольшая биогенная аккумуляция элемента в верхних горизонтах серых лесных почв. Во всех подтипах серых лесных почв идет интенсивный вынос весьма подвижного Sr, который задерживается на карбонатном барьере, в роли которого выступает карбонатная почвообразующая порода.

Таким образом, степень дифференцированности содержания микроэлементов по генетическим горизонтам почвенного профиля уменьшается от светло-серых лесных почв к темно-серым лесным. В этом же направлении усиливается аккумуляция V, Ni, Zn, Cu, Ti, Ba, B в гумусовом горизонте серых лесных почв.

Формирование микроэлементного состава серых лесных почв сопровождается интенсивным концентрированием в них относительно литосферы I, B, в меньшей степени – Zr, Mo и рассеянием остальных элементов (табл. 2). Наиболее сильная степень рассеяния микроэлементов, кроме Mn, Ga, проявляется в светло-серых лесных почвах, несколько меньшая – в темно-серых лесных, что обусловлено различной интенсивностью протекающих в них почвенных процессов – биогенной аккумуляции, гумусо-

Таблица 1

Коэффициенты аккумуляции микроэлементов в серых лесных почвах

Cr	V	N	Mn	Zn	Cu	Co	Ti	Zr	Ba	Sr	B	I	Mo
Светло-серые лесные почвы													
0,6	0,7	0,6	2,8	0,9	0,9	1	1,1	1,7	0,8	0,8	1	4	1,2
Серые лесные почвы													
0,8	0,8	0,8	2,5	1	1,2	0,9	1,1	1,1	1,2	0,7	1,1	2,5	1,3
Темно-серые лесные почвы													
0,9	1,1	1	2	1,3	1,4	0,9	2	1,6	1,2	0,8	1,1	2	1,3

**Кларки рассеяния и концентрации микроэлементов
в серых лесных почвах относительно литосферы**

Cr*	V*	Ni*	Mn*	Zn*	Cu*	Co*	Ti*	Zr**	Ga*	Be*	Ba*	Sr*	B**	I**	Mo**
Светло-серые лесные почвы															
7	3	4	1	2,4	4,7	2,1	3,1	2,1	1	6	1,5	6,3	2,9	5	1,3
Серые лесные почвы															
2,2	2	3	1,4	2,2	4,6	2,1	1,5	2,5	1	5	1,3	6	2,9	8	1,4
Темно-серые лесные почвы															
1,2	2	1,8	1	1,9	3,2	1,9	0,9	2,5	1	4	1,3	4,2	4,1	11	1,4

*кларк рассеяния (Кр) – отношение значения кларка микроэлементов в литосфере к среднему содержанию в почвах.

**кларк концентрации (Кк) – отношение среднего содержания микроэлементов в почвах к кларку литосферы.

накопления, выщелачивания, лессиважа, иллювиирования. Рассеяние большинства микроэлементов и концентрирование I, V, Zr, Mo относительно литосферы наблюдается и в почвообразующих породах, на которых сформировались серые лесные почвы, что свидетельствует о близости их микроэлементного состава.

По сравнению с кларком почв (по Виноградову), серые лесные почвы лесостепи обеднены Cr, V, Zn, Cu, Ti, Be, Ba, Sr, Mo, I и макроэлементами – Al, Fe, Ca, Mg, P и обогащены Co, Zr, B, S, K, Na, Si.

Овощные культуры, выращенные на серых лесных почвах, имеют очень низкое содержание йода. Так, количество йода в корнеплодах моркови колеблется от 1 до 11,4 мг/кг сухого вещества, в свекле составляет 1,65–13,2 мг/кг, в клубнях картофеля – 1,4–14,2 мг/кг. Йодная недостаточность почв и растений усиливает зобную эндемию среди населения региона.

Заключение. Таким образом, влияние минералогического состава почвообразующих пород и серых лесных легко- и среднесуглинистых почв на их микроэлементный состав определяется количеством кварца, глинистых и акцессорных минералов. Глинистые минералы, благодаря своей большой адсорбирующей способности, поглощают мигрирующие ионы микроэлементов и повышают уровень их концентрации в этих почвах. В лесостепных ландшафтах в условиях периодически промывного типа водного режима в гумусовых горизонтах серых лесных почв аккумуляция микроэлементов происходит как за счет связывания гумусом, который накапливается в илистой и тонкопылеватой фракциях, так и за счет адсорбции высокодисперсными минеральными частицами.

В серых лесных почвах относительно почвообразующих пород накапливаются Si, S, P, Mn, Zr, B, I. У серых лесных почв выявлена отчетливая

дифференциация микроэлементного состава по генетическим горизонтам, обусловленная тем, что его формирование протекает по элювиально-иллювиальному типу в условиях периодически промывного типа водного режима. Темно-серые лесные почвы имеют не ярко выраженный элювиально-иллювиальный тип распределения В, I, Мо с биогенной аккумуляцией в гор. А валовых Mn, V, Zn, Cu, Ti, B, I и подвижных соединений Mn, Zn, Cu, Co, B, Mo.

Для светло-серых лесных почв характерны хорошо выраженное распределение тяжелых металлов, Ti, Ba, B, I, Mo по элювиально-иллювиальному типу и биогенная аккумуляция валовых Mn, Mo, I и подвижных соединений Mn, Cu, B, Mo. В подтипе серых лесных почв проявляются распределение V, Cu, Zn, Co, Ti, Mo, I по элювиально-иллювиальному типу и биогенная аккумуляция валовых Mn, Zn, Cu, Ba, I, Mo и подвижных соединений Mn, Co, Mo, B. Во всех подтипах серых лесных почв происходит интенсивное выщелачивание Sr из верхней части профиля и его накопление на карбонатном барьере. Степень дифференцированности содержания микроэлементов по генетическим горизонтам почвенного профиля уменьшается от светло-серых лесных к темно-серым лесным почвам вследствие ослабления процессов выщелачивания, иллювиирования, лессиважа и усиления гумусонакопления и биогенной аккумуляции.

Формирование микроэлементного состава серых лесных почв сопровождается интенсивным концентрированием в них относительно литосферы I, B, в меньшей степени – Zr и Mo и рассеянием остальных микроэлементов. Наиболее сильное рассеяние микроэлементов относительно литосферы наблюдается в светло-серых лесных почвах.

Серые лесные почвы и продукция растениеводства имеют низкую обеспеченность йодом, особенно подвижным. В условиях йодной недостаточности почв и получаемой с них сельскохозяйственной продукции усиливается вероятность зобной эндемии среди населения.

Список литературы

1. Адерихин П.Г. Минералогический состав некоторых песчаных и супесчаных почв Центрально-Черноземных областей / П.Г. Адерихин, И.П. Чигиринцев, В.И. Воронин и др. // Почвоведение. – 1968. – № 2. – С. 114–123.
2. Адерихин П.Г. Минералогический состав черноземных и серых лесных почв Центрально-Черноземных областей / П.Г. Адерихин, А.Б. Беляев // Почвоведение и проблемы сельского хозяйства. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та. – 1973. – С. 5–36.
3. Адерихин П.Г. Содержание меди и цинка в органическом веществе некоторых почв ЦЧО / П.Г. Адерихин, М.Т. Копаева : сб. матер. IX Всесоюз. конф. по пробл. микроэлементов в биологии. – Кишинев : Штиинца. – 1981. – С. 90–94.
4. Ахтырцев Б.П. Состав минеральной части серых лесных почв Среднерусской лесостепи и его изменение в ходе почвообразования / Б.П. Ахтырцев // Почвоведение и проблемы сельского хозяйства. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та. – 1973. – С. 37–74.

5. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР. – 1957. – 238 с.

6. *Добровольский В.В.* Основы биогеохимии / В.В. Добровольский. – М. : Академия, 2003. – 400 с.

7. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир. – 1989. – 439 с.

8. *Протасова Н.А.* Микроэлементы (Ti, Mn, Cr, V, Ni, Zn, Cu, Co, Mo, Be, Ba, Sr, Zr, Ga, B, I) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков. – Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2003. – 368 с.

УДК 631.445.4 (571.14)

СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Галеева Любовь Павловна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Аннотация. Установлено, что интенсивная технология возделывания яровой пшеницы на фоне обработки почвы по системе No-Till с применением органических удобрений способствует сохранению гумуса, а с применением минеральных удобрений уменьшает содержание валового азота и фосфора в почве. Экстенсивная технология возделывания пшеницы на фоне отвальной обработки чернозёма выщелоченного без применения удобрений уменьшает содержание гумуса, поддерживает и повышает количество валовых и подвижных форм азота и фосфора. Жидкий навоз, корневые и пожнивные остатки увеличивают содержание валового фосфора, его легкодоступной и подвижной форм и нитратного азота в почве при обеих технологиях возделывания пшеницы. Удобрения создают благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором. Урожайность яровой пшеницы, возделываемой по интенсивной технологии, выше, чем по экстенсивной.

Ключевые слова: чернозёмы выщелоченные, биологическая продуктивность, система земледелия, экстенсивная и интенсивная технология возделывания, яровая пшеница, органические и минеральные удобрения, гумус, валовые и подвижные формы азота и фосфора, буферность.

PROPERTIES AND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF LEACHED CHERNOZEM OB IN NOVOSIBIRSK UNDER DIFFERENT FARMING SYSTEMS

Galeev L. P.

doctor of agricultural sciences, professor,

Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Abstract. The intensity of cultivation technology of spring wheat on a background of tillage system on No-Till using organic fertilizers contributes to the preservation of humus and with the application of mineral fertilizers reduces the content of total nitrogen and phosphorus in the soil. Extensive wheat cultivation technology on the background processing moldboard leached black soil without fertilization reduces the content of humus, supports and increases the amount of total and mobile forms of nitrogen and phosphorus. Liquid manure, crop residues and roots increase the content of total phosphorus, it is easily accessible and mobile forms and nitrate nitrogen in the soil at both technologies of cultivation of wheat. Fertilizers create favorable conditions for food crops phosphorus. Yields of spring wheat cultivated on intensive technology, higher than extensive.

Keywords: leached Chernozem, biological productivity, farming system, extensive and intensive cultivation technology, spring wheat, organic and mineral fertilizers, humus, total and mobile forms of nitrogen and phosphorus, and buffering.

Усиление антропогенной нагрузки на почву в условиях сокращения площадей пашни, резкого дефицита или отсутствия применения органических и минеральных удобрений, мелиорантов, химических средств защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, несоблюдение севооборотов ведёт к постепенному снижению её плодородия [2, 3].

В этой связи один из путей уменьшения плодородия почв – минимализация обработок или отказ от них совсем (No-till) с помощью внедрения новой техники на фоне умеренных доз минеральных удобрений и средств защиты растений [1, 4].

В условиях северной лесостепи Приобья (учхоз Тулинское Новосибирской области) было изучено влияние экстенсивной и интенсивной систем земледелия на изменение физико-химических свойств чернозёмов выщелоченных в сравнении с целиной и урожайность яровой пшеницы. Экстенсивная система земледелия включала в себя отвальную обработку почвы без применения минеральных удобрений, но с обработкой посевов пшеницы гербицидами, интенсивная – обработка почвы по системе No-till с применением органических и минеральных удобрений и гербицидов. При экстенсивной системе земледелия яровую пшеницу возделывали по картофелю и по пшенице, при интенсивной – по кукурузе с применением под неё 150 т/га жидкого навоза и по пшенице с применением азотно-фосфорных удобрений (N60P40). Для борьбы с сорняками в посевах пшеницы использовали препарат Гепард-экстра (100+27 г/л) в рекомендованной дозе.

В результате исследований установлено, что использование чернозёма выщелоченного в пашне только при интенсивной системе земледелия с внесением жидкого навоза в севообороте под кукурузу подде-

рживало содержание гумуса в слое 0–20 см, в других случаях оно уменьшалось по сравнению с целиной (см. таблицу). Получение высокого урожая зелёной массы кукурузы (до 700 ц/га) на фоне применения жидкого навоза при использовании обработки по системе No-Till заметно уменьшало величину рН. Возделывание пшеницы по пшенице, несмотря на внесение минеральных удобрений, снижало содержание валового азота и фосфора в почве, что обусловлено не только потреблением его культурой, но и расходом азота на минерализацию растительных остатков. При возделывании пшеницы на почве с отвальной обработкой содержание валового азота и фосфора в ней сохранялось на уровне целины. Жидкий навоз, внесённый под кукурузу, корневые и пожнивные остатки пшеницы повышали содержание валового фосфора, его легкодоступной и подвижной форм и нитратного азота в чернозёме, обеспечивая высокую обеспеченность ими при обеих технологиях возделывания пшеницы. При интенсивной технологии возделывания пшеницы отмечены более благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором, определяемые буферностью почвы в отношении фосфора [5]. Она характеризует способность системы противостоять изменениям под влиянием внешних факторов и определяется отношением доступных запасов фосфора (Q , мг/100 г почвы) к равновесной концентрации фосфора в почвенном растворе или интенсивности (I , мг P_2O_5 /л). При широком отношении этих показателей система «работает на себя», т.е. происходит значительное поглощение фосфора почвой, которая выступает как конкурент растению. Узкое отношение $Q:I$ в почве создаёт благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором, которые обеспечивало внесение жидкого навоза под кукурузу при выращивании пшеницы по интенсивной технологии.

Урожайность яровой пшеницы при возделывании её по интенсивной технологии в среднем на 6 ц/га превышала таковую при экстенсивной.

Интенсивная технология возделывания яровой пшеницы по кукурузе с применением органических удобрений на фоне обработки почвы по системе No-Till способствует сохранению гумуса, а с применением минеральных удобрений приводит к уменьшению валового азота и фосфора, обусловленного потреблением их культурой и расходом азота на минерализацию растительных остатков. Органические и минеральные удобрения создают более благоприятные условия для питания сельскохозяйственных культур фосфором.

Экстенсивная технология бессменного возделывания пшеницы на почве с отвальной обработкой без применения удобрений уменьшает

Таблица 1

**«Свойства и биологическая активность черноземов выщелоченных
при разных системах земледелия»**

Залежь, 75 лет	Пашня 75 лет			
	Экстенсивная технология (отв. обработка без удобрений + гербициды)		Интенсивная технология (обработка No-Till + удобрения + гербициды)	
	Пшеница по картофелю	Пшеница по пшенице	Пшеница по кукурузе	Пшеница по пшенице
Содержание гумуса, %				
6,74	6,34	6,48	6,74	6,48
рН водный				
6,90	7,17	7,02	6,40	7,57
Валовой азот, %				
0,284	0,266	0,277	0,250	0,193
Валовой фосфор, %				
0,192	0,191	0,269	0,299	0,120
N-NO ₃ , мг/кг (слой 0–40 см)				
2,9	3,4	19,3	18,0	11,0
P ₂ O ₅ по Карпинскому (I), мг/кг				
0,50	0,38	1,28	2,37	0,72
P ₂ O ₅ по Чирикову (Q), мг/кг				
94,8	109,8	180,0	191,2	89,0
Буферная способность				
95	144	70	40	62
Урожайность яровой пшеницы, ц/га				
	18,7	23,5	28,5	26,3

содержание гумуса, поддерживает и повышает количество валового азота и фосфора.

Органические удобрения, корневые и пожнивные остатки пшеницы повышают содержание валового фосфора, его легкодоступной и подвижной форм и нитратного азота в чернозёме при обеих технологиях возделывания пшеницы.

Список литературы

1. Власенко А.Н. Совершенствование систем зяблевой обработки чернозёмов в лесостепи Приобья / А.Н. Власенко, В.Е. Синещёков, В.Н. Слесарев, К.Г. Першилин // Докл. РАСХН. – 2004. – № 3. – С. 45–48.
2. Галева Л.П. Гумусное состояние и биологическая продуктивность чернозёмов выщелоченных в агроценозах / Л.П. Галева // Вестник НГАУ. – 2012. – № 1(22). – С. 10–16.
3. Галева Л.П. Антропогенное изменение чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья / Л.П. Галева // Отражение био-гео-антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов VI Всероссийской научной конференции с международным участием. – ТГУ. – Томск. – 2016. – С. 252–254.

4. Данилова А.А. Сочетание естественных и антропогенных факторов в формировании свойств чернозёма выщелоченного при почвозащитной обработке / А.А. Данилова // Агрохимия. – 2013. – № 8. – С. 45–53.

5. Кудеярова Ю.А. Степень снижения активности иона H_2PO_4^- под растениями и её восстановление в почвах с различной фосфатной буферной способностью / Ю.А. Кудеярова, Г.В. Полякова // Агрохимия. – 1971. – № 12. – С. 19–28.

УДК 631.445.4 : 631.432 : 631.434.1

ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ДЛИТЕЛЬНО ОРОШАЕМОГО АГРОЧЕРНОЗЕМА ГИДРОМЕТАМОРФИЗОВАННОГО

Аксенова Юлия Владимировна

*кандидат биологических наук, доцент,
Омский государственный аграрный университет
им. П.А. Столыпина, г. Омск
E-mail: axsenovajulia@gmail.com*

Аннотация. Дана оценка структурному состоянию и агрегатному составу чернозема гидрометаморфизованного, орошаемого более 35 лет. Содержание агрономически ценных фракций (10–0,25 мм) на уровне 46–51% в слое 0–20 см и 53–63% в слое 20–40 см обуславливает его удовлетворительное структурное состояние, но эти значения ниже оптимальных. Количество глыбистой фракции в слое 0–20 см превышает критическое значение на 3–10%. Под действием минеральных удобрений водопрочность структурных агрегатов снижается с «отличной» до «удовлетворительной».

Ключевые слова: структура, орошение, водопрочность, агрегатный состав, агрочернозем

ASSESSMENT THE STRUCTURAL STATE IS LONG THE RAFLUX AGROCHERNOZEM OF GIDROMETAMORFIZOVANNY

Aksenova Y. V.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Omsk state agricultural university of P. A. Stolypin, Omsk
E-mail: axsenovajulia@gmail.com*

Abstract. An assessment is given to a structural condition and modular structure of the chernozem of gidrometamorfizovanny, raflux more than 35 years. The maintenance agronomical of valuable fractions (10–0,25 mm) at the level of 46–51% in a layer of 0–20 cm and 53–63% in a layer of 20–40 cm causes its satisfactory structural condition, but these values below of optimum. The number of glybisty fraction in a layer of 0–20 cm exceeds critical value for 3–10%. Under the influence of mineral fertilizers water durability of structural units decreases with “excellent” to “satisfactory”.

Keywords: structure, irrigation, water durability, modular structure

Черноземы в Омской области распространены ограничено, их площадь составляет 1600,2 тыс. га, из них в пашне находится до 1530,3 тыс. га [3]. Основные массивы этих почв формируются вдоль приречных увалов рек Иртыша и Оми, по живообразным повышениям лесостепной и степной зон, и составляют основную базу производства сельскохозяйственной продукции области. В отличие от черноземов европейской части России, омские черноземы характеризуются невысоким потенциальным плодородием, так как представлены в основном маломощными, мало- и среднегумусированными видами [2].

Вовлечение черноземов в сельскохозяйственное производство, длительное и интенсивное использование в пашне, введение в орошаемое земледелие с целью повышения урожайности возделываемых культур, привело к ухудшению их гумусного и структурного состояния [1–5]. В результате снижения гумуса, усиливающегося под влиянием эрозийных процессов, особенно в степной зоне, появились площади черноземов с его критическим содержанием – до 2%. Изначально целинные черноземы имели зернистую или комковатую структуру, которая при распашке почв повсеместно превратилась в комковато-пылеватую.

Многочисленные данные по агрегатному составу черноземов области, полученные сотрудниками кафедры почвоведения ОмСХИ, еще в 1970–1989 гг., подтверждают распыленность структуры верхнего 0–5 см слоя. Содержание агрономически ценных агрегатов в нем в среднем составляет 30–50%, но в отдельных случаях снижается до 20–26% [2]. Ухудшение структурного состояния почв является одним из признаков проявления их физической деградации [5].

Целью исследований является изучение агрегатного состава и оценка структурного состояния и качества структурных агрегатов агрочернозема гидрометаморфизованного, орошаемого более 35 лет.

Объекты и методы исследований. Исследования проводятся в полевых опытах Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства, заложенных в 1977–1978 гг. на основе зернотравяного севооборота. Почва стационара представлена агрочерноземом гидрометаморфизованным маломощным сильногумусированным тяжелосуглинистым.

В 1978 году лабораторией орошаемого земледелия на полях стационара были созданы четыре фона питания с разной обеспеченностью фосфором (по Чирикову): 0 фон – без внесения удобрений; I фон – с высоким содержанием фосфора; II фон – с повышенным содержанием фосфора; III фон – с очень высоким содержанием фосфора. Начиная с 1996 года, поперек имеющихся фонов вносят фосфор в дозе P_{60} , в сочетании с калийными (K_{60}) и азотными ($N_{0,30,60,90}$) удобрениями. Азотные удобрения

вносят под каждый из двух укосов многолетних трав и под однолетние культуры. Калийные удобрения вносят под многолетние травы, фосфорные – под все культуры, под многолетние травы вносят в запас в расчете на ежегодный вынос 50–60 кг.

Орошение опытных полей, начатое в 1977 году, осуществляется водами реки Омь в течение 35 лет. Норма полива зависит от фазы развития и биологических особенностей культур и в среднем составляет 300 м³/га.

Отбор почвенных образцов проводили из пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–40 см) слоя в следующих вариантах опыта:

- 1) кострец + люцерна 6-го года пользования, 0 фон и фон $N_{30+30} P_{60} K_{60}$;
- 2) бобы, 0 фон и фон $N_{30} P_{60}$;
- 3) сорго, 0 фон и фон $N_{30} P_{60}$.

Результаты и обсуждение. Почвы, в которых в агрегатном составе количество глыбистой фракции (> 10 мм) не превышает 30% и более 70% приходится на агрегаты, размером 10–0,25 мм, устойчивы к различным видам физической деградации, так как такие параметры являются оптимальными. Если выше перечисленные показатели превышают порог критических значений, то можно говорить о развитии процессов физической деградации [5].

Удовлетворительное структурное состояние имеют почвы, содержащие более 60% агрегатов, размером 10–0,25 мм и более 70% водопрочных агрегатов.

По результатам анализа сухого рассева структурное состояние пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–40 см) слоев орошаемой почвы во всех вариантах опыта оценивается как удовлетворительное. Твердая фаза почвы находится в агрегированном состоянии и на долю макроагрегатов (10–0,25 мм) приходится от 46,2–51,0% в слое 0–20 см до 53,2–62,7% в слое 20–40 см, но эти показатели ниже оптимальных. Коэффициент структурности почвы в исследуемых вариантах опыта варьирует в диапазоне от 0,9–1,0 до 1,1–1,7 соответственно.

Независимо от применения удобрений и возделываемых культур, в слое почвы 0–20 см количество глыбистой фракции составляет 34,5–39,6, что превышает порог критического значения на 3–10%. В слое 20–40 см ее величина ниже критической на 3–11% и находится в пределах 19–27,8%.

Высокое содержание фракции пыли (< 0,25 мм) также не является благоприятным и отрицательно влияет на водно-воздушные свойства почвы, так как после дождя и последующем высыхании, она «заплывает» с образованием корки на поверхности. Во всех вариантах опыта в агрегатном составе почвы данная фракция не превышает 13–19%.

Наиболее ценными считаются фракции, размером от 1 до 3 мм, так как они определяют устойчивость почв к размывающему воздействию воды. Максимальное количество этих фракций, 28,3–23,5% в слое 0–20 см и 33,5–32,3% в слое 20–40 см установлено в вариантах с возделыванием сорго. В почве, занятой многолетними травами и бобами, их величина ниже.

Показателем качества структурных агрегатов является степень их водопрочности, то есть способность противостоять разрушающему воздействию воды и обеспечивать благоприятные условия для роста и развития растений. В вариантах опыта без внесения минеральных удобрений структурные агрегаты обладают высокой водопрочностью, а следовательно, и устойчивостью к размывающему воздействию воды. После получасового взаимодействия с водой количество водопрочных агрегатов составило 72–92%. На удобренных фонах в слое 0–20 см агрегаты обладают удовлетворительной водопрочностью, так как их сохранившееся количество не превышает 50–70%, в слое 20–40 см – 34–44% и агрегаты оцениваются как неводопрочные.

Выводы. Структурное состояние длительно орошаемого агрочернозема оценивается как удовлетворительное, так как на агрегаты агрономически ценных фракций (10–0,25 мм) приходится от 46–51% в слое 0–20 см до 53–63% в слое 20–40 см. Повышенным содержанием глыбистой фракции характеризуется пахотный слой, в котором ее величина превышает критическое значение на 3–10%. Под действием минеральных удобрений устойчивость структурных агрегатов к разрушающему воздействию воды снижается.

Список литературы

1. Аксенова Ю.В. Современное структурное состояние длительно орошаемых лугово-черноземных почв / Ю.В. Аксенова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – Ч. 6. – № 5 (47). – С. 63–65.
2. Мищенко Л.Н. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование : учеб. пособие / Л.Н. Мищенко. – Омск, 1991. – 164 с.
3. Мищенко Л.Н. Особенности почвенного покрова Омской области / Л.Н. Мищенко, В.М. Прудникова // Почвы Западной Сибири и повышение их плодородия. – Омск : Изд-во Омского СХИ, 1984. – С. 3–12.
4. Параметры плодородия пахотных почв земель сельскохозяйственного назначения Омской области / И.А. Бобренко, Я.Р. Рейнгард, Ю.В. Аксенова, О.В. Нежевляк. – Омск : Литера, 2016. – 108 с.
5. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / под редакцией академиков Россельхозакадемии А.В. Гордеева, Г.А. Романенко. – М. : Росинформагротех, 2008. – 67 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОСНОВНЫХ ПОЧВЕННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Салимгареева Ольга Алексеевна

*кандидат биологических наук, доцент,
факультет почвоведения МГУ, Москва,
E-mail: tavgava@yandex.ru*

Аннотация. Исследование пространственной variability физических свойств и почвенно-гидрологических констант чернозема типичного мощного тяжелосуглинистого в масштабах поля показало, что наибольшей пространственной variability физических свойств и почвенно-гидрологических констант обладает верхний слой (0–10 см). Наиболее однородным оказался слой 30–40 см. Почвенно-гидрологические константы в области адсорбированной и пленочной влаги сопоставимы на разных глубинах, в области капиллярной влаги средние величины наименьшей влагоемкости и капиллярной влагоемкости несколько уменьшаются с глубиной.

Ключевые слова: пространственная variability, физические свойства, чернозем типичный, почвенно-гидрологические константы.

PECULIARITIES OF THE SPATIAL VARIABILITY OF SOME PHYSICAL PROPERTIES AND MAIN SOIL-HYDROLOGICAL CONSTANTS OF TYPICAL CHERNOZEM

Salimgareeva O. A.

*candidate of biological sciences,
soil science faculty of MSU, Moscow
E-mail: tavgava@yandex.ru*

Abstract. Examination of the spatial variability of physical properties and soil-hydrological constants of typical deep heavy clayloam chernozem within limits of a field revealed that the highest spatial variability of physical properties and soil-hydrological constants is present in the top soil layer (0–10 cm). The most homogeneous layer was found at 30–40 cm depth. Soil-hydrological constants in the zones of adsorbed and pellicular moisture are comparable at different depth; in the zones of capillary moisture, average values of field moisture capacity and capillary moisture capacity somewhat decrease with depth.

Keywords: spatial variability, physical properties, typical chernozem, soil-hydrological constants.

Введение. Пространственная неоднородность почв определяет специфику перераспределения в них влаги и развитие многих экологически важных почвенных процессов, поэтому особенно актуальна оценка пространственной вариабельности гидрофизических свойств почв.

В черноземной полосе, каким бы ровным и однородным не казалось поле, свойства почвы в его пределах, заметно варьируют по многим показателям [1]. Известно, что на орошаемых участках пестрота влажности (W) заметно возрастает, причем в максимальной степени сразу после полива [2].

По результатам исследования почвенной влаги существуют противоречивые данные как об увеличении стандартного отклонения W и давления почвенной влаги (P) при иссушении [5], так и об увеличении стандартного отклонения этих величин по мере увлажнения почвы [4].

Варьирование влажности и его соотношение с изменчивостью некоторых других показателей оценивалось в основном применительно к почвам легкого гранулометрического состава [3]. В то же время, эти показатели суглинистых и тяжелосуглинистых почв и их связь с другими характеристиками почвы, изучены существенно меньше.

Цель работы: оценка пространственной вариабельности некоторых физических свойств и основных почвенно-гидрологических констант на примере чернозема типичного.

Объекты и методы. Исследования проводились в Хохольском районе Воронежской области в 5 км западнее с. Устье на неорошаемом поле под черным паром. Почва – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый крупно-пылевато-иловатый. Участок исследования имел ровную поверхность, относительные превышения которой колебались от 0 до 98 см.

На поле экспертно была выбрана опорная точка. Для оценки пространственной вариабельности свойств почв и режимов в пределах одного поля было выделено 20 точек опробования в узлах сетки с шагом в 50х40 м. В них был проведен комплекс исследований физических свойств по глубинам 0–10, 10–20, 30–40 и 60–80 см.

В полевых условиях были определены: мощность горизонта А1, глубина вскипания, плотность почвы, коэффициент впитывания ($K_{вп}$). В лабораторных условиях определили гранулометрический и микроагрегатный составы, агрегатный состав, коэффициент фильтрации ($K_{ф}$), основную гидрофизическую характеристику (ОГХ) тензиостатическим методом в области pF от 0 до 2.7 и равновесием над насыщенными растворами солей ($pF = 4.45, 5.32, 5.92$). Для каждой точки опробования при использовании лабораторных ОГХ определили по методу Воронина величины почвенно-гидрологических констант: максимальную адсорбционную

влажностемкость (МAB), максимальную гигроскопическую влажность (МГ), влажность завядания растений (ВЗ), наименьшую влагоемкость (НВ), капиллярную влагоемкость (КВ) в процентах к объему почвы.

Результаты и обсуждение. Физические свойства чернозема типичного под черным паром отличаются высокой пространственной вариабельностью, максимальной для фактора дисперсности по Качинскому и коэффициента фильтрации (C_v до 65 и 50%, соответственно).

Вариабельность плотности почвы, $\log K_{\phi}$, $\log K_{\text{вп}}$ верхнего 10-сантиметрового слоя максимальна, до глубины 40 см происходит закономерное уменьшение вариабельности изучаемых физических свойств, а глубже, в слое 70–80 см наблюдается незначительное увеличение коэффициентов вариации (C_v), что, очевидно, связано с генетической неоднородностью этого слоя по территории. Средние значения свойств заметно отличаются от таковых для экспертно выбранной характерной (опорной) точки наблюдения.

При исследовании пространственной вариабельности основных почвенно-гидрологических констант было выявлено, что средние значения констант в области адсорбированной и пленочной влаги мало изменяются с глубиной и составляют: МAB – 9.3–9.8%, МГ – 14.1–15.0% и ВЗ – 16.7–17.7%.

В области капиллярной влаги наблюдается другая ситуация. Средняя величина НВ несколько выше в слоях 0–10 и 10–20 см – 39.0% и 38.4% соответственно, и снижается с глубиной до 34.2%. Значения КВ также уменьшаются с продвижением вниз по профилю от 41.2–40.5% до 36.6%.

Как и физические свойства, основные почвенно-гидрологические константы обладают большей вариабельностью в верхних слоях (C_v до 16.4%), а ниже по профилю наблюдается некоторое уменьшение изменчивости (C_v до 4.1%) (рис. 1).

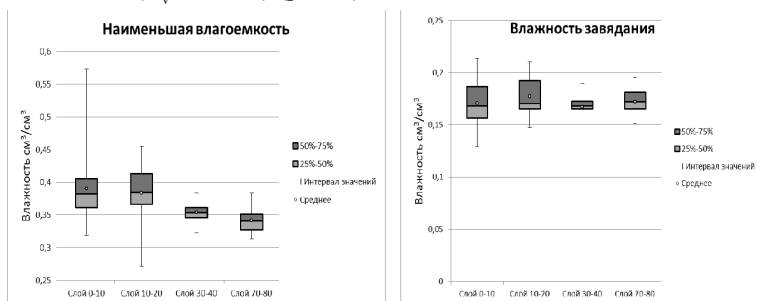


Рис. 1. Квантильное распределение НВ и ВЗ

Выводы. Таким образом, наибольшей пространственной вариативностью физических свойств и почвенно-гидрологических констант обладает верхний слой изученного чернозема (0–10 см). Наиболее однородным оказался слой 30–40 см, в котором отмечается наименьшая вариативность физических свойств и почвенно-гидрологических констант.

На черноземе типичном в масштабах поля средние значения почвенно-гидрологических констант в области адсорбированной и пленочной влаги сопоставимы на разных глубинах, в области капиллярной влаги средние величины констант НВ и КВ несколько уменьшаются с глубиной.

Список литературы

1. *Быковская Т.К.* Пространственная изменчивость влажности и плотности обыкновенных черноземов / Т.К. Быковская // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 17. – Почвоведение, 1986. – № 1. – С. 52–56.
2. *Николаева С.А.* Изменения водного режима черноземов при орошении / С.А. Николаева, А.И. Щеглов, О.Б. Цветнова : в кн. Орошаемые черноземы. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1989. – С. 58–98.
3. *Baskan O.* Spatial and temporal variation of moisture content in the soil profiles of two different agricultural fields of semi-arid region / O. Baskan, Y. Kosker, G. Erpul. // Environmental monitoring and assessment. – 2013. – Vol. 185. – № 12. – P. 10441–10458.
4. *Hawley M.E.* Volume accuracy relationship in soil moisture sampling / M.E. Hawley, R.H. McCuen, T.J. Jackson // J. Irr. Drain. Div., Proc. ASCE, 1982. – Vol. 108. – P. 1–11.
5. *Yen T.C.* Stochastic analysis of unsaturated flow in heterogeneous soils: 2. Statistically anisotropic media / T.C. Yen, L.W. Gehar, A.J. Gutjahr // Water Resour. Res. – 1985. – Vol. 21. – P. 457–464.

УДК 631. 51

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ И СРОКОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Кузина Елена Викторовна

*кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ «Ульяновский научно-исследовательский институт
сельского хозяйства», г. Ульяновск
E-mail: elena.kuzina@autorambler.ru.*

Аннотация. Описаны результаты исследований по изучению влияния способов и сроков основной обработки почвы на агрофизические свойства чернозема выщелоченного.

Ключевые слова: обработка почвы, вспашка, водопрочные агрегаты, структурность, озимая пшеница.

THE EFFECT OF METHODS AND TIMING OF PRIMARY TREATMENT ON AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SOILS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Kuzina E. V.

*candidate of agricultural sciences,
Federal State Scientific Institution*

“Ulyanovsk research Institute of agriculture”, Ulyanovsk

E-mail: elena.kuzina@autorambler.ru

Abstract. Describes the results of studies on the effect of the methods and timing of main soil tillage on agrophysical properties of leached Chernozem.

Keywords: tillage, plowing, water stable aggregates, structure, winter wheat.

Оптимальные параметры агрофизических свойств почвы обуславливают эффективное использование жизненно важных факторов роста и развития сельскохозяйственных культур при максимальном их урожае и высоком качестве продукции. Структурные качества пахотного слоя в значительной степени влияют на регулирование водного режима почвы, водопроницаемость и аэрацию, газообмен между почвой и атмосферой, содержание кислорода и углекислого газа в почвенном воздухе, общую капиллярную и некапиллярную скважность, микробиологические процессы и т.д.

Для того чтобы поддержать благоприятную структуру черноземных почв нужна, в том числе «правильная» обработка почвы П.А. Костычев [5] и многие другие ученые считали, что для придания черноземам целостной структуры, почва должна интенсивно рыхлиться. В более поздних исследованиях [3, 8] установлено, что у черноземных почв даже без интенсивной отвальной обработки не уменьшается благоприятное содержание водопрочных агрегатов (не ниже 40–45%).

Почва с хорошо выраженной водопрочной структурой имеет благоприятные физические свойства, способна противостоять антропогенному воздействию и требует меньших затрат энергии для обработки.

Целью наших исследований было провести сравнительную агротехнологическую оценку ресурсосберегающих способов обработки чистого пара под озимую пшеницу, с использованием комбинированных почвообрабатывающих орудий в равнинных условиях Среднего Поволжья.

Осенняя обработка почвы в опыте проводилась в оптимальные сроки, в период с 1 по 15 сентября, весенняя в первой декаде мая, летняя с 25 июня по 5 июля, в зависимости от погодных условий. Закрытие влаги проводили тяжелыми зубowymi боронами БЗТС-1,0 в два следа, пред-

посевную культивацию культиватором КПС-4,0 на 5–6 см. Посев осуществлялся сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом. Озимая пшеница сорта «Харьковская-92», с нормой высева 5,5 млн всхожих семян высевалась в третьей декаде августа.

Черноземы лесостепи Поволжья по генетическим особенностям обладают хорошей структурностью, которая в наших опытах мало зависела от систем основной обработки почвы. В результате наших исследований было установлено, что содержание агрономически ценных структурных отдельностей размерами 10–0,25 мм при фракционировании воздушно-сухого образца не опускалось ниже 70%, что по шкале С.И. Долгова и П.У. Бахтина [2] считается, отличным. На вспашке в зависимости от срока её проведения содержание ценных агрегатов варьировало от 71,9 до 79,4%, на вариантах с поверхностной обработкой от 73,9 до 77,4% от массы сухой почвы (табл. 1).

Распределение фракций 0,25–10 мм по профилю пахотного слоя на вариантах со вспашкой было более равномерным, повышенное их содержание наблюдалось в средней части пахотного слоя (10–20 см).

С уменьшением и увеличением глубины (0–10 и 20–30 см) на этих вариантах отмечалось незначительное снижение агрономически ценных фракций в среднем на 5,3 и 5,2 %. На вариантах с поверхностной обработкой преимуществом по содержанию макроагрегатов обладала верхняя часть пахотного слоя. С увеличением глубины (10–20 и 20–30 см) наблюдалось их снижение в среднем на 2,2–5,9%, за счет увеличения глыбистых и пылеватых частиц.

Таблица 1

Влияние обработки паровых полей на агрегатный состав почвы чернозема выщелоченного при возделывании озимой пшеницы, %

Варианты обработки почвы	Фракция 10 – 0,25 мм			
	Слой, см			
	0–10	10–20	20–30	0–30
Вспашка на 22 см (осенью)	71,6	75,2	68,9	71,9
Безотвальная на 22 см (осенью)	76,9	68,6	68,5	71,3
АПК-3 на 8–10 см (осенью)	76,9	73,1	73,8	74,6
Вспашка на 22 см (весной)	68,6	80,2	72,3	73,7
Вспашка на 22 см (летом)	80,1	79,4	78,7	79,4
АПК-3 на 8–10 см (весной)	80,4	79,3	72,4	77,4
АПК-3 на 8–10 см (летом)	76,8	74,9	70,1	73,9
Вспашка на 22 см (осенью)	71,6	75,2	68,9	71,9

В слое 0–30 см более благоприятное строение почвенных агрегатов размером 10...0,25 мм обеспечивала весенняя поверхностная обработка и вспашка, проводимая в летний период.

На вариантах с поверхностной обработкой глыбистость в слое 0–30 см составила 15,9–20,5%. Применение в осенний период вспашки и безотвальной обработки на 22 см сопровождалось увеличением глыбистости до 21,4–21,6%. Одновременно поверхностная обработка почвы агрегатом АПК-3 вызвала меньшее распыление почвы (5,4–6,7%) по сравнению с безотвальной обработкой (7,1%) и вспашкой (6,5–7,3%).

Количество водопрочных агрегатов по вариантам обработки изменялось от 72,4 до 75,9%. На вариантах с поверхностной обработкой их содржалось больше на 2,2–3,8 %, чем на контроле (осенняя вспашка).

Обобщающей оценкой структурного состояния почвы, по мнению ряда авторов [4,6,7] считается коэффициент структурности. Максимальное значение коэффициента структурности на всех вариантах с озимой пшеницей было отмечено в верхней части пахотного слоя, где он варьировал от 2,53 – на варианте с осенней вспашкой до 4,07 – по весенней вспашке. В пахотном слое 0–30 см коэффициент структурности изменялся от 2,48 на варианте с безотвальной обработкой на 22 см до 3,87 по летней вспашке. На контроле он составил 2,85, а на вариантах с поверхностной обработкой 2,85–3,42.

Список литературы

1. Буров Д.И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д.И. Буров. – Куйбышев. – 1970. – 294 с.
2. Долгов С.И. Агрофизические методы исследований почв / С.И. Долгов, П.У. Бахтин. – М. : Наука, 1966. – С. 56–68.
3. Золотарев Н.И. Агрофизическая модель пахотного слоя для озимых культур / Н.И. Золотарев // Прогрессивные системы обработки почвы. – Куйбышев. – 1988. – С. 131–139.
4. Казаков Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье / Г.И. Казаков. – Самара, 2008. – С. 83.
5. Костычев П.А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / П.А. Костычев. – М.–Л., Сельхозгис, 1937.
6. Кузина Е.В. Влияние основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / Е.В. Кузина // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3 (15). – С. 35–40.
7. Кузина Е.В. Агрофизические показатели чернозема выщелоченного и урожайность зерновых культур при ресурсосберегающей системе основной обработки почвы / Е.В. Кузина // Пермский аграрный вестник. – 2013. – № 3. – С. 4–7.
8. Кузнецова И.В. Физические свойства почвы, определяющие эффективность минимальных обработок / И.В. Кузнецова, С.И. Долгов // Земледелие. – 1975. – № 6.

УДК 631.416.9:631.445.4(571.13)

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЧЕРНОЗЕМНОГО РЯДА ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Азаренко Юлия Александровна

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Омский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина, г. Омск
E-mail: azarenko.omgau@mail.ru*

Аннотация. Приводятся данные о содержании микроэлементов в черноземах и лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья. Показано, что в почвах содержится высокое количество кислоторастворимых соединений Mn, Cu, Zn, Co и валового B. Уровень содержания микроэлементов в почвах в основном зависит от количества фракций физической глины и ила. Приведены данные о содержании подвижных форм микроэлементов в почвах.

Ключевые слова: Черноземы, лугово-черноземные почвы, микроэлементы.

CONTENT OF MICROELEMENTS IN CHERNOZEMS SOILS OF OMSK REGION

Azarenko Yu. A.

*candidate of agricultural sciences, assistant professor,
Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk
E-mail: azarenko.omgau@mail.ru*

Annotation. The data on the content of microelements in the chernozems and meadow-chernozem soils Omsk region. It is shown that the soil contains high amounts of acid-soluble compounds of Mn, Cu, Zn, Co and B. Content level of microelements in soils mainly dependent on the content of physical fractions clay and silt. Data are given about mobile forms of trace elements in the soils.

Keywords: chernozems, meadow-chernozem soils, microelements.

В Омской области черноземы и лугово-черноземные почвы занимают 25,9% площади почвенного покрова и 76% площади пашни. Особенности черноземов Западно-Сибирской провинции является небольшая мощность гумусовых горизонтов, невысокие запасы гумуса в метровом слое, наличие реликтовых признаков осолонцевания и осолодения, слабая макроструктурность, тяжелый гранулометрический состав, нередкое засоление почвообразующих пород. Эти особенности снижают общую агропроизводственную оценку черноземов юга Западной Сибири по сравнению с их Европейскими аналогами [3,5]. Одним из факторов, определяющих уровень плодородия этих почв, урожайность и качество

выращиваемых на них культур, является содержание элементов питания, в том числе микроэлементов. В связи с этим целью наших исследований являлась характеристика микроэлементного состава черноземных почв Омского Прииртышья.

Объектом исследований являлись черноземы и лугово-черноземные почвы лесостепной и степной зон, формирующиеся в пределах Ишим-Иртышского и Барабинского геоморфологических районов, преимущественно на четвертичных карбонатных элювиально-делювиальных отложениях суглинистого состава в условиях равнинного слаборасчлененного рельефа. Образцы почв отбирали по генетическим горизонтам из разрезов. В них определяли содержание кислоторастворимых прочносвязанных (с 5М HNO_3 по РД.52.18.191-89) и подвижных форм Mn, Cu, Zn, Co (1н ацетатно-аммонийный буфер ААБ по Крупскому и Александровой в модификации ЦИНАО), валового содержания В после сплавления почв при температуре 900°C, подвижной формы по Бергеру и Труогу кипящей водой, подвижный Мо оксалатным буферным раствором с рН 3,3. Конечное определение концентраций Mn, Cu, Zn, Co проведено атомно-абсорбционным, В и Мо – колориметрическим методом.

Гранулометрический состав исследованных почв изменялся от легкого до тяжелого с преобладанием тяжелосуглинистого. Черноземы обыкновенные и лугово-черноземные почвы южной лесостепи содержали гумуса 4,5–6,6%, черноземы обыкновенные, южные и лугово-черноземные почвы степной зоны отличались более низкими значениями мощности гумусовых горизонтов и количеством гумуса (2,3–4,3%). Величина ЕКО изменялась от 10,1 до 56,5 ммоль/100 г в зависимости от гранулометрического состава. 5М HNO_3 извлекала значительное количество прочносвязанных форм микроэлементов из почв, составляя по нашим оценкам для Cu, Zn, Co 70–90%, для Mn 65–70% общего содержания. В исследованных черноземах и лугово-черноземных почвах находились довольно высокие концентрации микроэлементов (табл. 1).

Распределение Mn по профилям черноземных почв имело биогенно-аккумулятивный характер с максимум его содержания в гумусовых горизонтах. Для Cu и Zn характерно менее контрастное распределение, концентрации Co слабо дифференцированы по горизонтам. Средний уровень содержания элементов в обыкновенных черноземах более низкий по сравнению с южными и лугово-черноземными почвами, что объясняется различиями в содержании фракции физической глины этих почв (в обыкновенных черноземах среднее 43,1%, в южных и лугово-черноземных 49,1–52,7%). По этой же причине выщелоченные черноземы легко- и среднесуглинистого состава имели наиболее низкое содержание Cu и Zn

(в среднем в горизонтах А, АВ 15,1 и 39,0 мг/кг соответственно), при близком к черноземам обыкновенным концентрациях Mn и Co (495 и 10,3 мг/кг). Основным фактором, определяющим содержание и распределение рассматриваемых элементов в почвах, являлся гранулометрический состав. Наиболее тесная связь между концентрациями элементов в профиле почв и содержанием ила и физической глины наблюдалась для Cu и Zn ($r = 0,50-0,80$).

Ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8 извлекает преимущественно обменные формы микроэлементов. Среди рассмотренных микроэлементов-металлов наиболее высокие концентрации подвижных форм характерны для Mn, их доля в гумусовых горизонтах черноземных почв составляла 6,2–19,8% количества кислоторастворимых соединений. На подвижные формы Cu, Zn, Co чаще всего приходилось менее 1%. В горизонте А черноземов и лугово-черноземных почв концентрации подвижного Mn составляли 3,7–44,7, Cu – 0,05–0,18, Zn – 0,20–0,72 мг/кг, Co – 0,07–0,25 мг/кг. Содержание подвижного Mo изменялось в пределах от 0,06 до 0,33 мг/кг. Варьирование концентраций элементов определялось различными факторами, более подробно это рассмотрено в нашей работе [1].

Таблица 1

Содержание кислоторастворимых прочносвязанных форм микроэлементов (мг/кг) в черноземных почвах Омского Прииртышья

Горизонт	Черноземы обыкновенные		Черноземы южные		Лугово-черноземные почвы	
Mn						
А	226–642*	449**	413–950	665	350–1100	608
Вк	146–580	368	427–810	547	221–780	481
Ск	133–550	317	354–500	421	219–700	434
Cu						
А	12,6–22,5	17,9	17,5–22,5	20,3	5,4–25,4	20,3
Вк	10,5–22,6	17,9	19,4–21,2	20,5	5,3–25,6	19,1
Ск	10,4–21,8	16,6	17,5–20,3	19,1	4,5–23,7	17,7
Zn						
А	27,4–60,7	45,7	43,7–61,7	52,3	20,1–69,4	53,7
Вк	23,3–60,0	46,1	44,8–56,0	52,5	13,5–60,1	48,9
Ск	24,8–54,9	39,7	39,7–50,7	40,7	12,3–57,5	43,5
Co						
А	5,5–13,5	9,7	11,4–13,1	12,4	9,2–14,0	12,3
Вк	4,1–18,5	10,6	11,7–13,3	12,3	8,9–19,2	12,1
Ск	4,0–22,2	10,6	10,6–12,6	11,9	7,6–18,0	12,1

* – пределы колебаний, ** – среднее значение.

Валовое содержание бора в гумусовых горизонтах среднесуглинистых и легкосуглинистых черноземов составляло 34,1–50,0 (в среднем 43,5 мг/кг) (табл.2).

Таблица 2

Содержание валового и подвижного бора в разных подтипах черноземов

Чернозем выщелоченный среднесуглинистый			Чернозем обыкновенный легкосуглинистый			Чернозем южный легкосуглинистый	
А	50,0*	2,1**	Ап	34,1*	1,6**	Ап	2,6**
АВ	46,5	2,2	А	–	1,5	АВ	2,6
В1	36,0	1,5	АВ	–	1,5	В1к	1,7
В2	42,0	1,0	В1	40,7	2,1	В2к	2,6
ВС	37,5	0,7	В2к	37,7	2,4	С1к	5,3
Ск	21,0	0,8	Ск	25,2	2,2	С2к	11,8

* – валовое содержание, ** – подвижная форма

В тяжелосуглинистых и глинистых лугово-черноземных почвах количество валового бора составляло 51,6–56,1 мг/кг.

По данным [2] в черноземах выщелоченных и обыкновенных Барабы содержится бора в среднем 57 мг/кг, в лугово-черноземных почвах 65,1 мг/кг, при этом черноземы Приобского плато более обогащены элементом (60–68,8 мг/кг). Для черноземов обыкновенных Воронежской области приводятся данные о содержании валового бора в них 49–54 мг/кг [4].

Количество подвижного бора в черноземных почвах Омского Прииртышья составляет 4,7–8,7% валового содержания, изменяясь в пределах от 1,2 до 3,2 мг/кг. В выщелоченных черноземах концентрации элемента постепенно уменьшались к почвообразующей породе, в обыкновенных и южных, напротив, возрастали. В горизонтах почвообразующих пород южных черноземов отмечались признаки борного засоления.

Таким образом, черноземные почвы Омского Прииртышья имеют высокое и среднее содержание кислоторастворимых форм Mn, Cu, Zn, Co и валового В. Наиболее высокие их концентрации находятся в тяжелосуглинистых лугово-черноземных почвах и черноземах южных. Различия между черноземами обыкновенными, южными и лугово-черноземными почвами по содержанию подвижных Mn, Cu, Zn, Co не установлены. Распределение подвижного В по профилям черноземов определялось их подтипом.

Список литературы

1. *Азаренко Ю.А.* Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири / Ю.А. Азаренко. – Омск : Вариант-Омск, 2013. – 232 с.
2. *Ильин В.Б.* Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области / В.Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
3. *Мищенко Л.Н.* Почвы Западной Сибири : учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, А.Л. Мельников. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2007. – 248 с.
4. *Протасова Н.А.* Биогеохимия микроэлементов в обыкновенных черноземах Воронежской области / Н.А. Протасова, Н.С. Горбунова, А.Б. Беляев // Вестник ВГУ. Серия Химия. Биология. Фармация. – 2015. – С.100–106.
5. *Рейнгард Я.Р.* Деградация почв экосистем юга Западной Сибири / Я.Р. Рейнгард. – Лодзь, 2009. – 636 с.

УДК 631. 412

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В МНОГОЛЕТНЕМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ

Белобров Виктор Петрович

доктор сельскохозяйственных наук,

ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: belobrovvp@mail.ru

Айдиев Айди Юсупович

кандидат сельскохозяйственных наук,

*ФГБНУ «Курский научно-исследовательский институт
агропромышленного производства», п. Черемушки Курского района*

E-mail: kniiapp@mail.ru

Юдин Сергей Анатольевич

кандидат биологических наук,

ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: syudin1956@gmail.com

Ермолаев Никита Романович

младший научный сотрудник,

ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва,

E-mail: hukitoc94@gmail.com

Дмитриева Валентина Тимофеевна

кандидат географических наук,

ГАОУВО «Московский городской педагогический университет», г. Москва

E-mail: dvtmgpu@yandex.ru

Аннотация. Вариабельность агрохимических показателей (содержание гумуса, pH водный, подвижные P_2O_5 и K_2O) в слоях 0–10 и 10–20 см оценивается на основе детального топографо-почвенного картирования 4-х участков, каждый площадью 2,4 га. Пробы почв взяты до начала многолетнего полевого опыта в зерновом севообороте по изучению влияния обработок на свойства типичного чернозема. Результаты показали разную вариабельность агрохимических свойств, обусловленную природными и антропогенными факторами.

Ключевые слова: типичный чернозем, вариабельность, агрохимические свойства, оценка, опыт.

VARIABILITY OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF TYPICAL CHERNOZEM IN MULTI-YEAR FIELD EXPERIMENT

Belobrov V. P.

*doctor of agricultural sciences,
FGBNU “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow
E-mail: belobrovvp@mail.ru*

Aidiev A. Yu.

*candidate of agricultural sciences,
FGBNU “Kursk Scientific Research Institute of agricultural production”,
Cheremushki, Kursk region
E-mail: kniiapp@mail.ru*

Yudin S. A.

*candidate of biological sciences,
FGBNU “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow
E-mail: syudin1956@gmail.com*

Ermolaev N. R.

*junior researcher,
FGBNU “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow
E-mail: hukitoc94@gmail.com*

Dmitrieva V. T.

*candidate of geographical sciences,
GAOUVO “Moscow City Pedagogical University”, Moscow
E-mail: dvtmgpu@yandex.ru*

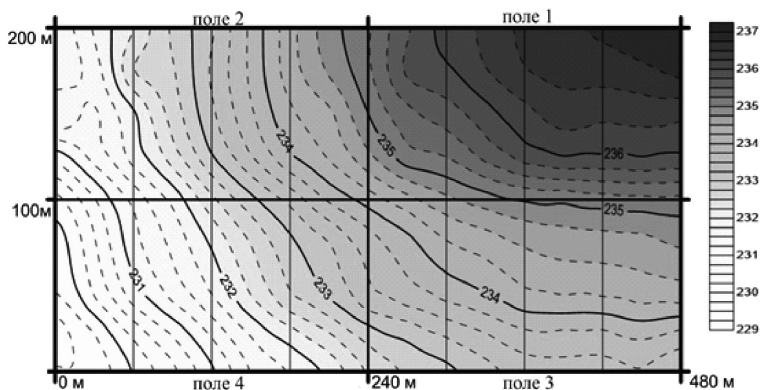
Abstract. The variability of agrochemical parameters (pH, humus content, mobile P_2O_5 and K_2O) in layers 0–10 and 10–20 cm is estimated on the basis of detailed topographic and soil mapping 4-piece areas, each area of 2.4 ha. Soil samples taken before the start of a multi-year experiment of field in the grain crop rotation on the impact of treatments on the properties of typical chernozem. The results showed different variability of agrochemical properties caused by natural and man-made factors.

Keywords: typical chernozem, variability, agrochemical properties, evaluation, experiment.

Введение. Постановка многолетнего полевого производственного опыта для чистоты эксперимента предусматривает выбор территории максимально однородной по составу почвенного покрова, морфологическим, агрохимическим и физическим свойствам почв [3]. Естественная пестрота почв в процессе агрогенеза обычно нивелируется, в основном на глубину вспашки [1,2]. Агрочерноземы [4], например, частично потеряли природное разнообразие за счет гомогенизации поверхностных горизонтов, но сохранили естественную неоднородность в подпахотных. Снижение поверхностной природной неоднородности почвенного покрова, как правило, сопровождается формированием антропогенного микро- и микрорельефа [1].

Для характеристики однородности свойств почв опытного поля применяются разные критерии, в том числе и статистические. Насколько исходно гомогенны почвы, настолько достоверны и полученные результаты, в особенности, используемые в многолетнем цикле наблюдений [3]. Достаточно мобильными свойствами почв являются агрохимические, наиболее подверженные природным и агрогенным воздействиям.

На основе детального топографического и почвенного картографирования типичных черноземов проведено агрохимическое обследование 4-х участков (полей), каждый площадью 2,4 га. Цель – охарактеризовать вариабельность агрохимических параметров почв до начала эксперимен-



Совмещенная карта рельефа полей 1-4. Уменьшено с масштаба 1:1000
(основные горизонталы проведены через 1м.,
полугоризонталы – 25 см).

Рис. 1. Карта рельефа опытных полей

Таблица 1

**Статистические параметры варибельности агрохимических
свойств типичных черноземов***

Статистич. параметры	№ поля	Глубина, см.	Гумус, %	pH водн.	pH сол.	P ₂ O ₅	K ₂ O
M	1	0–10	5,01	6,40	5,30	18,59	11,40
S		«	0,31	0,26	0,24	1,87	2,72
K		«	6,2	4,1	4,5	10,1	23,9
M	2	«	4,81	6,16	5,21	20,16	11,26
S		«	0,16	0,24	0,13	2,53	1,17
K		«	3,3	3,9	2,5	12,5	10,4
M	3	«	5,12	6,39	–	14,52	15,77
S		«	0,21	0,16	–	0,97	1,38
K		«	4,1	2,5	–	6,7	8,8
M	4	«	5,21	6,40	–	24,36	8,88
S		«	0,09	0,19	–	3,37	0,95
K		«	1,7	2,9	–	13,8	10,7
M	1	10–20	4,97	6,45	5,32	18,89	12,2
S		«	0,29	0,27	0,25	1,95	3,44
K		«	5,8	4,2	4,7	10,3	28,2
M	2	«	4,75	6,27	5,24	19,19	10,23
S		«	0,15	0,24	0,13	2,41	1,83
K		«	3,2	3,8	2,5	12,6	17,9
M	3	«	5,07	6,46	–	14,14	15,16
S		«	0,25	0,17	–	1,32	1,7
K		«	4,9	2,6	–	9,3	11,2
M	4	«	5,18	6,36	–	24,72	9,63
S		«	0,12	0,18	–	1,92	1,29
K		«	2,4	2,8	–	7,8	13,4

*/ M – средняя арифметическая из 20 определений по каждому полю; S – стандартное отклонение; K – коэффициент вариации. Подвижные фосфор и калий в мг/100 г почвы – по Чирикову; гумус – по Тюрину; pH – потенциометрически.

та, а также выявить природную и антропогенную компоненты, отвечающие за пестроту этих свойств.

Объекты и методы исследования. В качестве объекта используется полевая база Курского НИИ АПП, где с 2013 г. изучается влияние 4-х систем обработки (вспашка, комбинированная обработка, минимальная – поверхностная обработка, без обработки – прямой посев) на свойства и продуктивность чернозема типичного в четырехпольном зерновом севообороте.

Поля расположены сопряженно на водораздельной поверхности в виде квадрата (рис. 1). В год закладки опыта на поле осуществляется уравнительный посев овсяно-гороховой смеси. После уборки уравнительного посева проводится детальная (1:1000) топографическая и почвенная съемки с характеристикой морфологических свойств и отбором проб. Почвенная съемка осуществляется по углам квадрата 25х30 м. Всего на одно поле приходится 45 буровых скважин, из которых в 20 отбираются образцы из гумусового горизонта с глубин 0–10 и 10–20 см на анализ агрохимических свойств. Анализы выполнены в лабораториях Почвенного института им. В.В. Докучаева, результаты представлены в таблице 1.

Результаты и обсуждение. Минимальную степень варьирования в слоях 0–10 и 10–20 по полям выявил рН водн. и рН сол. при среднем содержании 6,36. Содержание гумуса также варьирует слабо в пределах каждого поля. Коэффициент варьирования не превышает 6,2%.

На фоне очень высокой обеспеченности по подвижному фосфору, средней и высокой по калию для зерновых культур по этим свойствам черноземов была выявлена более значимая пестрота, как в пределах полей, так и между ними. В целом она находится в пределах допустимых показателей и достаточно четко отражает выявленную при детальном картировании агрогенную микропестроту, обусловленную микрорельефом (поле 1).

Заключение. Приведенные данные характеризуют в целом однородный по агрохимическим показателям почвенный покров полей. Таким образом, есть основание считать, что выбранные для полевого опыта поля по исследованным параметрам гомогенны и, следовательно, пригодны для многолетнего опыта с точки зрения репрезентативности и сходства участков по агрохимическим свойствам типичного чернозема.

Список литературы

1. Белобров В.П. База данных в многолетнем полевом опыте по минимализации обработок типичного чернозема / В.П. Белобров, А.Я. Айдиев, С.А. Юдин и др. // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия : сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск, ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2014. – С. 22–27.
2. Белобров В.П. Оценка неоднородности почвенного покрова при полевом опыте по минимализации обработок / В.П. Белобров, А.Я. Айдиев, А.Я. Воронин и др. // Экологические проблемы почвоведения и земледелия. – Курск. – 2013. – С. 14–18.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
4. Классификация и диагностика почв России. – Изд-во Ойкумена, 2004. 341 с.

УДК 631.43:631.417:631.435

АККУМУЛЯЦИЯ ВОДОРАСТВОРИМОГО УГЛЕРОДА ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ ЧЕРНОЗЕМА ПАШНИ (ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)

Милановский Евгений Юрьевич

*доктор биологических наук,
МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва
E-mail: milanovskiy@gmail.com*

Рогова Ольга Борисовна

*кандидат биологических наук,
ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва
E-mail olga_rogova@inbox.ru*

Юдина Анна Викторовна

*МГУ им. М.В. Ломоносова,
ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва
E-mail: anna.v.yudina@gmail.com*

Яшин Михаил Алексеевич

*кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва
E-mail: mixalih86@mail.ru*

Аннотация. Бездефицитный баланс гумуса и снижение лессивирования мелкозема из горизонта $A_{\text{пах}}$ обеспечивает аккумуляция водорастворимого углерода из дубового листового опада на поверхности твердой фазы органоминеральной фракции с плотностью $1,8 - 2,2 \text{ г/см}^3$. Экспериментально установлена резкая текстурная дифференциация денсиметрических фракций с плотностью $1,8 - 2,2$ и $> 2,2 \text{ г/см}^3$, представленных физической глиной и крупной пылью соответственно.

Ключевые слова: чернозем, лизиметрический эксперимент, водорастворимое органическое вещество, денсиметрическое фракционирование, распределение частиц по размерам

ACCUMULATION OF WATER-SOLUBLE CARBON OF SOLID PHASE OF ARABLE LAND CHERNOZEM (LYSIMETRIC EXPERIMENT)

Milanovskiy E. Y.

*doctor of biological sciences,
Lomonosov Moscow State University, Moscow
E-mail: milanovskiy@gmail.com*

Pogova O. B.

*candidate of biological sciences,
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: olga_rogova@inbox.ru*

Yudina A. V.

*Lomonosov Moscow State University,
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: anna.v.yudina@gmail.com*

Yashin M. A.

*candidate of agricultural sciences,
V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: mixalih86@mail.ru*

Abstract. Non-deficit humus balance and a reduction in chernozem leaching from Apah horizon achieves accumulation of water-soluble carbon from the oak leaf litter on the surface of the solid phase of organic-mineral fraction with the density of 1,8–2,2 g / cm³. Sharp textural differentiation of densitometric fractions with the density of 1.8–2,2, and > 2,2 g / cm³, representing physical clay and coarse dust, respectively, was experimentally determined.

Keywords: chernozem leachate experiment, a water-soluble organic substance densitometric fractionation, particle size distribution

Раскрытие механизмов формирования и факторов, обеспечивающих сохранения агрегатной структуры черноземов – актуальная задача современного почвоведения. При очевидном участии органического вещества почв (ОВП) в процессах структурообразования, физико-химическая природа этих явлений далеко не ясна. Исследования почв Оренбургской, Воронежской и Курской области, выявили разительные отличия в содержании гумуса и агрегатного состояния чернозема под лесополосами и прилегающей пашни. В настоящее время в фитоценозе лесополос отсутствует травянистый ярус и поступление «нового» органического углерода в минеральные горизонты почвы происходит за счет корневого отпада древесных пород и водорастворимого органического вещества (ВОВ) из лесной подстилки. Органические вещества в составе ВОВ обладают наибольшей потенциальной способностью сорбироваться на поверхности минеральных элементарных почвенных частиц (ЭПЧ), модифицировать ее, придавая ЭПЧ новое качество – способность вступать в межчастичные взаимодействия, являющейся основой формирования устойчивой агрегатной структуры.

Цель работы – верификация рабочей гипотезы: накопление гумуса и формирование агрегатной структуры в черноземе под лесополосой обуславливает ВОВ подстилки.

Работа проведена на образцах (чернозем типичный, $A_{\text{пах}}$, при естественной влажности протерт через сито 3 мм, Курский НИИ АПП), из полевых лизиметров (Ш 0,45 м) функционирующих с 31.10.2014 по 26.06.2016 г. на опытной площадке Почвенного стационара факультета почвоведения МГУ. Варианты лизиметров – дубовые листья «Лист», дубовые листья на слое $A_{\text{пах}}$ «Лист/ $A_{\text{пах}}$ » и слой $A_{\text{пах}}$ « $A_{\text{пах}}$ ». Содержание $C_{\text{орг}}$ в лизиметрических водах, профильтрованных через мембранный фильтр (0,45 мкм) на анализаторе TOC-VCPH (Shimadzu, Япония). Углерод и азот в твердофазных образцах на CN анализаторе (Vario EL, Elementar, Германия). Выделение денсиметрических фракций в растворах поливольфрамата натрия с плотностью < 1,6, 1,6 – 1,8, 1,8 – 2,2 и > 2,2 г/см³[1]. Распределение частиц по размерам и преимущественные диаметры ЭПЧ – методом лазерной дифракции на анализаторе MicrotracBluewave (Microtrac, США) после ультразвуковой диспергации образцов при мощности 350–400 Дж/см³ (S-250, Branson, США).

Аналитическая характеристика лизиметрических вод, дубовых листьев и почв представлена в таблицах 1 и 2. При отсутствии органогенного горизонта за 20 месяцев с лизиметрическими водами из $A_{\text{пах}}$ вынесено 480 мг углерода, что привело к снижению на 0,07% содержания гумуса. Миграция с гравитационной влагой органического углерода из подстилки дубовых листьев составила 1960 мг, 57% которого, аккумулируется твердой фазой пахотного горизонта чернозема, обеспечивая в нем бездефицитный баланс гумуса.

При наличии в лизиметре над $A_{\text{пах}}$ горизонта подстилки, миграция мелкозема из их него выражена в 2,4 раза меньше. Временное удаление органогенного слоя приводит к резкому увеличению процесса лессиважа. В исходном состоянии мигрирующий мелкозем представлен микроагрегатами с преимущественным диаметром 4,6, 11,0 и 27,4 мкм, распадаю-

Таблица 1
Общие данные по лизиметрам за период с 31.10.2014 по 26.06.2016 г.

Вариант лизиметра	Объем H ₂ O, л	Вынос, мг		Аккумуляция, мг
		Мелкозем	$C_{\text{орг}}$	
«Лист»	73,9	–	1963	–
«Лист/ $A_{\text{пах}}$ »	75,7	13460	842	1121
« $A_{\text{пах}}$ »	74,5	32270	485	–

щихся на ЭПЧ с диаметрами 0,5 и 1,2 мкм. В какой форме происходит миграция – в виде ЭПЧ или микроагрегатов? Что обуславливает и какой механизм (физический и/или микробиологический) обеспечивает стабилизацию мелкозема при наличии подстилки? Выражен данный процесс в пахотных почвах и если да, где в профиле происходит иллювиальная аккумуляция мелкозема? Ответа на данные вопросы пока нет.

Анализ денсиметрических фракций позволил установить, за счет каких компонентов твердой фазы происходит потеря или аккумуляция углерода (рис. 1). Дегумификация в варианте лизиметра «А_{пах.}» – за счет окклюдированного органического вещества и органоминеральной фракции с плотностью 1,8 – 2,2 г/см³. Аккумуляция в минеральной массе А_{пах.} водорастворимых органических соединений из подстилки происходит в органоминеральной фракции с плотностью 1,8 – 2,2 г/см³.

Экспериментально определены диаметры ЭПЧ денсиметрических фракций и установлена их текстурная дифференциация (рис. 2). Доми-

Таблица 2

Содержание С_{орг.} и насыщенность органического вещества азотом

Объект	Вариант	С, %	C/N
Дубовые листья	Исходные	45,29	41,2
	«лист»	39,04	21,1
	«лист/А _{пах.} »	40,89	24,8
А _{пах.}	Исходный	3,04	10,5
	«лист/А _{пах.} »	3,04	11,2
	«А _{пах.} »	3,00	11,5

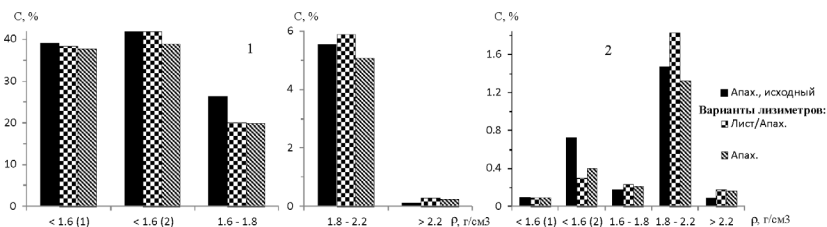


Рис. 1. Содержание углерода в денсиметрических фракциях, 1 – % к фракции, 2 – % к почве; < 1.6(1) – свободное ОВ, < 1.6(2) – окклюдированное ОВ

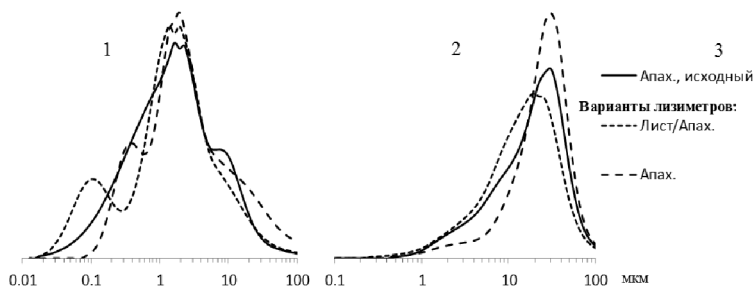


Рис. 2. Распределение частиц по размеру в составе денсиметрических фракций с плотностью 1,8–2,2 (1) и > 2,2 (2) г/см³

нантами в составе фракции 1,8 – 2,2 г/см³ являются частицы мелкой пыли и ила, а во фракции с плотностью > 2,2 г/см³ абсолютно преобладают ЭПЧ размера крупной пыли.

Данный результат ставит вопрос истинных значениях плотности ЭПЧ, используемых при определении гранулометрического состава почв методом седиментации. По данным денсиметрического фракционирования физическая глина в черноземе имеет плотность < 2,2 г/см³. Такое «облегчение» частиц может обуславливать только сорбированное на твердой фазе органическое вещество.

Полученные результаты подтверждают важную роль ВОВ, как фактора обеспечивающего сохранения гумуса и модификатора поверхности минеральных частиц. В тоже время становится ясно, что для восстановления агрегатного состояния черноземов пашни, одного ВОВ недостаточно. Необходимо также восполнения органических ЭПЧ, образующихся в природе за счет трансформации органических остатков в почве *in situ* в минеральных горизонтах профиля. В лесополосах этот процесс выражен до тех пор, пока не сомкнуть кроны деревьев и уровень освещенность позволяет развиваться травянистому ярусу.

Список литературы

1. Golchin A. Soil Structure and carbon cycling / A. Golchin, J.M. Oades, J.O. Skjemstad et al // Austral. J. Soil Res. – 1994. – Vol. 32. – P. 1043–1068.

**ОЦЕНКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ
ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ***

Зинякова Наталья Борисовна

*кандидат биологических наук,
Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино
E-mail: nakhodkanbz@mail.ru*

Лебедева Татьяна Николаевна

*кандидат биологических наук,
Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино
E-mail: tanyaniko@mail.ru*

Соколов Дмитрий Александрович

*Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А.Тимирязева, г. Москва
E-mail: daimon08@list.ru*

Семенова Наталья Александровна

*Институт физико-химических
и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино
E-mail: gosvt@rambler.ru*

Аннотация. Определено содержание фракций активного и дисперсного органического вещества в восьми типах интразональных почв, распространенных в сухостепной зоне Европейской части России.

Ключевые слова: гумус, активное органическое вещество, дисперсное органическое вещество, органический углерод.

**HUMUS STATUS ASSESSMENT OF INTRAZONAL SOILS
IN DRY-STEPPE AREA OF EUROPEAN
PART RUSSIA**

Zinyakova N. B.

*candidate of biological sciences,
Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences of RAS,
Pushchino
E-mail: nakhodkanbz@mail.ru*

* Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проект № 17-04-00707-а

Lebedeva T. N.

*candidate of biological sciences,
Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences of RAS,
Pushchino
E-mail: tanyaniko@mail.ru*

Sokolov D. A.

*Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow
E-mail: daimon08@list.ru*

Semenova N.A.

*Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Sciences of RAS,
Pushchino
E-mail: gosvm@rambler.ru*

Abstract. The contents of active and particulate organic matter fractions in eight types of intrazonal soils, located within the dry-steppe area of Russia were determined.

Keywords: humus, active organic matter, particulate organic matter, organic carbon.

Введение. Гумусное состояние почв оценивается комплексом показателей, характеризующих содержание и запасы органического вещества, его профильное распределение, обогащенность азотом, степень гумификации, типы гумусовых кислот и их особые признаки [1]. Новые характеристики гумусного состояния почв раскрываются с помощью биологических и физических способов фракционирования почвенного органического вещества [2]. Определение биологически активной и дисперсной фракций позволяет установить соотношение актуальных и потенциальных запасов минерализуемого почвенного органического вещества, физически лабильных и стабильных компонентов в его составе. Наиболее хорошо изучено гумусное состояние зональных почв [1]. Менее известными остаются вопросы гумусообразования в интразональных почвах, занимающих довольно большие площади в степной и сухостепной зонах Европейской части России.

Объекты и методы. Объектом исследований были почвы интразонального ряда степной и сухостепной почвенно-биоклиматических зон: луговая слитизированная, луговой солонец солончаковый мелкий, лугово-каштановая, солонец степной мелкий, лугово-каштановая солонцеватая, лугово-болотная глееватая, пойменная луговая, такыровидный натриево-кальциевый солончак. Содержание валового органического углерода ($C_{\text{орг}}$) и общего азота в образцах почв определяли с помощью

CNHS-анализатора (Лесо 932). Активное органическое вещество (C_0) измеряли биокинетическим методом [4]. Рассчитывали долю почвенного органического вещества, способного к минерализации (C_0 , % от $C_{\text{орг}}$) и индекс биологической стабильности (ИБС) органического вещества ($\text{ИБС} = (C_{\text{орг}} - C_0)/C_0$). Фракцию дисперсного органического вещества отделили с помощью гексаметафосфата натрия [5].

Результаты и обсуждение. В исследуемом ряду интразональных почв наибольшим содержанием $C_{\text{орг}}$ характеризовались слои, залегающие непосредственно под дерниной. В обогащенном детритом слое (0–3 см) луговой слитизированной почвы содержалось соответственно в 1,4 раза больше $C_{\text{орг}}$, чем в гумусовом горизонте. Соответственно, в солонце – в 2,7 раза, в лугово-болотной почве – в 2,0 раза, а в пойменной луговой – в 1,3 раза. Наибольшим содержанием $C_{\text{орг}}$ отличалась луговая слитизированная почва и пойменная луговая почва под дубняком. В засоленных почвах содержалось от 0,69 до 1,76% $C_{\text{орг}}$ от массы, а самое низкое его содержание было свойственно такыровидному солончаку. Отмечена отчетливая вертикальная дифференциация почвенного профиля по содержанию $C_{\text{орг}}$: в луговой слитизированной почве в нижележащих слоях содержалось в 1,0–1,7 раза меньше $C_{\text{орг}}$, чем в 20-см слое гумусового горизонта, в луговом солонце – в 1,1–2,2 раза, в лугово-болотной почве – в 1,3–2,8 раза, а в пойменной почве – в 1,7–4,9 раза.

Активным органическим веществом обозначается потенциально-минерализуемая, преимущественно высокого энергетического и питательно-го статуса, быстро утилизируемая микроорганизмами, способная к химическим и биохимическим взаимодействиям часть почвенного органического вещества с продолжительностью существования менее 3–10 лет [3]. Интразональные почвы отличаются между собой как по уровню содержания активной фракции, так и по характеру внутривертикального ее распределения. Наибольшим содержанием углерода активного органического вещества в исследуемых типах интразональных почв (от 76 до 212 мг C/100 г) характеризуется верхний, залегающий под дерниной, слой гумусового горизонта глубиной от 0–2 до 0–8 см. В смежных слоях на глубине до 15–30 см от дневной поверхности содержится в 1,4–4,9 раза меньше (от 23 до 119 мг C/100 г) активного органического вещества. В слоях почвы от 0–2(8) до 15(30) см содержание активного органического вещества уменьшалось в следующей последовательности почв: пойменная луговая на повышении > луговая слитизированная > луговой солонец солончаковый > солонец степной мелкий > лугово-каштановая солонцеватая > лугово-каштановая = лугово-болотная глееватая = такыровидный натриево-кальциевый солончак. Валовые запасы активного орга-

нического вещества в исследуемом ряду интразональных почв варьировали от 0,8 до 2,71 т С/га в слое 0–20 см и от 1,32 до 6,25 т С/га – в слое 0–50 см.

Дисперсное органическое вещество представляет собой твердые дискретные частицы органической природы с распознаваемой клеточной структурой, размером от 2000 до 53 мкм [2]. В гумусовом горизонте интразональных почв на долю дисперсного органического вещества, входящего в состав гранулометрической фракции песка, приходилось от 12,2 до 42,7% от массы почвы. В верхнем слое гумусового горизонта доля фракции была больше, чем в нижней его части. Масса фракции дисперсного органического вещества вместе с частицами песка не коррелировала с содержанием валового органического вещества, но имела достоверную положительную корреляцию с минерализационной способностью почвенного органического вещества ($r = 0,755$, $P=0,002$) и отрицательную связь с величиной индекса его биологической стабильности ($r = -0,688$, $P = 0,006$). Следовательно, дисперсное органическое вещество может считаться основным резервом способного к минерализации почвенного углерода.

Выводы.

1. Образование и накопление органического вещества в интразональных почвах зависит не столько от биоклиматического потенциала, свойственного природно-географической зоне, сколько от литологической, гидрологической и флористической специфичности местоположений. Среди интразональных типов почв наибольшим содержанием Сорг отличалась луговая слитизированная почва и пойменная луговая почва под дубняком, а наименьшим – солонцы и солончаки.

2. Наибольшим запасом активного органического вещества характеризуются пойменная луговая и луговая слитизированная почвы, а самым низким – лугово-каштановая и такыровидный солончак. На долю дисперсного органического вещества в гумусовом горизонте интразональных почв приходилось от 12,2 до 42,7% от массы почвы.

Список литературы

1. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л.А. Гришина. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
2. Семенов В.М. Почвенное органическое вещество / В.М. Семенов, Б.М. Когут. – М. : ГЕОС, 2015. – 233 с.
3. Семенов В.М. Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем / В.М. Семенов, А.С. Тулина // Агрохимия. – 2011. – №12. – С. 53–63.
4. Семенов В.М. Структурно-функциональное состояние органического вещества почвы / В.М. Семенов, Л.А. Иванникова, Т.В. Кузнецова // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. – М. : Наука. – 2006. – С. 230–247.
5. Cambardella C.A. Particulate soil organic matter across a grassland cultivation sequence / C.A. Cambardella, E.T. Elliott // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1992. – Vol. 56. – P. 777–783.

УДК 631.445:631.8

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПОД РАЗНЫМИ УГОДЬЯМИ

Брехова Любовь Ивановна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: libreh@mail.ru*

Беляев Анатолий Борисович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: anat.beliaew2017@yandex.ru*

Пожидаева Марина Александровна

магистр, Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация. Рассмотрены агрохимические показатели чернозема выщелоченного, длительно используемого под пашню и залежного участка. Показано, что при рациональном ведении хозяйства содержание доступных для растений форм азота, фосфора и калия в почве пашни снижается незначительно по сравнению с почвой залежи.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, пашня, залежь, гумус, щелочногидролизующий азот, подвижный фосфор, обменный калий.

AGROCHEMICAL PARAMETERS OF LEACHED CHERNOZEM SOIL UNDER DIFFERENT LAND

Brehova L. I.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: libreh@mail.ru*

Belaev A. B.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: anat.beliaew2017@yandex.ru*

Pozhidaeva M. A.

master, Voronezh State University, Voronezh

Abstract. Agrochemical parameters of leached chernozem long used as farmland and fallow land. It is shown that when rational agriculture, content of forms nitrogen, phosphorus and potassium available for plants in the farmland is slightly down compared with the fallow land.

Keywords: leached chernozem, farmland, fallow land, humus, alkali hydrolysis nitrogen, mobile phosphorus, and exchange potassium.

Введение. Одним из основных направлений государственной экономической политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации является повышение почвенного плодородия. Плодородие почв определяется рядом факторов – физическими: агрономически ценная водопрочная зернистая структура, высокая пористость, хорошая водоудерживающая способность; биологическими: высокий уровень микробиологической активности различных групп микроорганизмов, а также химическими, физико-химическими и агрохимическими: высокое содержание гумуса и доступных для растений форм азота, фосфора, калия, а также микроэлементов, насыщенность ППК преимущественно кальцием, близкая к нейтральной реакция среды.

Величину урожая в значительной степени определяют доступные для растений формы азота, фосфора и калия. Азот – ключевой элемент в развитии всего органического мира, играет ведущую роль в жизни растений, являясь компонентом белков и нуклеиновых кислот, входит в состав жизненно важных ферментов, хлорофилла, витаминов и гормонов. Недостаток азотного питания приводит к ингибированию процессов синтеза ферментов, что неизбежно ведёт к падению урожайности культуры и ухудшению её качественных характеристик.

На всех этапах своей жизни растения нуждаются также в фосфоре, который участвует в обмене веществ, делении клеток, размножении, передаче наследственных свойств и в других сложнейших процессах, происходящих в растении.

Функции калия в растении также многообразны: от нормализации физического состояния коллоидов цитоплазмы до обеспечения клеточного метаболизма и формирования засухоустойчивости [2, 3].

В целом, азот, фосфор и калий в большом количестве потребляются растениями на всех стадиях развития и активно выносятся из почвы с урожаем. В связи с этим, контроль над агрохимическими показателями пахотных почв имеет большое значение для сельскохозяйственного производства.

Объекты и методы. Целью работы явилось изучение агрохимических показателей пахотных черноземов выщелоченных фермерского хозяйства «Г.П. Калинин и компания» Краснозороенского района Орловской области. Для этого были выбраны 3 ключевых участка, расположенных в непосредственной близости друг от друга в сходных геоморфологических условиях, – один – на залежи и два – на пашне. Растительный покров залежи представлен злаково-разнотравной ассоциацией. Пахотные участки длительно используются в зернопропашном севообороте. На каждом участке было заложено по одному полнопрофильному разрезу глубиной

150 см и по 4 скважины до 60 см. В отобранных образцах наряду с общими физическими, химическими и физико-химическими показателями были определены щелочногидролизуемый азот, подвижный фосфор и обменный калий общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных показал, что почвы пахотных участков отличаются от почвы залежи отсутствием агрономически ценной зернистой структуры и приобретением пылеватости и глыбистости. Отмечается также опускание на пашне линии вскипания от 10%-й HCl по сравнению с залежью, что может быть обусловлено особенностями водного режима пахотных почв: более глубоким промачиванием почвы в весенний период и меньшим расходом влаги из глубоких слоев почвы в период вегетации [4].

По степени гумусированности исследуемые черноземы относятся к среднегумусным. При этом в почве пахотных участков содержание гумуса на 1,2–1,5% ниже относительно почвы залежи.

Реакция среды как пахотных, так и залежного участка слабокислая и нейтральная в верхних горизонтах почвы (рН 5,8–6,4) и слабощелочная, щелочная (рН 7,9–8,3) – в карбонатных горизонтах. В целом, такая реакция почв благоприятна для произрастания большинства сельскохозяйственных культур.

По содержанию щелочногидролизуемого азота, согласно существующей классификации почвы как пашни, так и залежи относятся к среднеобеспеченным. При этом содержание исследуемого показателя в верхних горизонтах чернозёма выщелоченного на залежи составляет около 19 мг/100 г почвы. В почве пашни его значение всего на 2–4 мг/100 г ниже по сравнению с залежью. С глубины 60–70 см содержание щелочногидролизуемого азота как в почве залежи, так и на пашне выравнивается. На основании полученных данных по содержанию щелочногидролизуемого азота были рассчитаны его запасы. В черноземе выщелоченном залежи запасы данной формы азота в слое 0–20 см составляют 0,4 т/га, в полуметровой толще – 0,75 т/га и в метровом слое – 1,54 т/га. В почве пашни этот показатель незначительно ниже:– на 0,03, 0,28 и 0,32 т/га соответственно. Как видно, разница между данным показателем почвы пашни и залежи невелика, особенно в верхнем пахотном горизонте.

Достаточно высокая потенциальная обеспеченность растений азотом на пашне может быть обусловлена теми агротехническими приемами, которые используются в фермерском хозяйстве. Это, прежде всего, внесение органических удобрений. В качестве органических удобрений в хозяйстве активно используют измельченную солому (4–6 т/га), а также сидераты: бобовые (люпин, клевер, люцерна, донник) и не бобовые куль-

туры (рапс, горчица, гречиха). Известно, что при запашке, например, 40–50 т/га измельченной массы бобовых сидератов, в почву попадает 150–200 кг азота, что равноценно 30–40 т навоза [2].

Наряду с обеспеченностью почв азотом важным показателем плодородия является содержание доступных для растений форм фосфора. По этому показателю почвы как залежного, так и пахотных участков оцениваются как низко обеспеченные. Содержание подвижного фосфора в гумусовом горизонте почвы залежного участка составляет 4,0–4,5 мг/100 г. Близкие значения данного показателя отмечены в пахотных горизонтах (3,8–4,4 мг/100г). Запасы доступных форм фосфора для растений в верхнем 20-сантиметровом слое составляют 0,09 т/га и 0,08 т/га для залежи и пашни, соответственно, т.е. мало различаются, как и в целом в метровой толще (0,37 и 0,32 т/га). Низкая обеспеченность доступными формами фосфора обусловлена, по-видимому, невысоким содержанием фосфорсодержащих минералов в почвообразующей породе, поскольку для залежного участка единственным источником накопления фосфора в почве служит материнская порода [1], а на пашне минеральные фосфорные удобрения также не используются.

По количеству обменного калия все исследуемые почвы оцениваются как очень высоко обеспеченные. При этом выщелоченный чернозем залежи содержит в слое 0–20 см 34–35 мг/100 г. В пахотном горизонте чернозема этот показатель на 1–6 мг/100 г ниже. Запасы обменного калия в верхнем 20-сантиметровом слое залежного участка составляют около 0,73 т/га, что всего на 0,03 т/га выше, чем на пашне. В метровой толще залежи запасы доступного растениям калия составляют 3,3 т/га, что также незначительно превышает этот показатель для пашни.

В целом, анализ полученных данных показал, что агрохимические показатели чернозема выщелоченного, длительно используемого под пашню, незначительно отличаются от залежной почвы. Все исследуемые параметры почвы пашни и залежи находятся в пределах одних и тех же классификационных групп, т.е. данная система ведения хозяйства способствует стабильному состоянию основных показателей плодородия почв.

Список литературы

1. *Адерихин П.Г.* Фосфор в почвах и земледелии Центрально-черноземной полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж, 1970. – 248 с
2. *Минеев В.Г.* Агрохимия / В.Г. Минеев. – М. : МГУ, 2004. – 718 с.
3. *Петербургский А.В.* Агрохимия и физиология питания растений / А.В. Петербургский. – М. : Россельхозиздат, 1981. – 184 с.
4. *Щеглов Д.И.* Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.

УДК 631.411.4

**ТРАНСФОРМАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВАЛОВОГО ГУМУСА
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ
ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ
В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Беляев Анатолий Борисович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: anat.beliaew2017@yandex.ru*

Брехова Любовь Ивановна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: libreh@mail.ru*

Казарцева Юлия Александровна

*магистр, Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: kengayuliya@mail.ru*

Аннотация. Проведено исследование влияния интенсивного сельскохозяйственно-го производства на валовое содержание гумуса выщелоченных черноземов Красно-зоренского района Орловской области. Анализ результатов обследования предыду-щих лет (2004 и 2010 гг.), свидетельствует об увеличении площади среднегумусных почв в 2010 году в 6,5 раза по сравнению с 2004 годом и о снижении площади мало-гумусных почв в 2,4 раза, т.е. за шестилетний период использования черноземов в сельском хозяйстве не отмечается процессов дегумификации, а, напротив, происхо-дит увеличение содержание валового гумуса и повышение плодородия почв.

Ключевые слова: валовой гумус, чернозем выщелоченный, плодородие почв, степень гумусированности, органические удобрения.

**TRANSFORMATION OF CONTENT OF TOTAL HUMUS
AND ITS INFLUENCE ON FERTILITY OF CHERNOZEMS WITH
INTENSIVE USE OF THEM IN AGRICULTURAL PRODUCTION**

Belaev A. B.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: anat.beliaew2017@yandex.ru*

Brehova L. I.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: libreh@mail.ru*

Kazarceva Ju. A.

master of Voronezh State University, Voronezh

E-mail: kengayuliya@mail.ru

Abstract. The influence of intensive agricultural production on content of total humus in leached chernozems Krasnozorenского district of Oryol oblast has been studied. Analysis of survey results from previous years (2004 and 2010), shows an increase in the acreage of medium-humus chernozems in 2010 year at 6.5 times compared with year 2004 and reducing low-humus chernozems square 2.4 times, i.e. during the six-year of using chernozems in agriculture there is no dehumification process but, on the contrary, there is an increase in content of total humus and soil fertility.

Keywords: total humus, leached chernozem, soil fertility, degree of humification, organic fertilizers.

Введение. Содержание гумуса является одним из важнейших показателей при характеристике почвы. Гумусное состояние указывает на почвенное плодородие и степень устойчивости почвы, как компонента биосферы. При введении почв в сельскохозяйственный оборот и при многолетнем использовании их под различные культуры происходит некоторое обеднение почв гумусом, особенно в пахотном горизонте [2, 3]. С полей вместе с урожаем убираются пожнивные растительные остатки, следовательно, резко сокращается источник образования гумуса. Потери и недостаток легкоразлагаемых органических веществ неизбежно приводят к усилению процессов деградации: к ухудшению структуры, физических и водно-физических свойств, ухудшению питательного режима почв. Поэтому проблема сохранения плодородия почв, в первую очередь поддержание содержания гумуса выше среднего, является первоочередной задачей при многолетнем использовании черноземных почв в сельском хозяйстве [4].

Целью работы было изучение содержания и профильного распределения валового гумуса в выщелоченных черноземах под различными культурами и сравнение полученных результатов с почвой залежного участка, а также с результатами обследования предыдущих лет.

Объекты и методы. Объектом исследования послужили почвы фермерского хозяйства «Г.П. Калинин и компания» Краснозоре́нского района Орловской области. Пахотные поля в хозяйстве занимают около 2000 га. Почвенный покров представлен в основном черноземами выщелоченными среднемощными среднегумусными тяжелосуглинистыми. Для изучения содержания и профильного распределения валового гумуса были отобраны образцы чернозема выщелоченного из разрезов, заложенных на пашне под посевами гречихи (разрез 1), льна-долгунца (разрез 2) и на залежи (разрез 3) до глубины 140–150 см, а также из скважин до

глубины 60 см, заложенных методом «конверта» на расстоянии 10 м от разрезов. Полевые и лабораторные исследования проводились общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. Проведенные исследования черноземов выщелоченных показали, что химические и физико-химические показатели благоприятны для выращивания сельскохозяйственных культур. Во всех изученных почвах реакция среды в пахотном горизонте колеблется от слабокислой до близкой к нейтральной ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 5,8\text{--}6,4$). Вниз по профилю наблюдается подщелачивание. На границе залегания карбонатов (83–93 см) реакция среды становится слабощелочной и щелочной (7,3–8,2). Величина гидролитической кислотности не превышает 3,5 ммоль (экв)/100 г с закономерным снижением вниз по профилю, повторяя закономерности изменения актуальной кислотности.

Сумма обменных катионов находится в пределах 33,0–36,9 ммоль (экв)/100 г почвы в верхнем горизонте, закономерно снижаясь вниз по профилю. Среди обменных катионов преобладает кальций (от 75 до 80%). Содержание обменного магния составляет 15–20% от суммы обменных катионов, обменного водорода – 5–10%. Степень насыщенности основаниями выше 90%.

Содержание гумуса в исследуемых нами почвах составляет 6,0–6,3% на пашне и 7,5% – на залежи (табл. 1).

Несмотря на различия в 1,2–1,5%, почвы как пахотных, так и залежных угодий по существующей классификации относятся к одной и той же категории среднегумусных. Достаточно высокое содержание гумуса в пахотных почвах можно объяснить тем, что в данном фермерском хозяйстве для сохранения почвенного плодородия применяются различные агро-

Таблица 1

**Содержание и профильное распределение валового гумуса
в исследуемых почвах**

Глубина, см	Содержание гумуса, %		
	пашня		залежь
	разрез 1	разрез 2	разрез 3
0–20	6,30	6,03	7,48
20–30	6,09	5,93	6,60
30–40	5,09	4,66	4,17
60–70	2,48	2,80	1,85
80–90	1,13	1,22	0,92
100–110	0,87	0,79	0,68
130–140	0,69	0,59	0,37

технические приемы. Одним из таких приемов является внесение органических удобрений. В качестве органических удобрений в хозяйстве активно используют солому. Систематическое внесение измельченной соломы приводит к сохранению и накоплению гумуса, повышает биологическую активность и агрофизические свойства почвы, усиливает процессы фиксации молекулярного азота и способствует снижению потерь азота из почвы. Одна тонна соломы соответствует поступлению 350 кг гумусового вещества, а по содержанию органического вещества и влиянию на воспроизводство гумуса 1 т соломы равноценна 3,5 т подстилочного навоза.

Солому (4–6 т/га) сразу после ее уборки измельчают и заделывают дисковыми луцильниками в верхний, более аэрируемый и микробиологически активный слой почвы на глубину 8–10 см совместно с азотными удобрениями из расчета 5–10 кг азота на 1 тонну соломы. Через 2–3 недели, когда солома заметно разложится в почве, проводят зяблевую вспашку на нормальную глубину. При средних урожаях зерновых культур, при запашке соломы, на 1 га будет возвращаться 10–15 кг азота, 7–8 кг фосфора и 20–24 кг калия [4].

Немаловажную роль в повышении содержания гумуса в почве играют зеленые удобрения (сидераты). В качестве сидератов выращивают как бобовые (люпин, клевер, люцерна, донник и др.), так и не бобовые культуры (рапс, горчица, гречиха и др.). При запашке 40–50 т/га измельченной массы бобовых сидератов, в почву попадает 150–200 кг азота, что равноценно 30–40 т навоза. Положительное действие зеленых удобрений продолжается 3–4 года. Кроме того, бобовые, обладая хорошо развитой и глубоко проникающей в почву корневой системой, извлекают питательные элементы из нижних горизонтов почвы, а также усваивают фосфор и другие питательные вещества труднорастворимых соединений. Поэтому при разложении запаханной растительной массы пахотный слой почвы обогащается не только органическим веществом и усвояемыми соединениями азота, но также фосфором, калием, кальцием.

Под влиянием зеленого удобрения увеличивается содержание гумуса в почве, усиливается микробиологическая деятельность, повышаются влагоемкость, поглощительная способность почвы, улучшается ее структура. В результате значительно повышается плодородие почв и урожай последующих культур [4].

Положительное влияние используемых агротехнических приемов хорошо прослеживается при анализе данных двух последовательных туров агрохимического обследования пахотных почв данного хозяйства. Так, в 2004 году 90,6% почв хозяйства (1499 га) составляли малогумусные почвы и лишь 9,4% (156 га) были среднегумусными. Ситуация карди-

нально изменилась уже в 2010 году: площадь среднегумусных почв увеличилась в 6,5 раз (до 1147 га) и составила 61,2% от общей площади пашни, а площадь малогумусных почв уменьшилась в 2,4 (622 га) [1]. Кроме того, в 2010 году были выявлены высокогумусные почвы. Как видно, за рассматриваемый шестилетний период (2004–2010 гг.) интенсивного использования черноземов не отмечается процессов их дегумификации, а, напротив, содержание валового гумуса в почвах заметно увеличилось.

Наряду с общим содержанием гумуса был проведен анализ профильного распределения органического вещества в исследуемых почвах (рис. 1)

Как видно из рисунка, основные различия в распределении гумуса между почвой залежи и пашни отмечаются в верхнем 30-сантиметровом слое, а также в нижней части профиля до границы с горизонтом Вt. Так, в пахотном слое исследуемых почв содержание гумуса на 1,2–1,5% ниже, а в средней части профиля, напротив, на 0,5–0,9% выше относительно соответствующих глубин профиля залежного участка. Первое можно объяснить усилением процессов минерализации органического вещества при ежегодной перепашке почвы, что отмечают многие авторы (1, 3, 5). Увеличение же количества гумуса в средней части профиля пахотных почв может быть обусловлено внутрипрофильным перераспределением гумусовых веществ в результате усиления миграционных процессов за счет увеличения глубины активного промачивания почв пашни [5].

В целом можно отметить, что многолетняя обработка и использование черноземов под сельскохозяйственные культуры не привели к существенной потере гумуса. Пахотные почвы, как и чернозем выщелоченный залежи, классифицируются как среднегумусные. Наши данные наряду

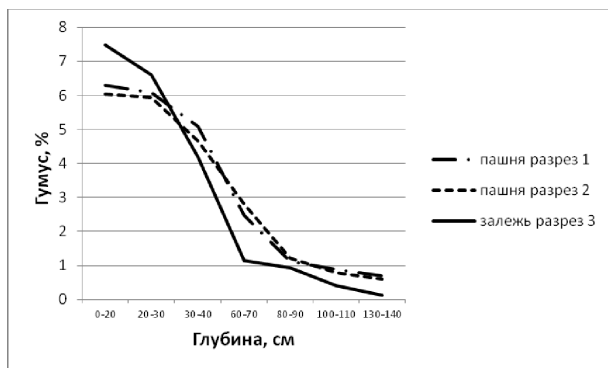


Рис. 1. Содержание и профильное распределение гумуса в изучаемых почвах

с анализом результатов двух туров агрохимического обследования, позволяют сделать вывод о том, что в фермерском хозяйстве «Г.П. Калинин и компания» такая задача, как обеспечение бездефицитного баланса гумуса в почве является одной из важнейших и выполняется на достойном уровне.

Список литературы

1. Агрохимический паспорт полей севооборотов ТнВ «Рассвет» Краснозорецкого района Орловской области. Отчет / ФГУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Верховский». – п. Верховье, 2010. – 43 с.
2. Афанасьева Е.А. Черноземы Средне-Русской возвышенности / Е.А. Афанасьева. – М. : Наука, 1966. – 224 с.
3. Когут Б.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании / Б.М. Когут // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 794–805.
4. Минеев В.Г. Влияние длительного применения удобрений на гумус почв и урожай культур / В.Г. Минеев, Л.К. Шевцова // Агрохимия. – 1978. – №7. – 1980. – 141 с.
5. Щеглов Д.И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.

УДК 631.58:631.421.1

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДородИЯ Дерново-ПОдзолиСТых почв И Урожайности Однолетних ТРАВ в Полевом опыте ЦТЗ

Беленков Алексей Иванович

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

Дехканов Амир Обидович

*аспирант,
Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

Языков Павел Вячеславович

*аспирант,
Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: belenokaleksis@mail.ru*

Аннотация. В статье приводятся данные о влиянии отдельных агрофизических показателей плодородия дерново-подзолистых почв на урожайность викоовсяной смеси, позволяющие прогнозировать величину урожая культуры в зависимости от складывающихся величин плотности, влажности и твердости.

Ключевые слова: полевой опыт, викоовсяная смесь, урожайность культуры, агрофизические показатели, взаимозависимость, взаимосвязь.

**THE RELATIONSHIP OF MAIN FERTILITY INDICATORS
OF SOD-PODZOLIC SOIL AND ANNUAL GRASSES
PRODUCTIVITY IN FIELD EXPERIENCE**

Belenkov A. I.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow*

Dekhkanov A. O.

*graduate student,
Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow*

Jazykov P. V.

*graduate student,
Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow
E-mail: belenokaleksis@mail.ru*

Abstract. The article presents data about the influence of individual fertility parameters of sod-podzolic soils and yield vetch-oat mixture, allowing to predict the value of the crop, depending on the prevailing values of density, hardness and moisture of sod-podzolic soil

Keywords: field experiment, vetch-oat mixture, crop yield, agro-physical parameters, the interdependence, interconnection.

В 2007 году в рамках инновационного общеобразовательного проекта в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева впервые в стране в учебном ВУЗе был создан научный Центр точного земледелия (ЦТЗ). Основу Центра составляет полевой опыт общей площадью около 6 га по сравнительному изучению технологий точного и традиционного земледелия в четырехпольном зернопропашном севообороте с чередованием культур; викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень. В опыте изучаются два фактора – технологии возделывания полевых культур (фактор А) и приемы основной обработки почвы (фактор В). Традиционная технология основана на использовании современной техники с соблюдением рекомендуемых параметров, сроков и нормативных показателей их выполнения. Технология точного земледелия основана на принципах использования спутниковой навигационной системы GPS, с помощью которой корректируется выполнение агроприемов. Изучаемые приемы обработки различаются

между собой по интенсивности и характеру воздействия на почву: от-вальная, минимальная и «нулевая» [1, 2, 3].

В 2016 г. нами проводилось определение отдельных агрофизических показателей плодородия дерново-подзолистых почв. Основная задача – установить их взаимосвязь с продуктивностью викоовсяной смеси, убираемой на зеленый корм. В числе прочих в течение вегетации однолетних трав определялись плотность, влажность, твердость почвы. Остановимся на характеристике взаимосвязи урожайности викоовсяной смеси и тремя вышеприведенными показателями.

На основании учета биологической урожайности однолетних трав проведено ранжирование ее значений в порядке возрастания и установле-но соответствие отдельным группам величин плотности, запаса продук-тивной влаги в слое 0–30 см и значений твердости почвы по слоям 0–10 и 10–20 см (табл. 1). Значения урожайности культуры разбиты на 8 групп с шагом 2 т/га. Для каждой из приводимых групп определено среднее зна-чение плотности, запаса влаги и твердости почвы, причем первые два по-казателя представлены за два срока их определения 29.04 и 22.06, что соответствовало посеву и формированию максимальной надземной мас-сы вики с овсом. Твердость почвы определялась раз за вегетацию, 24.05, когда культуры активно разрастались.

В таблице 2 приводятся данные ранжирование по группам не только урожайности вики с овсом, но и приводимых агрофизических характе-

Таблица 1

**Ранжирование вариантов опыта по величинам урожайности
и соответствующим ей агрофизическим показателям
плодородия почвы, 2016 г.**

№	Группа урожайности зеленой массы, т/га	Частота	Средняя плотность 0–30 см почвы, г/см ³		Средний влагозапас 0–30 см слоя почвы, мм		Средняя твердость почвы, МПа 24.05.16 г.	
			1 срок 29.04.	2 срок 22.06	1 срок 29.04.	2 срок 22.06	0–10 см	10–20 см
1	<20	1	1,38	1,41	57,27	19,8	2,5	3,3
2	20–22	2	1,39	1,39	59,1	25,68	5,1	6,4
3	22–24	3	1,35	1,38	55,36	17,52	2,6	3,1
4	34–26	4	1,35	1,37	57,67	25,23	4,0	4,8
5	26–28	5	1,36	1,38	58,77	22,92	3,7	5,2
6	28–30	6	1,38	1,40	58,33	26,74	3,2	4,2
7	30–32	7	1,36	1,40	58,23	26,34	4,0	4,8
8	>32	8	1,38	1,42	57,13	25,74	3,5	4,1

ристик почвы с соответствующим шагом. При этом каждой группе присваивается определенный цвет для более наглядного представления данных. Минимальное значение признаков соответствует серому цвету, по мере увеличения интенсивность окраски нарастает и максимальные значения соответствуют бордовому цвету.

При подробном анализе соответствия продуктивности культуры и сопутствующих значений установлено, что минимальная урожайность викоовсяной смеси получена при средних значениях плотности почвы 1,38 и 1,41 г/см³ в первый и второй срок определения соответственно, запас продуктивной влаги при этом составил 57,27 и 19,8 мм, а твердость почвы в слое 0–10 см 2,5 и 3,3 МПа (табл. 3).

Таблица 2

Условные обозначения

№ п/п	Урожайность, т/га	Плотность, г/см ³	Влажность, мм		Твердость, МПа	
			1 срок	2 срок	0–10 см	10–20 см
1	<20	1,35	55,0–55,5	17,5–18,5	1–2	1–2
2	20–22	1,36	55,5–56,0	18,5–19,5	2–3	2–3
3	22–24	1,37	56,0–56,5	19,5–20,5	3–4	3–4
4	34–26	1,38	56,5–57,0	20,5–21,5	4–5	4–5
5	26–28	1,39	57,0–57,5	21,5–22,5	5–6	5–6
6	28–30	1,40	57,5–58,0	22,5–23,5	6–7	6–7
7	30–32	1,41	58,0–58,5	23,5–24,5	7–8	7–8
8	>32	1,42	58,5–59,0	24,5–25,5	8–9	8–9

Примечание: оптимальная твердость почвы для трав составляет в пределах 3,5–4,0 МПа.

Таблица 3

Соответствие урожайности викоовсяной смеси и агрофизических показателей почвы в 2016 г.

№ п/п	Урожайность, т/га	Плотность, г/см ³		Влажность, мм		Твердость, МПа	
		1 срок	2 срок	1 срок	2 срок	0–10 см	10–20 см
1	<20	1,38	1,41	57,27	19,8	2,5	3,3
2	20–22	1,39	1,39	59,1	25,68	5,1	6,4
3	22–24	1,35	1,38	55,36	17,52	2,6	3,1
4	24–26	1,35	1,37	57,67	25,23	4,0	4,8
5	26–28	1,36	1,38	58,77	22,92	3,7	5,2
6	28–30	1,38	1,40	58,33	26,74	3,2	4,2
7	30–32	1,36	1,40	58,23	26,34	4,0	4,8
8	>32	1,38	1,42	57,13	25,74	3,5	4,1

Среднему уровню продуктивности викоовсяной смеси в пределах 24–26 т/га соответствует плотность почвы на уровне 1,35–1,37 г/см³, запас продуктивной влаги 57–59 мм, послочное значение твердости почвы 4,0 и 4,8 МПа. Максимум продуктивность смеси (более 32 т/га) достигала при плотности почвы 1,38 в первый срок и 1,42 во второй срок определения, величине водного запаса на уровне 57–58 мм и 25–26 мм соответственно, твердость почвы 3,5 в слое 0–10 см и порядка 4,0 МПа.

На рис. 1 представлено пространственное распределение фиксированных точек, где определялась биологическая урожайность викоовсяной смеси, обозначенное соответствующим цветом, что позволяет сделать вывод о возможном влиянии различных обработок почвы на ее величину, что предопределяет необходимость поиска проблемных участков по почвенному плодородию и выявления мероприятий по их устранению за счет совершенствования агротехнологий в точном земледелии. Данная ситуация позволяет прогнозировать возможность получения того или иного урожая с.-х. культур при совокупности агрофизических показателей, обуславливающих формирование максимальной продуктивности. Это дает возможность интерполировать данными, касающимися влияния на формирование соответствующего урожая и прогнозировать его величину в зависимости от складывающихся условий.

Традиционная технология (фактор А0)													L (м)
Нулевая обработка 18 м (В)						Отвальная обработка 18 м (В)							
43	44	45	46	47	48	43	44	45	46	47	48	48	
42	41	40	29	38	37	42	41	40	29	38	37	42	
31	32	33	34	35	36	31	32	33	34	35	36	36	
30	29	28	27	26	25	30	29	28	27	26	25	30	
19	20	21	22	23	24	19	20	21	22	23	24	24	
18	17	16	15	14	13	18	17	16	15	14	13	18	
7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12	12	
6	5	4	3		1	6	5	4	3	2	1	6м	
Дорога 8 м													
43	44	45	46	47	48	43	44	45	46	47	48	48	
42	41	40	29	38	37	42	41	40	29	38	37	42	
31	32	33	34	35	36	31	32	33	34	35	36	36	
30	29	28	27	26	25	30	29	28	27	26	25	30	
19	20	21	22	23	24	19	20	21	22	23	24	24	
18	17	16	15	14	13	18	17	16	15	14	13	18	
7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12	12	
6	5	4	3	2	1	6	5	4	3	2	1	6м	
18 м	15 м	12 м	9 м	6 м	3 м	18 м	15 м	12 м	9 м	6 м	3 м	L (м)	
Точная технология (фактор В)													

Рис. 1. Урожайность зеленой массы викоовсяной смеси в 2016 г., т/га НСР (А) = 4,8 т/га; НСР (В) = 3,1 т/га

Список литературы

1. Беленков А.И. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева / А.И. Беленков, С.В. Железова, Е.В. Березовский и др. // Известие ТСХА. – 2011. – Вып. 6. – С. 90–100.
2. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие : учеб. пособие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. – М. : Изд-во РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. – 148 с.
3. Мазиров М.А. результаты полевого опыта ЦТЗ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева за период ротации зернопропашного севооборота / М.А. Мазиров, А.И. Беленков, А.Ю. Тюмаков // Актуальные тенденции развития фундаментальных и прикладных наук на рубеже XXI века / Коллектив авторов. – М. : РГАЗУ, 2013. – С. 74.

УДК: 631.439

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

Матвеева Наталья Владимировна

ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: Nataliy_Matveeva@list.ru

Рогова Ольга Борисовна

кандидат биологических наук,

ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: olga Rogova@inbox.ru

Милановский Евгений Юрьевич

доктор биологических наук,

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: milanovski@gmail.com

Аннотация. Изучение органоминеральных соединений почвы представляет большой интерес для исследователей [2, 3]. Появление новых приборов и методов позволило изучить особенности органоминеральных компонентов почв и сформировать представление о составе естественных растворимых продуктов органоминерального взаимодействия. В то же время информации о природе и свойствах поверхности твердой фазы этих соединений, роли различных функциональных групп в формировании функциональной специфичности поверхности и ее изменении при антропогенной нагрузке недостаточно. Цель нашей работы – изучение состава и свойств гранулоденсиметрических фракций полученных методами физического фракционирования агрочерноземов для определения наличия и причин функциональной специфичности свойств поверхности твердой фазы почв при различных системах землепользования.

Ключевые слова: гранулоденсиметрические фракции почв, контактный угол смачивания, черноземы различных систем удобрения.

THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF CHERNOZEMS UNDER DIFFERENT LAND USE

Matveeva N. V.

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: Nataliy_Matveeva@list.ru

Rogova O. B.

candidate of biological sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: olga_rogova@inbox.ru

Milanovskiy E. Yu.

doctor of biological sciences,

Lomonosov Moscow State University, Moscow

E-mail: milanovskiy@gmail.com

Abstract. Nowadays, there is a clear need in a deep investigation of molecular composition of soils and of its influence on surface characteristics of soil particles. The aim of this study is to evaluate the composition and properties of physical fractions of Chernozem under different land use system in determining functional specificity of soil solid-phase surface.

Keywords: contact angle, CA; Chernozem under different land use system; physical (or particle) fractions of soils.

Объекты и методы. Анализировались 3 группы образцов агрочерноземных почв Воронежского НИИСХ: варианты минимальной агротехнической нагрузки (без внесения удобрений): косиная степь, бессменный пар, бессменная кукуруза; варианты действия внесения минеральных удобрений (участок кормопроизводства): контроль, NPK, NPK; варианты последствия внесения минеральных удобрений на разном минеральном фоне (участок агрохимии, удобрения вносились до 2004 года): контроль-средний агрофон б/у, высокий агрофон + NPK, высокий агрофон + 2NPK.

Гранулоденсиметрическое фракционирование образцов по методу М.Ш. Шаймухаметова и др. (1984 г.) [3]. Выделены три фракции: – илистая (ИЛ) < 1мкм; “легкая” фракция (ЛФ) с плотностью < 2г/см³ (бромформ-этанольной смесью $d = 2\text{г/см}^3$); остаток после отделения ила и ЛФ (ОСТ).

Свойства поверхности почв и выделенных фракции характеризовались контактным углом смачивания (КУС), определение которого проводили методом статической сидячей капли на цифровом угломере (Система Анализа Формы Капли, DSA100, Kruss, Германия), оснащенном

видеокамерой и программным обеспечением. Объем капли дистиллированной воды 1,5 мкл, скорость вытекания 100–150 мкм/с. Аппроксимацию формы капли проводили методом Лапласа-Юнга. Перед измерением испытуемый образец растирали в агатовой ступке и просеивали через сито 100 мкм. Было использовано две методики подготовки образца для измерения КУС. В первом случае образец равномерно распределяли на предметном стекле (2,5x7 см), покрытом двусторонним скотчем и уплотняли другим предметным стеклом в течение одной минуты с усилием около 100 г. Аккуратно стряхивали не приклеившиеся частички и вновь прижимали почв предметным стеклом. Съемка производилась для воздушно-сухого образца.

Вторая методика предполагала использование растворов исследуемых почвенных образцов с концентрациями 4, 2, 1 и 0,5 мг/кг, подготовка которых проходила с использованием ультразвука Branson Digital Sonifier. Затем полученные растворы равномерно высаживались в виде пленок на мембранные фильтры, на которых и происходило измерение КУС.

Результаты и обсуждение. Соотношение выделенных гранулоденсиметрических фракций агрочерноземов – ил, ЛФ и остаток – было различно для разных систем землепользования. Так илистая фракция составляла от 39 до 41% при последствии удобрений и при их применении соответственно. В последствии удобрений ЛФ составляла 9%, в то время как с применением удобрений (NPK) доля илистой фракции возрастала до 15%. Фракция остатка снижалась с 51% при отсутствии удобрений до 48% с внесением удобрений на сельскохозяйственные угодья.

Сравнивая две используемые методики определения КУС, следует отметить: измерение КУС образцов нанесенных на двухстороннюю клейкую ленту дает более равномерный результат для всего почвенного образца, но при этом требует большее количество исследуемого материала, что не всегда выгодно при изучении трудно выделяемых почвенных фракций; в то время как нанесение раствора почвенного образца на мембранный фильтр позволяет использовать меньшее количество исходного материала. Но при этом была отмечена небольшая неоднородность на поверхности мембранных фильтров с меньшей концентрацией осажденного образца – 0,5 мг/кг. Также измерение КУС на краевых участках мембранного фильтра в некоторых случаях давало завышенный результат, что опять же свидетельствует о неравномерном перераспределении осаждаемого материала на поверхности мембранного фильтра.

Исследование гидрофобно-гидрофильных свойств поверхности почвенных фракций и исходных почв, а также проведенный корреляционный анализ между изученными показателями и значениями КУС показало:

на агрофоне с применением удобрений выявлено усиление гидрофобности для фракций ила и остатка, в то время так на исходной почве такая взаимосвязь не проявляется. На участках без внесения удобрений значения гидрофобности исследуемых фракций оказались ниже, чем на тех участках, на которых применялись удобрения. Также гидрофобность исследуемых фракций и исходных почв снижается на опытных участках, внос минеральных удобрений на которые был прекращен. Значения КУС исходной почвы и почвенных фракций были различны: в 35% случаев КУС повышался для илистой фракции в среднем на 16%, а для фракции остатка на 12%. Остальные 65% отобранных образцов показали значения КУС гранулоденсиметрических фракций ниже, чем значения КУС исходной почвы. Эта разница варьировала в среднем от 14% для илистых фракций до 69% для фракций остатка.

Заключение. При анализе полученных значений КУС и выявлении корреляции с другими исследуемыми показателями следует учитывать методику измерения КУС [1]. Так, можно с уверенностью отмечать взаимосвязь гидрофобности почвенных образцов и содержания органического вещества в них, но при этом числовые значения КУС в зависимости от методики измерений будут отличаться.

Полученные нами результаты говорят о том, что гидрофобно-гидрофильные свойства агрогенных почв разного генезиса, а также почвенных фракций различаются, что проявляется в варьировании средней величины контактного угла смачивания.

Список литературы

1. *Быкова Г.С.* Краевой угол смачивания поверхности твердой фазы черноземов типичных Материалы по изучению русских почв. Вып. 8 (35) : сб. науч. докл. / под ред. Б.Ф. Апарина.– СПб. : Изд-во С.-Петербург, 2014. – С. 125–130.
2. *Титова Н.А.* Развитие исследований по взаимодействию органических и минеральных компонентов почв / Н.А. Титова, Л.С. Травникова, М.Ш. Шаймухаметов // Почвоведение. – 1995. – № 5. – С. 638–646.
3. *Шаймухаметов М.Ш.* Способ извлечения из почвы поглощающего комплекса / М.Ш. Шаймухаметов, Л.С. Травникова // А.С. № 1185238. Госком. СССР по делам изобретений и открытий. Заявка № 3732977. Приоритет изобретения. 30.03.1984.
4. *Pogorzelski S.J.* Pinus sylvestris L. needle surface wettability parameters as indicators of atmospheric environment pollution impacts: Novel contact angle hysteresis methodology / S.J. Pogorzelski, P. Rochowski, J. Szurkowski // Appl. Surf. Sci. – 2014. – Vol. 292. – P. 857–866.

**СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ
АГРОЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ
В ОТНОШЕНИИ ФОСФОРА
ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
И В ИХ ПОСЛЕДЕЙСТВИИ**

Рогова Ольга Борисовна

кандидат биологических наук,

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: olga_rogova@inbox.ru

Колобова Наталья Александровна

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: nataly_starok@mail.ru

Аннотация. Внесение фосфора в виде минеральных удобрений уменьшает максимальную фосфатную емкость почв и энергию связи фосфатов с почвой пропорционально дозе удобрения, что приводит к снижению потенциальной буферной способности агрочерноземных почв по отношению к фосфору. При прекращении внесения удобрений эти показатели выравниваются и приближаются к контрольным в течение короткого времени. Снижение либо отсутствие агротехнической нагрузки характеризуется высокой энергией связи фосфатов с почвой и ПБС^р.

Ключевые слова: влияние внесения удобрений, длительный полевой опыт, ПБС^р по К.Е. Гинзбург, изотермы сорбции, модель Лэнгмюра, фосфор.

**SORPTION CAPACITY OF AGROCHERNOZEM SOILS WITH
REGARD TO THE INTRODUCTION OF PHOSPHORUS
FERTILIZER AND THEIR AFTEREFFECT**

Rogova O. B.

candidate of biological sciences,

Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: olga_rogova@inbox.ru

Kolobova N. A.

Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

nataly_starok@mail.ru

Abstract. Chemical fertilizers application reduce phosphorus potential buffer capacity of agrochernozem soils proportionally with dose of fertilizers, reduce phosphorus binding energy and maximal adsorption of soils. Reducing land use increase PBC^r and phosphorus binding energy.

Keywords: the effect of fertilizer application, long field experiment, PBC^r by K.E. Ginzburg, sorption isotherms, Langmuir isotherm, phosphorus.

Введение. Основной целью исследования было установление различных физико-химических показателей сорбции фосфора агрочерноземными почвами, в зависимости от системы минерального питания. С этой целью определялись: потенциальная буферная способность в отношении фосфора ПБС^p почв (Q/I), энергия связи фосфатов с почвой ($-DG$), максимальная емкость по отношению к фосфат-ионам (Q_{max}). На основе изотерм сорбции по модели Ленгмюра рассчитывались равновесная активность фосфат-иона (I), количество фосфатов в твердых фазах, находящиеся в равновесии с раствором (Q).

Объекты и методы. Исследовался пахотный горизонт (0–20 см) агрочерноземных почв длительного полевого опыта Воронежского НИИСХ в следующих вариантах:

1. Варианты действия внесения минеральных удобрений на фоне последствия орошения (участок кормопроизводства): два варианта контроля, NPK, 2NPK;

2. Варианты последствия внесения минеральных удобрений (вносились до 2004 года) на разном минеральном фоне (участок агрохимии): средний агрофон без удобрений, высокий агрофон+NPK, высокий агрофон+2NPK.

3. Варианты минимальной агротехнической нагрузки (без внесения удобрений): косая степь, бесменный пар, бесменная кукуруза;

Смешанные образцы отбирались рандомизировано с помощью бура в 3–5 повторностях. Потенциальная буферная способность почв в отношении фосфора определялась по методике Гинзбург. Полученные данные аппроксимировались с применением модели ограниченной сорбции на монослое Ленгмюра, оценивалась энергия связи фосфатов с почвой для данной модели.

Результаты и обсуждение. Строились графики кривых ПБС и изотермы сорбции по модели Ленгмюра (рис. 1–3), рассчитывались энергия связи фосфатов с почвой ($-DG$), максимальная емкость по отношению к фосфат-ионам (Q_{max}).

В опыте с текущим внесением удобрений (рис. 1) установлено, что наиболее высокой буферной способностью по отношению к фосфору обладают контрольные варианты ($Q/I = 5,4$). Они обладают наибольшей максимальной емкостью ($Q_{max} = 65,9$ мМ/кг и 71,2 мМ/кг соответственно), которая при внесении удобрений снижалась в 4–5 раз (13,3–13,4 мМ/кг).

В вариантах с внесением NPK наблюдается снижение буферной способности по отношению к фосфору пропорционально дозе удобрения – в 2 раза в случае одинарной дозы (0,44) и в 3 раза в случае двойной дозы минеральных удобрений (0,3).

Энергия связи фосфатов с почвой в этом опыте была максимальна в контрольной почве (24,2 кДж/М) и немного снижалась в случае внесения двойной дозы NPK (22,9 кДж/М), что коррелирует с уменьшением потенциальной буферной способности.

При последствии удобрений (участок агрохимии, рис. 2) наибольшая буферная способность по отношению к фосфору наблюдалась в контрольном варианте (3,16), при внесении NPK данный показатель снижался более чем в 1,5 раза (1,7).

При последствии удобрений в одинарной дозе не наблюдается снижения максимальной адсорбции (80,5 мМ/кг) по сравнению с вариантом без внесения удобрений (74,2 мМ/кг), а двойная доза лишь незначительно

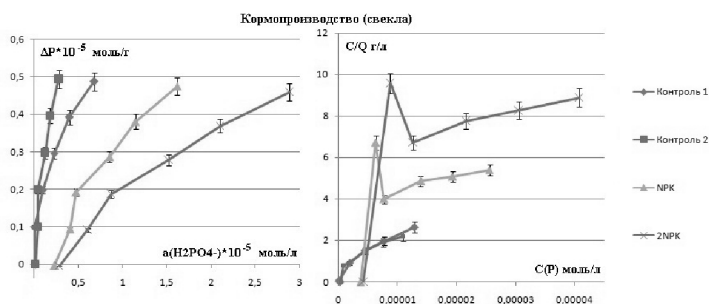


Рис. 1. Графики кривых ПБС фосфора (слева) и изотермы сорбции фосфатов (по Ленгмюру, справа) при текущем внесении минеральных удобрений

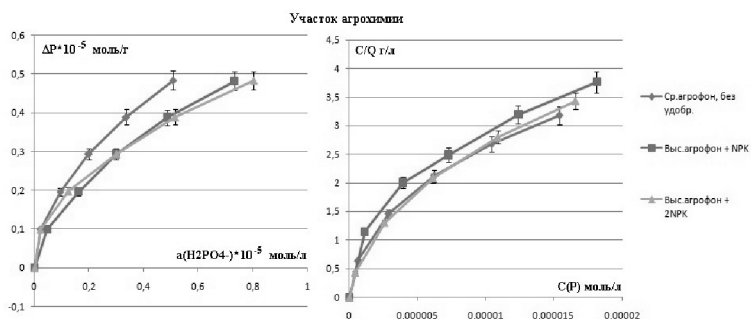


Рис. 2. Графики кривых ПБС фосфора (слева) и изотермы сорбции фосфатов (по Ленгмюру, справа) при последствии минеральных удобрений

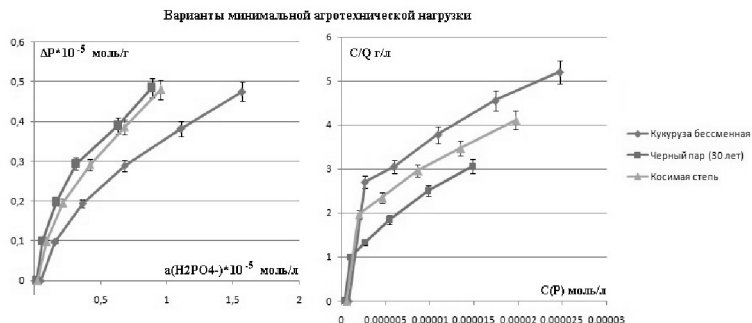


Рис. 3. Графики кривых ПБС фосфора (слева) и изотермы сорбции фосфатов (по Ленгмюру, справа) без внесения минеральных удобрений

понижила ее (67,1 мМ/кг). Энергии связи всех вариантов опыта практически выровнялись.

В вариантах минимальной агротехнической нагрузки (рис. 3) наибольшей ПБС обладал вариант «черный пар» (2,36), а максимальная адсорбция была высокой во всех вариантах опыта (71–87 мМ/кг).

Наиболее высокая энергия связи наблюдалась в варианте «черный пар» (23,2 кДж/М), а наименьшая в варианте «кукуруза бессменная» (20,5 кДж/М).

Выводы. Таким образом, выявлено, что при внесении минеральных удобрений ПБС^р почв уменьшается пропорционально дозе удобрения за счет снижения максимальной емкости. Внесение минеральных удобрений снижает также энергию связи фосфатов с почвой, повышая тем самым их доступность растениям.

При последствии минеральных удобрений происходит выравнивание физико-химических показателей сорбции фосфора.

Включение в севооборот «черного пара», уменьшение обработок, повышает ПБС^р. Минимизация обработок способствует повышению энергии связи фосфатов в почвах.

Авторы благодарят сотрудников Воронежского НИИСХ д.б.н. Ю.М. Чевердина, д.с-х.н. С.В. Мухину, других сотрудников института за неоценимую помощь при выборе объектов и проведении полевых работ.

УДК 631.41.416.2:631.445.4(470.321)

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗЛИЧНЫХ УГОДИЙ

Брехова Любовь Ивановна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: libreh@mail.ru*

Щеглов Дмитрий Иванович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: dpoch@mail.ru*

Савченко Лидия Игоревна

*магистр, Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: lidia.saw4enko@yandex.ru*

Аннотация. Проведено исследование форм соединений фосфора в черноземах выщелоченных пашни и залежи Краснозороенского района Орловской области. Показано, что при длительном сельскохозяйственном использовании не происходит заметного снижения общих запасов фосфора, однако в пределах изучаемого профиля изменяется соотношение его минеральных и органических соединений.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, валовой фосфор, профильное распределение, фосфор минеральных соединений, фосфор органических соединений.

FORMS OF PHOSPHORUS COMPOUNDS IN CHERNOZEMS OF VARIOUS FARMLANDS

Brekhova L. I.

*candidate of biological science, associate professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: libreh@mail.ru*

Scheglov D. I.

*doctor of biological science, professor, Voronezh State University, Voronezh
E-mail: dpoch@mail.ru*

Savchenko L.I.

*magister, Voronezh State University, Voronezh
E-mail: lidia.saw4enko@yandex.ru*

Abstract. It is conducted research of forms of phosphorus compounds in leached chernozems on arable lands and deposits of Krasnozorensky district of the Oryol region. It is shown that in case of long-term agricultural use there is no marked weakening of general phosphorus reserves, however within the studied profile the ratio of its mineral and organic compounds is changes.

Keywords: leached chernozem, gross phosphorus, profile distribution, phosphorus of mineral compounds, phosphorus of organic compounds.

Плодородие почв определяется многими факторами, среди которых большое значение имеет создание оптимального режима минерального питания. Одним из элементов, необходимых растениям на протяжении всего вегетационного периода, является фосфор. Недостаток его в почве негативно сказывается на состоянии растений: тормозится их развитие и задерживается созревание, в результате значительно снижается урожайность, ухудшается качество продукции.

Фосфор наследуется почвами от материнских пород, претерпевая определенные превращения и закрепляясь в почве в виде минеральных и органических соединений. Материнские породы черноземных почв, лессовидные карбонатные суглинки и глины, отличаются высоким содержанием фосфорсодержащих минералов [2]. Однако, как отмечают многие исследователи, большая часть фосфора в них приходится на малоподвижные, соответственно, недоступные для растений формы [2, 3]. В связи с этим, определение общего содержания фосфора в почвах и его форм, в разной степени доступных для растений, важно для оценки почвенного плодородия и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

Целью данной работы явилось изучение форм соединений фосфора в почвах фермерского хозяйства «Г.П. Калинин и компания» Краснозоре́нского района Орловской области. Для исследования были выбраны три ключевых участка, расположенные в непосредственной близости друг от друга в сходных геоморфологических условиях (один – на залежи и два – на пашне). Почва всех участков определена как чернозем выщелоченный среднемощный среднегумусный тяжелосуглинистый. Растительный покров залежи представлен злаково-разнотравной ассоциацией. Пахотные участки длительно используются в зернопропашном севообороте. На каждом участке было заложено по одному полно профильному разрезу глубиной 150 см и по 4 скважины до 60 см. В отобранных образцах наряду с общими физическими, химическими и физико-химическими показателями были определены валовое содержание фосфора методом мокрого озоления по Гинсбург, фосфор минеральных и органических соединений методом прокаливания по Сендеру и Вильямсу, а также фосфор подвиж-

ных соединений по Чирикову (в бескарбонатных образцах) и Мачигину (в карбонатных горизонтах) [1].

Как показали исследования, почва залежного участка в верхней части профиля содержит 0,23 % валового фосфора. Вниз по профилю содержание его снижается до 0,13% в слое 120–130 см (рис. 1). Характер распределения данного элемента в почвенном профиле повторяет кривую распределения органического вещества, что позволяет объяснить более высокое содержание данного элемента в верхней части профиля биогенным его накоплением.

Валовое содержание фосфора пахотных черноземов выщелоченных практически не отличается от почвы залежи (рис. 1). В верхнем десятисантиметровом слое пахотных почв содержание валового фосфора составляет 0,24 %, вниз по профилю его количество постепенно снижается до 0,12–0,14 %.

На основании данных по общему содержанию фосфора были рассчитаны его запасы для слоев 0 – 20; 0 – 50 и 0 – 100 см.

В черноземах выщелоченных как залежи, так и пашни этот показатель составляет примерно 5, 11 и 22 т/га, соответственно (рис. 2).

Эти данные свидетельствуют о том, что длительная распашка черноземов выщелоченных не привела к заметному снижению общих запасов фосфора в почвах данного хозяйства.

Наряду с валовым содержанием фосфора были определены его минеральные и органические формы.

Минеральные соединения фосфора образуются из фосфорсодержащих минералов (фосфорита и апатита) и представлены солями кальция, магния, железа и алюминия ортофосфорной кислоты. Органические фосфорсодер-

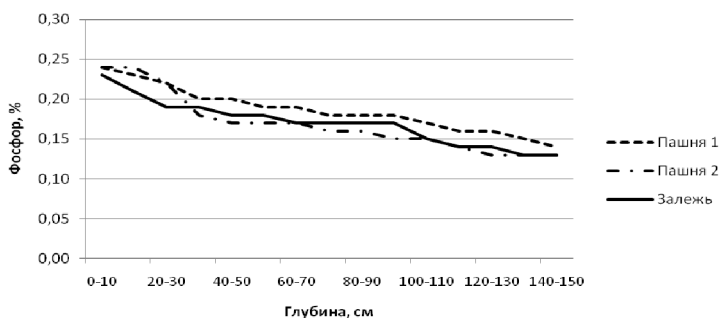


Рис. 1 Валовое содержание фосфора в черноземах выщелоченных залежи и пашни

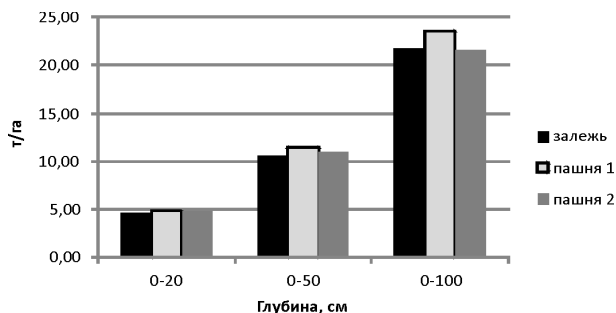


Рис. 2. Запасы валового фосфора черноземов выщелоченных залежи и пашни

жащие соединения представлены фосфолипидами, инозитолфосфатами, нуклеиновыми кислотами, а также фосфором гумусовых веществ [3]. Фосфор органических соединений прочно удерживается в почве, но после минерализации органического вещества становится доступным растениям.

Как показали наши исследования, в верхней части профиля залежной почвы преобладают органические формы фосфора. В гумусовых горизонтах его количество составляет 74–82% от валового. С глубиной доля органофосфатов уменьшается до 20–27% (слой 140–150 см), а относительное количество минеральных форм, соответственно, возрастает.

В почве пашни, как и на залежном участке, большая часть фосфора гумусовых горизонтов представлена органическими соединениями. Однако доля органических фосфатов в пахотном горизонте на 3–7% ниже, чем в почве залежи. В то же время, в нижней части профиля этот показатель на 4–7% превышает данные для залежного участка. Можно предположить, что увеличение доли органофосфатов в пахотных почвах на глубине 80–120 см происходит за счет внутривертикального перераспределения гумусовых веществ в результате усиления миграционных процессов [4].

В целом, можно заключить, что длительное использование черноземов выщелоченных в данном хозяйстве не привело к снижению валовых запасов фосфора. Однако снижение доли органофосфатов в пахотном слое может свидетельствовать о том, что почвы пашни потенциально менее обеспечены доступными формами фосфора по сравнению с почвой залежи.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. – М. : Наука, 1975. – 496 с.
2. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-черноземной полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж, 1970. – 248 с.

3. Гинсбург К.Е. Фосфор основных типов почв СССР / К.Е. Гинсбург. – М. : Наука, 1981. – 244 с.

4. Щеглов Д.И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.

УДК 631.472.56(572)

ОСОБЕННОСТИ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В ЦЕЛИННЫХ И РАСПАХАННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Козлова Алла Афонасьевна

*кандидат биологических наук, доцент,
Иркутский государственный университет, Иркутск
E-mail: allak2008@mail.ru*

Аннотация. Гумусообразование определяет многие генетические, эколого-био-геохимические и агрономические функции и свойства почв различных природных зон. Важнейшими его показателями являются содержание, запасы, тип гумуса, обогащенность его азотом и кальцием, групповой и фракционный состав гумуса, содержание легкоразлагаемого органического вещества. Особое место в процессах гумусообразования и гумусонакопления занимает антропогенный фактор, который в зависимости от уровня культуры земледелия может привести к потерям гумуса и изменению его состава в неблагоприятную сторону. В этой связи особую актуальность приобретает изучение влияния компонентов гумуса на устойчивость различных типов почв к антропогенным нагрузкам. В данной работе рассматриваются процессы гумусообразования, наблюдаемые в целинном и распаханном черноземе Южного Предбайкалья.

Ключевые слова: гумусообразование, антропогенный фактор, состав гумуса, гуминовые кислоты, фульвокислоты, нерастворимый остаток

FEATURES HUMUS THE VIRGIN AND PLOWED CHERNOZEMS SOUTH PREDBAJKALJA

Kozlova A.A.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Irkutsk State University, Irkutsk
E-mail: allak2008@mail.ru*

Abstract. Humus determines many genetic, ecological, biogeochemical and agronomicheskies functions and properties of soils of different natural zones. The most important indicators of its contents are reserves, humus type, enriched with nitrogen and calcium group and fractional composition of humus content of readily degradable organic matter. A special place in the processes of humus, and humus accumulation takes anthropogenic factor, which depending on the level of farming can, and lead to a loss of humus and change its structure in an unfavorable direction. In this context, it becomes particularly

relevant study of humus components *razlichnyh* influence on the stability of soil types to anthropogenic stress. This paper examines the processes of humus formation observed in the virgin and plowed black earth of the South Predbaikalja.

Keywords: humification, anthropogenic factor, the composition of humus, humic acid, fulvic acid, the insoluble residue

В различных природных условиях характер и скорость гумусообразования (разложение и гумификация органических остатков) неодинаковы и зависят от ряда взаимосвязанных условий почвообразования. Главнейшими из них являются водно-воздушный и тепловой режимы почв, состав и характер поступления растительных остатков, видовой состав и интенсивность жизнедеятельности микроорганизмов, гранулометрический состав и физико-химические свойства почвы [2].

Наиболее благоприятны для накопления гумуса сочетание в почве оптимального гидротермического и водно-воздушного режимов и периодически повторяющиеся иссушения. В таких условиях происходят постоянное разложение органических остатков, достаточно энергичное гумусирование их и закрепление образующихся гумусовых веществ минеральной частью почвы. Такой режим характерен для черноземов, в которых накопление и запасы гумуса, зависят от значительного количества быстро разлагающихся корневых остатков травянистых растений [4].

Спецификой свойств черноземов региона является высокая сосредоточенность основных запасов органического вещества в верхней части гумусового горизонта, что отличает их от европейских аналогов. Это обусловлено особенностью их термического режима. Они в отличие от европейских черноземов обладают большими запасами холода в весенне-летний период. Низкие температуры почвы препятствуют проникновению корней на глубину и в основном они сосредоточены в верхней части, где их отмершие остатки и становятся источником для формирования гумуса, обладающего малой подвижностью в условиях слабой промачиваемости почв [5]. Поэтому для черноземов Южного Прибайкалья характерна малая мощность гумусового горизонта, пониженное содержание гумуса. Так, мощность органических горизонтов в исследуемом целинном черноземе составляет 49 см, что не характерно для почв черноземного типа почвообразования.

Не менее важной причиной малой мощности гумусового горизонта чернозема может служить и несколько иная интенсивность и темп биохимических процессов в условиях резкоконтинентального климата региона. В весеннее время они замедлены и усиливаются лишь к середине лета. Наиболее интенсивная микробиологическая деятельность наблюдается лишь в июле–августе, когда максимум осадков совпадает с максимальным про-

греванием почвы. Поэтому, разложение органических остатков происходит в значительно более короткий период лета, но более интенсивно, чем в европейской части России, причем процесс этот концентрируется в небольшом по мощности верхнем слое почвы с оптимальными температурами. Образовавшееся гумусовое вещество быстро подвергается морозной денатурации, более резкой и длительной, чем в черноземах европейской части, и продукты гумификации остаются на месте своего образования [1].

Для черноземов региона характерно высокое содержание гумуса в самой верхней части гумусового горизонта, а затем довольно быстрое и равномерное падение с резким перегибом у нижней границы горизонта А, и дальнейшим очень медленным равномерным падением [5]. Содержание гумуса в исследуемом целинном черноземе невелико и составляет чуть более 5 %. С глубиной оно резко снижается и составляет менее 1 %. В целом, гумусовый горизонт формируется в условиях уравновешенного поступления органического вещества, как в почву, так и на ее поверхность.

При распахивании наблюдается значительное снижение мощности гумусового горизонта, ограничивающегося только глубиной вспашки, а также заметное сокращение содержания и запасов гумуса. Основными причинами, вызвавшими уменьшение количества гумуса в пахотных почвах, являются изначально малая мощность гумусовых горизонтов целинных почв, в результате чего идет припахивание нижележащих малоплодородных горизонтов. Распашка усиливает процесс разложения и минерализации органического вещества, связанного со сменой гидротермических условий. В связи с обработкой почвы, выносом части углерода с урожаем происходит резкое уменьшение массы растительных остатков, поступающих в почву при смене естественной растительности сельскохозяйственной. Сведение растительности, механическая обработка почвы способствует значительному ускорению процессов водной эрозии и дефляции.

Состав гумуса исследуемого чернозема соответствует черноземному типу, для которого характерно явное доминирование гуминовых кислот в гумусовом горизонте, состав гумуса – гуматный, отношение Сгк:Сфк составляет более 2. Вниз по профилю происходит резкая смена состава гумуса, он становится фульватным. На фоне значительного уменьшения количества гуминовых кислот, заметно возрастает содержание фульвокислот, отношение Сгк:Сфк равняется 0,6 в горизонте ВСА, а в почвообразующей породе 0,3. Во фракционном составе преобладающей как среди гуминовых, так и среди фульвокислот является 2-я фракция, связанная с Са. В гумусовом горизонте отмечено присутствие 1-ой фракции гуминовой и фульвокислоты, а также фульвокислоты 1а фракции. С глубиной их количество резко падает или вообще не обнаруживается. Традиционно характерным для состава гумуса почв региона является вы-

сокое содержание нерастворимого остатка. В исследуемом черноземе его количество достигает 58–61 %, что объясняется местными гидротермическими условиями, связанными с резкой континентальностью климата.

При длительном агрогенном использовании почв происходит значительная трансформация состава гумуса в сторону фульватности, отношение Сгк:Сфк становится меньше 1. Среди гуминовых и фульвокислот доминирует 2-ая фракция, связанная с Ca^{2+} и исчезает 1-ая фракция свободных гуминовых и фульвокислот, связанных с полуторными оксидами. Среди фульвокислот необходимо отметить появление значительного количества свободных фульвокислот фракции 1а. Если рассматривать фульвокислоты как начальные формы или продукты деструкции, то можно предположить, что под влиянием интенсивных окислительных процессов в пахотной почве при недостаточном поступлении свежего органического вещества происходит разложение и наиболее стойкой части гумуса и перевод его в более растворимое состояние [3]. С этим, по-видимому, связано и заметное снижение доли нерастворимого остатка в составе гумуса.

В целом можно сделать вывод, что особенностями гумусообразования в черноземах Южного Предбайкалья является малая мощность гумусового горизонта с высокой концентрацией в нем гумуса. Состав гумуса соответствует черноземному типу с явным доминированием гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+} . Характерным для состава гумуса является и высокое содержание нерастворимого остатка, количество которого может превышать 60 %.

Интенсивное распахиwanie региональных черноземов сопровождается глубокими изменениями процесса гумусообразования. Происходит значительное снижение мощности гумусового горизонта (до глубины вспашки), заметное сокращение содержания и запасов гумуса, усиление процесса разложения и минерализации органического вещества, связанного со сменой гидротермических условий, уменьшение поступления массы растительных остатков, значительное ускорение процессов водной эрозии и дефляции. Состав гумуса становится фульватным, нерастворимый остаток составляет всего 30 %, что указывает на разложение наиболее стойкой части гумуса и перевод его в более растворимое состояние, т. е. региональные черноземы при интенсивном распахивании заметно теряют свое потенциальное плодородие.

Список литературы

1. *Белых А.Г.* Пищевой режим черноземов Приангарья / А.Г. Белых // Почвы юга Средней Сибири. – Иркутск, 1988. – С. 83–94.
2. *Гришина Л.А.* Система показателей гумусного состояния почв / Л.А. Гришина, Д.С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М. : Наука, 1978. – С. 42–47.
3. *Листопадов И.Н.* Плодородие почвы в интенсивном земледелии / И.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова. – М. : Россельхозиздат, 1984. – 205 с.

4. Муха В.Д. Агроепочвоведение / В.Д. Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. – М. : КолосС, 2003. – С. 170–175.

5. Надеждин Б.В. Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк) / Б.В. Надеждин. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 326 с.

УДК 631.4

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОЙМЫ РЕКИ ХОПЕР ХОПЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Яблонских Лидия Александровна

доктор биологических наук, профессор,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: lidij-jblonskikh@yandex.ru

Салманова Светлана Викторовна

соискатель, Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: Salmanowa.svetlana@yandex.ru

Аннотация. Проведен почвенно-географический анализ закономерностей распространения организации аллювиальных почв пойменного ландшафта Хоперского государственного природного заповедника; дана характеристика структуры почвенного покрова морфологических элементов поймы реки Хопер.

Ключевые слова: долина, аллювиальные почвы, структура почвенного покрова, пойменный ландшафт, почвенная комбинация.

THE MAIN REGULARITIES OF THE DISTRIBUTION OF ALLUVIAL SOILS AND THE STRUCTURE OF THE SOIL COVER ON THE FLOODPLAIN OF KHOPER BY KHOPERSKY STATE NATURE RESERVE

Yablonskikh L. A.

doctor of biological sciences, professor,

Voronezh state University, Voronezh

E-mail: lidij-jblonskikh@yandex.ru

Salmanova S. V.

applicant, Voronezh state University, Voronezh

E-mail: Salmanowa.svetlana@yandex.ru

Abstract. Soil-geographical analysis of patterns of spatial organization alluvial soils of floodplain landscape in Hopersky reserve are conducted; the characteristic of soil cover structure of the morphological elements of the floodplain Khoper are taken.

Keywords: valley, alluvial soils, structure of soil cover, floodplain landscape, soil combination.

Пойменные ландшафты долины Хопра занимают значительную площадь в общей ландшафтно-типологической структуре территории Среднехоперского физико-географического района южной лесостепи (34% от общей площади района). Это позволило М.Н. Грищенко и Ю.Ф. Дурневу выделить пойму Хопра в самостоятельный Центральный геоморфологический район с уникальным спектром природных комплексов и типов почв первозданного вида, которые послужили объектом исследования на территории Хоперского государственного природного заповедника (ХГПЗ). Базовой основой для изучения структуры почвенного покрова послужили полевые исследования почвенного покрова (ПП), проведенные авторами в период с 2012 по 2016 годы, а также привлечение фондовых картографических материалов ХГПЗ. Описание структуры почвенного покрова (СПП) проводилось на основе составленной авторами почвенной карты масштаба 1:50 000, а также различных методических подходов предложенных в разные годы В.М. Фридландом, Я.М. Годельманом, Н.Б. Хитровым, Т.В. Королюк, Н.П. Сорокиной, Т.А. Романовой и др.

По поперечнику поймы реки Хопер наблюдается закономерная смена почв и их комбинаций под соответствующей растительностью от пойменно-лесных слоистых, аллювиальных луговых слоистых в прирусловой части, к пойменно-лесным серым и собственно аллювиальным луговым в центральной части, пойменно-лесным заболоченным и аллювиальным болотным почвам в притеррасной пойме. Вследствие широкого распространения лесной растительности пойменно-лесные почвы составляют основу почвенного покрова рассматриваемой территории. Его структура осложняется наличием многочисленных озер-старич, которых насчитывается в заповеднике около 300, а также вкраплениями ареалов пойменных лугов и останцев первой надпойменной террасы.

Среди аллювиальных почв доминирует группа пойменно-лесных почв, среди которых пойменно-лесные серые глееватые и глеевые занимают наибольшую площадь в пойме. Расчет доли участия типов почв в почвенном покрове заповедника проводили по составленной нами почвенной карте-схеме (рис. 1).

Прирусловая часть поймы не образует сплошной линии вдоль русла реки, а представляет собой вытянутые песчаные береговые косы и валы, образующие прерывистые линии то на одном, то на другом берегу р. Хопра, и широкие участки во внутренних частях излучин. Она сформировалась исключительно под воздействием аллювиальных процессов. Состав аллювия и рельеф этой части поймы резко меняются на небольших расстояниях, что обуславливает частую смену растительных сообществ. На прирусловых валах грунтовые воды залегают глубже 3,0 м и в формировании почвенного профиля значительного участия не принимают.

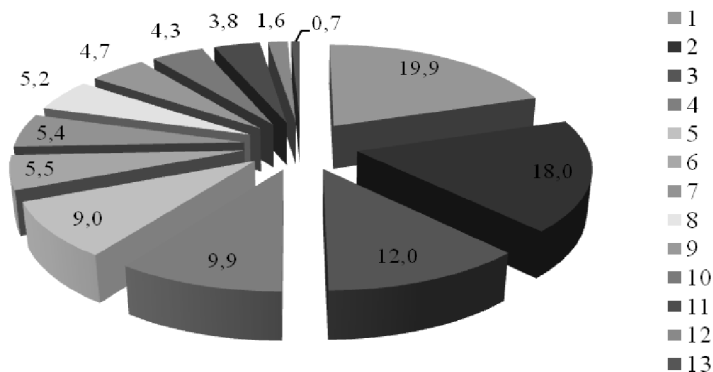


Рис. 1. Доля основных типов аллювиальных почв заповедника (% от общей площади почв поймы):

- 1 – пойменно-лесные серые глееватые и глеевые суглинистые,
- 2 – пойменно-лесные заболоченные (иловато-торфяно-глеевые) суглинистые и глинистые, 3 – пойменно-лесные серые остаточно осолоделые глееватые и глеевые суглинистые, 4 – пойменно-лесные темно-серые глееватые и глеевые суглинистые, 5 – пойменно-лесные светло-серые легкосуглинистые, 6 – пойменно-лесные слабообразованные слоистые легкосуглинистые, 7 – аллювиальные лугово-болотные тяжелосуглинистые и глинистые, 8 – аллювиальные луговые слоистые оглеенные песчаные и супесчаные, 9 – аллювиальные луговые слоистые глееватые легкосуглинистые, 10 – собственно аллювиальные луговые осолодело-солонцеватые глееватые суглинистые и глинистые, 11 – собственно аллювиальные луговые кислые глееватые и глеевые суглинистые и глинистые, 12 – собственно аллювиальные луговые насыщенные глееватые и глеевые суглинистые, 13 – комплексы пойменно-лесных темно-серых остаточно осолоделых и остаточно солонцеватых глееватых и глеевых суглинистых

Структура почвенного покрова прирусловой поймы обычно представлена простыми почвенными комбинациями, фоновым компонентом которых в лесных фитоценозах являются пойменно-лесные слоистые, в луговых – аллювиальные луговые слоистые почвы. В СПП прирусловых кос доминируют гомогенные ареалы аллювиальных слоистых примитивных песчаных почв, иногда они образуют полосчато-линзовидные вариации с аллювиальными слоистыми песчано-супесчаными почвами. Указанные комбинации, как правило, открытые, дренированные, слабоконтрастные, линейно-вытянутые.

Центральная часть поймы, как и во многих речных долинах, является преобладающей по площади. Ее обширные выровненные участки сложены аллювиальными осадками тяжелого гранулометрического состава. Глубина залегания грунтовых вод находится в пределах 1,5–3,0 м, а в понижениях – 1,0–1,5 м, иногда и выше 1,0 м, что обуславливает развитие избыточного гидроморфизма в почвах этой части поймы. Почти повсеместно выражен микрорельеф. Перепады высот незначительны (0,2–0,5 м). Подавляющая площадь центральной поймы занята пойменными лесами, среди которых мелкими ареалами встречаются пойменные луга. Почвенный покров хорошо дифференцирован по рельефу, гидрологическим условиям и растительности. СПП образована многократным повторением сложных сочетаний вариаций пойменно-лесных серых почв с пятнистостями аллювиальных луговых (кислых, насыщенных и карбонатных) лугово-болотных и болотных типов почв. Локальное распространение минерализованных грунтовых вод еще более усложняет СПП и обуславливает появление в ней гидроморфно-солонцовых комплексов с фоновыми луговыми солонцевато-засоленными или осолоделыми почвами. Пространственная дифференциация ПП четкая, контрастная; границы контуров – расчлененные; геометрическая форма – полосчато-линзовидная, вытянуто-пятнистая или изоморфная компактная.

Притеррасная пойма Хопра на территории заповедника выражена узкой вытянутой прерывистой полосой вдоль первой надпойменной террасы и крупными округлыми массивами ольшаников в бывших меандрах реки, глубоко врезаемых во вторую надпойменную террасу (урочища Отрог, Бережина, Замельничный). В условиях длительного затопления и близкого залегания уровня грунтовых вод (менее 1,0 м) на ней сформировались пойменно-лесные иловато-торфяно-глеевые глинистые почвы. Комбинации этих почв имеют различную площадь в зависимости от выраженности притеррасья (от десятков, образуя комплексы, до сотен квадратных метров в больших массивах черноольшаников, образуя вариации). Комплексы, как правило, замкнутые, недrenированные, вытянутые. Редко в их составе участвуют небольшие гомогенные ареалы пойменно-лесных темно-серых и серых глеевых почв. Вариации пойменно-лесных иловато-торфяно-глеевых почв слабоконтрастные, бесфоновые вытянуто-контурные, слаборасчлененноареальные, а их компоненты различаются по мощности иловато-торфяного горизонта. В старичных западинах под заболоченными лугами встречаются слаборасчлененные, вытянуто-округлые комплексы аллювиальных болотных и лугово-болотных почв, фоновым компонентом которых являются болотные почвы.

УДК 631.4:445.4.674

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ
ЛЕСОСТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ
И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВЫХ
АГРОЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР**

Васенев Иван Иванович

*доктор биологических наук, профессор,
Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия, г. Москва
E-mail: ivvasenev@gmail.com*

Белик Антон Викторович

*кандидат биологических наук,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: abelik36@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены основные закономерности варьирования основных диагностических параметров плодородия лесостепных черноземов склоновых агроландшафтов Курской области. Изучена иерархия факторов, лимитирующих урожайность ячменя в условиях повышенной внутривидовой изменчивости плодородия черноземов типичных и выщелоченных.

Ключевые слова: пространственная изменчивость, склоновые агроландшафты, плодородие, лесостепные черноземы, урожайность.

**SPATIAL VARIATION OF FOREST-STEPPE CHERNOZEMS
FERTILITY AND BARLEY YIELDS IN THE SLOPING
AGROLANDSCAPES IN WEST OF CCHR**

Vasenev I. I.

*doctor of biological sciences, professor,
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy, Moscow
E-mail: ivvasenev@gmail.com*

Belik A. V.

*candidate of biological sciences,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: abelik36@gmail.com*

Abstract. The basic laws of variation of the main fertility diagnostic parameters by chernozems in forest-steppe sloping agricultural landscapes of the Kursk region are considered. The hierarchy of the limiting factors by the yield of barley under conditions of increased spatial variability of typical and leached chernozems fertility are studied.

Keywords: spatial variability, slope agricultural landscapes, fertility, forest-steppe black soil, yield.

Введение. Почвенный покров Центрально-Черноземной зоны традиционно считается сравнительно однородным и благоприятным для выращивания основных сельскохозяйственных культур. Между тем, почвенный покров областей региона, особенно расположенных в пределах Среднерусской возвышенности, характеризуется повышенной сложностью и контрастностью, в том числе и в пределах небольших участков и полей [1–4]. В этих условиях применение зональных систем земледелия, подразумевающих недифференцированное внесение органических и минеральных удобрений, гербицидов и пестицидов не только не снижает экологических и экономических рисков, но может существенно ухудшить агроэкологическое состояние земель [2]. В связи с этим исследования, направленные на анализ и оценку закономерностей пространственного варьирования плодородия черноземов и урожайности сельскохозяйственных культур в областях Центрального Черноземья характеризуются высокой степенью актуальности.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на территории опытного производственного хозяйства Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии Медвенского района Курской области. В качестве основного объекта исследований было выбрано поле с представительным почвенным покровом и типичным уровнем агротехники. Для повышения уровня детализации исследований был заложен ключевой участок, с общей площадью 8 га (размером 200*400 м), который вытянут вдоль склона северной экспозиции, переходящего в глубокую балку.

На объектах исследования была заложена регулярная сеть опробования с шагом 40 (на ключе) и 100 м (на поле). В каждой точке опробования было проведено бурение скважин с определением морфометрических характеристик почвенного профиля и уточнением структуры почвенного покрова, отбирались почвенные образцы на глубину пахотного горизонта (0–30 см) и проводился прямой учет урожайности ячменя по стандартным методикам. Для анализа приоритетов лимитирования почвенно-геоморфологических факторов плодородия земель на полях со значительным варьированием урожайности используется алгоритм построения дерева корреляций.

Результаты и обсуждение. Почвенный покров исследуемого поля и ключевого участка образуют достаточно сложные агрогенно-эрозионные сочетания пятнистостей типичных и выщелоченных черноземов разной мощности и комплексов эродированных почв. Мощность гумусово-аккумулятивных горизонтов типичных черноземов закономерно снижается вниз по склону, по мере развития эрозии. Параллельно развитию водной

эрозии наблюдается активизация процессов выщелачивания в ложбинах и западинах или подтягивание карбонатов к поверхности на микроповышениях.

Почвы объектов исследования характеризуются средним и повышенным уровнем плодородия. Черноземы типичные и выщелоченные по содержанию гумуса являются малогумусными, характеризуются реакцией среды сдвинутой в сторону подкисления и благоприятными значениями базовых физико-химических параметров. При этом отмечается достаточно высокий уровень пространственной пестроты плодородия. В частности размах варьирования содержания гумуса в пахотном горизонте составляет 4,59 до 5,88 %, pH_{H_2O} (5,7–7,6), суммы поглощенных оснований 26,2–37,1 мг-экв/100 г для ключевого участка. На поле содержание гумуса варьирует в интервале 4,34–5,98 %; pH_{H_2O} от 5,9 до 7,9; pH_{KCl} от 5,0 до 6,7; сумма поглощенных оснований от 27,5 до 46,6 мг-экв/100 г и гидролитической кислотности от 0,3 до 5,93 мг-экв/100 г.

По содержанию доступных форм элементов питания почвы объектов исследования отличаются высоким уровнем пространственной пестроты, которая закономерно снижается в ряду фосфор – калий – азот: разница между максимальным и минимальным показателями варьировала от 2,4 до 4,7-кратного уровня. При этом в качестве факторов лимитирующих эту пестроту следует выделить: особенности микро- и мезорельефа, интенсивное развитие водной эрозии и особенностей ППК. Как правило, участки с максимальным содержанием элементов питания приурочены к плакорному участку, средней, выположенной части склона (полнопрофильными черноземами типичными и выщелоченными) и ложбине стока, в которой в период исследования формировался временный конус выноса, и происходило оседание значительной части почвенного материала, выносимого с поверхностным стоком.

Участки с минимальным содержанием элементов питания совпадали с ареалами черноземов типичных карбонатных (вследствие особенностей почвенного поглощающего комплекса) и черноземов типичных слабосмытых.

Отмеченная высокая пространственная пестрота плодородия обусловило варьирование урожайности ярового ячменя. В период исследований урожайность варьировала в интервале 15,7–38,1 ц/га на ключе и 20–43 ц/га на поле (в 2003 г) и 15,4–49,7 ц/га на ключе и 7–44 ц/га на поле (в 2004 г). Более однородные агроэкологические условия ключевого участка по сравнению с полем обусловили снижение интервала варьирования урожайности.

Анализ факторов, лимитирующих урожайность показал, что приоритетное значение имеют нерегулируемые факторы, такие как крутизна

склона и подтиповая и родовая принадлежность почв, определяющие закономерности развития процессов водной эрозии и перераспределения доступных для растений форм влаги. Как правило, максимальный выход ячменя отмечен на плакорных и участках, занятых черноземами типичными и в западинах и ложбинах, к которым приурочены черноземы выщелоченные.

Содержание питательных веществ, как правило, занимает 3–4 уровень лимитирования. Значимость конкретного элемента определяется характеристиками конкретного участка поля. Однако в большинстве случаев в период полевых исследований урожайность ячменя лимитировалась доступными формами фосфора и калия.

Выводы. Таким образом, в условиях склоновых агроландшафтов западной части лесостепной зоны ЦЧР, с повышенной контрастностью почвенного покрова и пространственной пестроты плодородия, урожайность ячменя в первую очередь лимитировалась почвенно-агроэкологическими особенностями, прежде всего особенностями рельефа и подтиповой принадлежностью черноземов. Достоверное влияние агрохимических параметров (прежде всего подвижных форм элементов питания) проявляется в пределах агроэкологически однородных земель, возделываемых по одной технологии.

Список литературы

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / под ред. А.П. Щербакова, И.И. Васенева. – Курск. – 1996. – 329 с.
2. Васенева Э.Г. Внутрипольная пестрота почвенного покрова и урожайности в центре Черноземной зоны России / Э.Г. Васенева, И.И. Васенев, А.П. Щербаков, Э. Шнуг, С. Ханеклаус // Антропогенная эволюция черноземов. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2000. – С. 330–362.
3. Девятова Т.А. Об особенностях картографирования почвенного покрова балочных водосборов ЦЧР / Т.А. Девятова, С.Н. Божко // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия : сб. докл. научно-практ. конф. – Курск, 2010. – С. 27–32.
4. Сорокина Н.П. Динамика содержания гумуса в пахотных черноземах и подходы к ее изучению / Н.П. Сорокина, Б.М. Когут // Почвоведение. – 1997. – № 2. – С. 178–184.

УДК 553.9

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШУНГИТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Тимейко Лидия Владимировна

*кандидат биологических наук, доцент,
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск
E-mail: timeiko.lidi@yandex.ru*

Кузнецова Лариса Анатольевна

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск
E-mail: lar814@yandex.ru*

Голубева Ольга Алексеевна

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск
E-mail: GolOlga2010@mail.ru*

Аннотация. Более двух столетий открытую в Заонежье необычную породу черного цвета пытались использовать в самых различных целях: топливо, лечебное средство, строительный материал и другие. Неоднократно проводились исследования шунгитовой породы как удобрения. Рассмотрены некоторые примеры использования измельченной фракции шунгита в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: шунгитовая порода, шунгит, доломит, микроэлементы, мульчирование, урожайность.

BY THE USE OF SCHUNGITE IN AGRICULTURAL PRODUCTION

Timako L. V.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Petrozavodsk state University, Petrozavodsk
E-mail: timeiko.lidi@yandex.ru*

Kuznetsova L. A.

*candidate of agricultural sciences, associate professor,
Petrozavodsk state University, Petrozavodsk
E-mail: lar814@yandex.ru*

Golubeva O. A.

*candidate of agricultural sciences, associate professor,
Petrozavodsk state University, Petrozavodsk
E-mail: GolOlga2010@mail.ru*

Abstract. More than two centuries opened in Zaonezhye unusual breed black tried to use in various purposes: fuel, a therapeutic agent, building material and others. He has conducted studies of shungite rocks as fertilizers. Several examples of the use of crushed fractions of shungite in agriculture.

Keywords: shungite rocks, shungite, dolomite, micronutrients, mulching, yield.

История изучения и практического использования шунгитоносных пород Карелии насчитывает почти три столетия.

Первый этап активного изучения шунгитоносных пород Карелии приходится на 1875–1897 гг. Толчком к развитию интереса к черным сланцам, как и раньше, послужила любознательность жителей с. Шуньга. Вероятно, события развивались бы не так стремительно, если бы не искреннее служебное рвение и неподдельный интерес к своему краю станового пристава Повенецкого уезда Л. П. Рейхенбаха. Сведения о находении «антрацита» очень быстро доходят до ученых и до правительства России. «Антрацит» испытывают в качестве горючего, проводится разведка Шуньгского месторождения, оформляются горные отводы для разработки других участков. Научные исследования проводят А. А. Иностранцев, К. И. Лисенко, В. Алексеев. Интересна острая научная полемика между этими учеными, которая способствовала глубокому исследованию пород месторождения [5].

В 1885 г. А.А. Иностранцевым введен термин «шунгит» для обозначения одной только (блестящей) разновидности изученных образцов. Поэтому, термин «шунгиты», широко используемый в настоящее время, является местным (географическим) и собирательным: так называют шунгитоносные породы, в которых содержится некоторое количество шунгитового вещества, придающего им черный цвет и во многом определяющего физические и химические свойства пород; также называют природные битумы, достигшие предграфитовой стадии метаморфизма — вышние антракосилиты. Шунгитовое вещество в породах — это протерозойское органическое вещество, находящееся на предграфитовой стадии углефикации (метаморфизма). В некоторых породах оно является сингенетичным, накопившимся совместно с минеральной составляющей пород, в других случаях оно может быть миграционным, а в ряде образований является смешанным — и сингенетичным, и миграционным [6].

Благодаря прежде всего работам А.А. Иностранцева, С. Конткевича, Б.З. Коленко, Г.П. Гельмерсена, появились общие сведения о геологии Карелии. Постепенно интерес к «шунгскому антрациту» постепенно затухает: результаты многочисленных испытаний его в качестве топлива, проведенных как путем прямого сжигания, так и в виде специ-

ально изготовленных брикетов с газовой смолой, оказались неудовлетворительными.

Всплески интереса к шунгиту относятся к периодам с 1877 по 1880, с 1914 по 1916, с 1928 по 1935 г., т. е. дефицит топлива заставлял обращаться к «олонецкому антрациту», найденному в 1842 г. в окрестностях с. Шуньга когда Россия либо воевала, либо переживала последствия войны и разрухи [5].

Разработка Зажогинского месторождения пород с высоким содержанием шунгитового вещества по заказу заводов черной металлургии началась в 1991 г. Новый интерес к шунгитам Карелии возник после открытия в них в 1992 г. природных фуллеренов. Уникальность фуллерена в том, что молекула C₆₀ содержит фрагменты с пятикратной симметрией (пентагоны), которые запрещены природой для неорганических соединений. Молекула фуллерена является органической молекулой, а кристалл, образованный такими молекулами (фуллерит) – это молекулярный кристалл, являющийся связующим звеном между органическим и неорганическим веществом.

До недавнего времени считалось, что углерод имеет только три формы существования – алмаз, графит и карбин. Эти вещества отличаются своим строением: в структуре алмаза каждый атом углерода расположен в центре тетраэдра, вершинами которого служат четыре ближайших атома, что и определяет свойства алмаза как самого твердого вещества, известного на Земле.

В кристаллической структуре графита атомы углерода формируют шестиугольные кольца, образующие сетку, прочную и стабильную. Сетки располагаются друг над другом слоями слабо связанными между собой. Такая структура создает низкую твердость и способность легко расслаиваться на мельчайшие чешуйки – специфические свойства графита.

Шунгитовый углерод – это окаменевшая древнейшая нефть, или аморфный, некристаллизирующийся, фуллереноподобный (т.е. содержащий определённые регулярные структуры) углерод. Фуллерены – особая форма углерода, которая вначале была открыта в научных лабораториях при попытке моделировать процессы, происходящие в космосе, а позднее обнаружена в земной коре.

Шунгитовая порода Зажогинского месторождения Карельского Заонежья согласно данным дифференциально-термического и дифференциально-гравиметрического анализа содержание минеральной части в шунгите – 66,14 мас.%. Основу минеральной части шунгита составляют силикаты магния типа: 3MgO 4SiO₂ 6H₂O (гидратированный тальк) и 3MgO 2SiO₂ 6H₂O (гидратированный серпентин). Кроме того, в ее составе присутствует свободный α – SiO₂ (кварц), α – Fe₂O₃ (гематит), TiO₂ (ру-

тил), $8\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{Mg}(\text{F};\text{OH})$ (клиногумит), $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (корунд) и $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ (эсколаит) [1].

С целью детализации качественного и количественного состава минеральной части шунгита были использованы эмиссионный спектральный, атомно-абсорбционный и ICP-MS методы, что позволило идентифицировать и определить количественное содержание следующих элементов (мкг/г): Al(23824); Fe(17231); K(9957); S(8400); Mg(4400); Na(2226); Ti(1740); Ca(786); Mn(775); Ba(268); P(228), Zn(214); V(196); Ni(157); Cu(134); Cr(77.8); As(59.5), Zr(49.3). Достаточно высокое содержание (мкг/г): Pb(30.1), Ce(20.8), Rb(20.8); Se(19.5); Mo(14.1); La(12.3); Y(10.8); Nd(10.5); Li(9.9); Ga(8.5); U(8.2); Sr(7.8); Co(6.0); Nb(4.1); Sc(4.1); Pr(2.6); Th(2.4); Cd(2.1); Sm(2.1); Sb(9.1); Dy(1.8); Gd(1.8); Hf(1.5); Er(1.3); W(1.3); Yb(1.1).

Шунгит обладает высокой активностью в окислительно-восстановительных процессах, сорбционными и каталитическими свойствами и находится в тесном контакте с входящими в его состав силикатами, что определяет эффективность его использования в окислительно-восстановительных процессах [7].

Широкий спектр содержания химических элементов, особенности строения и воздействия обусловили многочисленные направления использования удивительного природного вещества, в том числе и для нужд сельскохозяйственного производства [2, 3].

Цель данного исследования: изучить влияние шунгита в чистом виде и в смеси с доломитовой мукой на кислотность почвы, уровень обеспечения растений элементами питания, урожайность культур. Проведены лабораторные опыты в условиях камеры искусственного климата и под светустановкой рассадной лаборатории, а также полевые мелкоделяночные эксперименты на торфяных и супесчаных дерново-подзолистых почвах. Шунгит вносили в лабораторных опытах в чистых навесках в диапазоне от 0,1 до 5 г на 100 г почвы, в полевых условиях (в пересчете на 1 га) от 0,1 до 2 т. Контроль – варианты без удобрений.

Предварительные результаты показывают, что шунгит в чистом виде в различных дозах внесения и более выражено в смеси с доломитовой мукой понижает кислотность почвы, способствует сохранению влаги в почве, повышает урожайность картофеля на 9–27%, устойчивость клубней к комплексу болезней. Добавление измельченной породы в питательную среду Мурасиге-Скуга увеличивает коэффициент размножения микрорастений картофеля, сои и др. [4].

Выявлена возможность применение порошка шунгитовых пород в теплицах, как для снижения показателей реакции почвенного раствора,

так и мульчирующего компонента для поддержания более высокой температуры почвы в ранневесенний период. Установлено положительное влияние шунгита на морфометрические и декоративные показатели целого ряда комнатных растений.

Неоднозначное действие изучаемого вещества на бобовые культуры, особенно на клевер. Предполагаем, что сильные антисептические свойства шунгита негативно отражаются на развитии клубеньковых бактерий.

Список литературы

1. *Горохова М.Н.* Особенности химического состава шунгита Карельского Заонежья Известия Тулгу. Естественные науки / М.Н.Горохова, К.С. Лебедев, В.В. Платонов. – 2014. – Вып. 1. – Ч. 2. – С. 236–240.
2. *Платонов В.В.* Особенности химического состава экстрактов органической массы шунгитовой породы Забогинского месторождения Карельского Заонежья / В.В. Платонов, Д.В. Прокопченков, В.А. Проскураков, И.Ш. Туктамышев, Т.В. Честнова, А.Ю. Швыкин // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 131. – № 4. – С. 133–135.
3. *Рысьев О.А.* Опыт использования шунгита в качестве средства оздоровления и профилактики ряда заболеваний / О.А. Рысьев // Опыт применения минерала шунгит в курортологии : тр. 1-й городской науч.-практ. конф. – Спб., 2000. С. 3–6.
4. *Тимейко Л.В.* Эффективность добавления в среду Мурасиге-Скуга измельченного шунгита при выращивании микрорастений картофеля Л.В. Тимейко, Л.А. Кузнецова // Вестн. защиты растений. – 2016. – № 3. – С. 164–165.
5. *Филиппов М.М.* Шунгитоносные породы Карелии. Чёрная Олонечская земля аспидный сланец антрацит, шунгит Карельский научный центр РАН / М.М. Филиппов. – Петрозаводск, 2004. – 492 с.
5. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования / под ред. В.А. Соколова, Ю. К. Калинина. – Петрозаводск, 1975. – 240 с.
6. Шунгиты – новое углеродистое сырье / под ред. В.А. Соколова, Ю.К. Калинина. – Петрозаводск, 1984. – 184 с.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ: МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

УДК 631.411.2:631.416.1:576.851.13

УЧАСТИЕ ПСЕВДОМОНАД В ФОРМИРОВАНИИ АЗОТНОГО ФОНДА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Безлер Надежда Викторовна

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: bezler@list.ru*

Петюренко Марта Юрьевна

*младший научный сотрудник,
ФГБНУ ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова
E-mail: marta.86@mail.ru*

Аннотация. Способность бактерий рода *Pseudomonas* фиксировать азот доказана ростом на питательной среде Эшби, продуцированием в окружающую среду аминокислот, наличием *nifH* гена. Интродукция в почву аборигенных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* (*Pseudomonas* sp. 110 и *P. fluorescens* 116) способствует росту их численности в почве, ризосфере и ризоплане растений. Фиксация ими атмосферного азота, позволяет пополнить фонд доступного азота почвы. При этом на протяжении вегетационного периода повышается содержание щелочногидролизующего и нитратного азота в почве свекловичного агроценоза.

Ключевые слова: *nifH* ген, бактерии, *Pseudomonas* sp. 110 и *P. fluorescens* 116, щелочногидролизующий азот, нитратный азот, фиксация азота.

PARTICIPATION OF PSEUDOMONADS IN FORMATION OF NITROGEN RESERVS IN LEACHED CHERNOZEM

Bezler N. V.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: bezler@list.ru*

Petyurenko M. Yu.

*junior researcher,
The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and sugar
E-mail: marta.86@mail.ru*

Abstract. Ability of the genus *Pseudomonas* bacteria to fix nitrogen has been demonstrated by growth on Ashby nutrient medium, amino acids producing into environment, and presence of *nifH* gene. Introduction of native strains of the genus *Pseudomonas* (*Pseudomonas* sp. 110 and *P. fluorescens* 116) bacteria into soil promotes increase of their numbers in the soil, and plant rhizosphere and rhizoplane. Air nitrogen fixation by them allows soil available nitrogen fund supplementing. At the same time, content of alkaline-hydrolyzable nitrogen and nitrate nitrogen in beet agrocenosis soil has been increased during the vegetation period.

Keywords: *nifH* gene, bacteria, *Pseudomonas* sp. 110 and *P. fluorescens* 116, alkaline-hydrolyzable nitrogen, nitrate nitrogen, nitrogen fixation.

Введение. Источником экологически чистого биологического азота в почве, являются прокариоты, способные фиксировать молекулярный азот атмосферы. В природе присутствуют свободноживущие, ассоциированные с растениями и симбиотические диазотрофы. Наибольший приход биологического азота дают ассоциативные микроорганизмы. В корневой зоне небобовых растений обитают микроорганизмы, фиксирующие азот и относящиеся к разным систематическим группам: *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Erwinia* и др. [3, 4].

В литературе имеются сведения, что многие бактерии рода *Pseudomonas* принимают участие в азотфиксации. Некоторые из них могут быть добавлены в список азотфиксаторов на основании выявления присутствия *nifH* гена, ответственного за процесс фиксации азота [14].

В ЦЧР в условиях недостаточного увлажнения в почвах и в прикорневой зоне сахарной свёклы и озимой пшеницы активно развиваются бактерии рода *Pseudomonas*, многие из которых обладают способностью фиксировать молекулярный азот [12, 13].

Показано, что некоторые штаммы бактерий могут обладать способностью к колонизации корней растений. Для характеристики сред обита-

ния, из которых нами были выделены штаммы, мы придерживались терминов «ризосфера» и «ризоплана». Под первым мы характеризовали слой почвы (2–3 мм) плотно прилегающий к корням растений, а под вторым – непосредственно поверхность корней [8].

Объекты и методы исследований. Исследования были проведены в весенне-осенний период в посевах сахарной свёклы на базе Всероссийского научно-исследовательского института сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый среднесуглинистый на лёссовидных карбонатных суглинках. Отбор проб осуществляли в фазе смыкания междурядий, начале периода интенсивного роста культуры и перед уборкой корнеплодов.

Выделение бактерий рода *Pseudomonas* осуществляли: из почвы – по Звягинцеву, ризосферы – по методу Красильникова, ризопланы – по методу Березовой [3, 9].

Для идентификации бактерий рода *Pseudomonas* использовали родоспецифический праймер PA GS-F/PA GS-R [13]. Для идентификации штаммов *P. fluorescens* использовали видоспецифический праймер 16SPSEfluF/16SPSER.

Результаты и обсуждение. По результатам идентификации бактерий рода *Pseudomonas*, изолированных из почвы, ризопланы и ризосферы растений, установили их распределение по средам обитания в агроценозе сахарной свеклы. Из них в почве сосредоточено 15%, в ризосфере – 31%, в ризоплане – 54% (рис.1).

Среди бактерий рода *Pseudomonas* более 80% обладают способностью фиксировать азот. Для определения этого свойства, выделенные штаммы рода, культивировали на среде, не содержащей азот (Эшби).

Установлено, что в почве только 5,3% бактерий рода *Pseudomonas* способны к умеренному росту на этой среде. 53,0% диазотрофов развиваются в ризосфере сахарной свеклы, из них 15,8% проявляют интенсив-

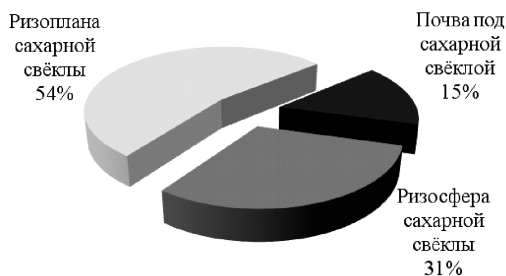


Рис.1. Распределение псевдомонад по средам обитания

ный рост на среде Эшби. 42,5% псевдомонад, фиксирующих азот, развиваются непосредственно на корнях растений, из них 21,1% проявляют умеренный рост (табл. 1).

В настоящее время ген *nifH*, является маркером для подтверждения способности бактерий фиксировать азот атмосферы. Был проведен ПЦР анализ для выявления гена, кодирующего нитрогеназу у бактерий. Результаты подтвердили предварительные данные [8].

В лабораторном опыте показано, что штаммы *Pseudomonas sp.* 110 и *P. fluorescens* 116 продуцируют аминокислоты в окружающую среду, что подтверждено тестовым методом с нингидрином. Способность штаммов к синтезу аминокислот, может косвенно свидетельствовать о том, что при внесении бактерий в почву, они могут дополнительно накапливать азотсодержащие органические соединения в виде аминокислот, которые являются ближайшим резервом легкодоступной формы азота для растений.

Значительное количество щелочногидролизуемого азота в почве накапливалось при использовании штаммов под номерами *Pseudomonas sp.* 110 и *P. fluorescens* 116 (титр 10^{10} млн КОЕ) до 102,1 и 83,8 мг/кг абсолютно сухой почвы (а.с.п.) (табл. 2).

Интродукция этих штаммов в почву агроценоза сахарной свёклы способствовало их быстрой адаптации и закреплению в разных средах обитания. Установлено, что в фазе смыкания междурядий сахарной свёклы численность штамма *P. fluorescens* 116 в почве увеличилась до 3,4 млн КОЕ/1 г абсолютно сухой почвы (а.с.п.) (в контроле – 0,5), в ризосфере –

Таблица 1

Доля бактерий рода *Pseudomonas*, растущих на безазотистой среде, %

Среда обитания	Слабый рост	Умеренный рост	Интенсивный рост
Почва	5,3	0	0
Ризосфера	31,6	5,6	15,8
Ризоплана	15,8	21,1	5,6

Таблица 2

Накопление щелочногидролизуемого азота штаммами псевдомонад в лабораторном опыте, мг/кг а.с.п.

Вариант	Титр бактерий, млн КОЕ/мл	Содержание щелочногидролизуемого азота
Контроль	–	55,6
<i>Pseudomonas sp.</i> 110	10^{10}	102,1
<i>P. fluorescens</i> 116	10^{10}	83,8

до 6,2 млн КОЕ/1 г а.с.п. (в контроле – 1,2), а численность в ризоплане в 5,9 раза превышала показатель контроля. Это свидетельствует о перемещении внесенных в почву микроорганизмов по типу хемотаксиса к корням сахарной свёклы. Спустя месяц, в период интенсивного роста культуры, численность штамма *P. fluorescens* 116 постепенно снижалась по всем средам обитания и составила: в почве – 1,6 млн КОЕ/1 г а.с.п., в ризосфере – 3,7 млн КОЕ/1 г а.с.п., в ризоплане – 59,6 млн КОЕ/1 г сухого вещества корешков (с.в.к.) (в контроле соответственно – 0,4; 1,7; 10). Это связано со снижением влажности почвы.

Динамика численности штамма *Pseudomonas sp.* 110 показала, что интродуценты, так же успешно заселяли ризосферу и ризоплану развивающихся растений в течение всего периода вегетации.

В фазе смыкания междурядий сахарной свёклы их количество возросло в почве и в ризосфере соответственно на 1,8 и 5,2 млн КОЕ/1 г а.с.п., а их численность на поверхности корней в 5,7 раза превышала показатель контроля.

В период интенсивного роста культуры численность штамма *Pseudomonas sp.* 110 постепенно снижалась в почве и ризосфере, оставаясь при этом высокой в ризоплане – 65,1 млн КОЕ/1 г с.в.к.

Перед уборкой сахарной свёклы отмечено снижение численности интродуцированного штамма в почве и ризосфере культуры, при этом в ризоплане она по-прежнему оставалась высокой – 48,1 млн КОЕ/1 г с.в.к.

Проведенные исследования показали, что предпосевное внесение штаммов *P. fluorescens* 116 и *Pseudomonas sp.* 110 в почву, позволяет интродуцентам успешно заселять почву, ризосферу и ризоплану развивающихся растений.

Азотное питание растений, в первую очередь, обусловлено наличием и соотношением форм азота в почве. Основными источниками азота для питания растений являются соли азотной кислоты и аммония. Органические соединения, содержащие азот, легко подвергаются минерализации в почве и благодаря этому являются ближайшими источниками пополнения минеральных форм азота. Применяемый в нашей стране и за рубежом метод щелочного гидролиза по методу Корнфилда дает высокую корреляцию с урожаем растений. Метод так же позволяет получить тесную зависимость между извлекаемым азотом и содержанием общего азота в основных типах почвах [2, 7].

В агрономическом отношении содержание щелочногидролизующего азота в почве имеет большую информативность, позволяющую оценить количество потенциально доступного для растений азота, что отражает уровень эффективного плодородия [1, 10].

В ходе исследований было установлено, что в контроле содержание щелочногидролизуемого азота в фазе смыкания междурядий составило 77,0 мг/кг, а в период интенсивного роста культуры существенно не менялось и равнялось 77,4 мг/кг. К концу вегетационного периода содержание изучаемой формы азота в почве незначительно снижалось и составило 75,2 мг/кг, что характеризует высокую способность микробного сообщества чернозема выщелоченного к фиксации азота и процессу аммонификации.

Под влиянием интродукции штамма *P. fluorescens* 116 (титр 10^{10} КОЕ/мл) в почве наблюдалось накопление щелочногидролизуемого азота в течение всего периода вегетации. Его запасы достоверно превышали контроль в фазе смыкания междурядий – на 15,4, в период интенсивного роста – на 12,6, в сентябре – на 10,8 мг/кг а.с.п.

Отмечено, что при снижении титра бактерий в рабочем растворе накопление щелочногидролизуемого азота в почве так же возрастало и составило: в фазе смыкания междурядий – 87,3, в период интенсивного роста – 88,6, перед уборкой корнеплодов – 84,0, что превышало контроль соответственно – на 10,3, на 10,9 и на 8,8 мг/кг.

Таким образом, запасы щелочногидролизуемого азота при интродукции штамма *P. fluorescens* 116, превышая контрольные показатели, снижались от начала к концу вегетации, что связано с активным потреблением элемента сахарной свёклой в процессе роста (табл.3).

Результаты исследований показали, что интродукция штамма *Pseudomonas sp.* 110 в агроценоз сахарной свёклы также способствовала

Таблица 3

Влияние внесения бактерий рода *Pseudomonas* на динамику накопления щелочногидролизуемого азота в почве, мг/кг почвы (2014–2016 гг.)

Вариант	Фаза смыкания междурядий	Период интенсивного роста культуры	Период перед уборкой свёклы
Контроль	77,0	77,4	75,2
<i>P. fluorescens</i> 116 (титр 10^{10} КОЕ/мл)	92,4	90,3	86,0
<i>P. fluorescens</i> 116 (титр 10^8 КОЕ/мл)	87,3	88,6	84,0
<i>Pseudomonas sp.</i> 110 (титр 10^{10} КОЕ/мл)	86,4	92,4	87,0
<i>Pseudomonas sp.</i> 110 (титр 10^8 КОЕ/мл)	90,0	93,9	92,4
НСР ₀₅	2,4		

ла накоплению изучаемой формы азота на протяжении всего периода вегетации.

Внесение штамма *Pseudomonas sp.* 110 (титр 10^{10} КОЕ/мл) способствовало достоверному увеличению содержания щелочногидролизуемого азота в почве в фазе смыкания междурядий, в период интенсивного роста и в сентябре соответственно до 86,4, 92,4 и 87,0 мг/кг, что было выше контроля на 9,4, 14,7 и 11,8 мг/кг.

Снижение титра бактерий до 10^8 КОЕ/мл оказалось более эффективным. Так, в фазе смыкания междурядий, в середине вегетационного периода и к сентябрю его содержание превышало контроль соответственно на 13,0, 16,2 и 17,2 мг/кг почвы.

Основным природным резервом, поставляющим минеральный азот для растений, является процесс аммонификации азотсодержащих органических веществ почвы. Аммонификация активно протекает с участием бактерий семейства *Pseudomonadacea*, рода *Pseudomonas* (*P. fluorescens*), родов *Bacillus*, *Proteus*, *Clostridium* и др [3, 4]. Значительная часть освобожденного при этом аммония подвергается нитрификации.

Процесс аммонификации в черноземах протекает в больших масштабах, а в условиях аэрации значительная часть аммонийного азота быстро подвергается нитрификации. Результаты исследований показали, что аммонийный азот в почве не накапливается.

Азот нитратов наиболее доступен растениям. Содержание нитратного азота в почве очень динамично и зависит от микробиологической деятельности. Лишь многократное определение этих форм в почве в течение вегетации дает представление об их содержании и уровне азотного питания растений [6].

В связи с тем, что бактерии рода *Pseudomonas*, принимают участие и в процессах аммонификации, они косвенно могут влиять на протекающий в почве процесс нитрификации, способствуя накоплению нитратной формы азота бактериями родов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* [4, 11].

Результаты полевого опыта свидетельствуют о накоплении нитратного азота в почве в первой половине вегетации сахарной свёклы.

Внесение в почву в апреле 2015 г. штамма *P. fluorescens* 116 (титр 10^{10} и 10^8 КОЕ/мл) способствовало увеличению содержания нитратного азота в почве в июне соответственно на 1,0 и 1,7 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$ (в контроле – 4,3). Интродукция штамма *Pseudomonas sp.* 110 в этот же период повысила содержание изучаемой формы азота на 1,4 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$.

Спустя месяц, в июле, сложившиеся благоприятные температурно-влажностные условия ($\text{ГТК} = 1,5$), способствовали активной минерализации органических остатков и последующей нитрификации. Однако в этот

период значительно активизировался рост сахарной свеклы, что привело к активному поглощению ею нитратного азота и снижению его содержания в почве. В июле, на делянках, где вносили штамм *P. fluorescens* 116 (титр 10^{10} и 10^8 КОЕ/мл) количество нитратного азота повысилось соответственно на 0,5 и 0,8 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$. Под воздействием штамма *Pseudomonas* sp. 110 (титр 10^{10} и 10^8 КОЕ/мл) отмечено увеличение количества нитратов на 1,2 и 0,5 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$, благодаря фиксации атмосферного азота и дальнейшей его трансформации микроорганизмами (в контроле – 4,0). В дальнейшем, с августа по сентябрь, в связи с понижением температуры и отсутствием осадков активность микроорганизмов падала, содержание нитратного азота в почве снижалось и практически стабилизировалось на уровне контроля (табл.4). В дальнейшем, с августа по сентябрь, в связи с понижением температуры и отсутствием осадков, активность микроорганизмов падала. ГТК в августе составил 0,33, а в сентябре – 0,32.

В результате, содержание нитратного азота в почве снижалось и практически стабилизировалось на уровне контроля.

В 2016 году закономерность динамики накопления нитратного азота в почве сохранялась. В ходе исследований было установлено, что в контроле его содержание в июле составило 4,8, а в июле – 3,1 мг $\text{NO}_3/\text{кг}$, а к концу вегетационного периода в связи с потреблением его культурой и

Таблица 4

**Бактерии рода *Pseudomonas*
и динамика нитратного азота в почве, мг $\text{NO}_3/\text{кг}$ (2015–2016 гг.)**

Вариант	Даты отбора							
	2015 г.				2016 г.			
	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Контроль	4,3	4,0	3,7	3,2	4,8	3,1	2,8	1,7
<i>P. fluorescens</i> 116 (титр 10^{10} КОЕ/мл)	5,3	4,5	3,9	3,1	6,2	6,3	5,5	1,9
<i>P. fluorescens</i> 116 (титр 10^8 КОЕ/мл)	6,0	4,8	3,8	3,5	6,6	3,5	3,1	1,9
<i>Pseudomonas</i> sp. 110 (титр 10^{10} КОЕ/мл)	5,7	5,2	4,1	3,1	4,7	7,6	5,9	2,0
<i>Pseudomonas</i> sp. 110 (титр 10^8 КОЕ/мл)	5,7	4,5	4,0	3,6	6,2	9,6	4,7	1,9
НСР ₀₅	0,27				0,15			

затуханием микробиологической деятельности снижалось в августе до 2,8, в сентябре до – 1,7 мг NO₃/кг.

Штамм *P. fluorescens* 116 (титр 10¹⁰ и 10⁸ КОЕ/мл) в июне способствовал увеличению содержания нитратного азота в почве соответственно на 1,4 и 1,8 мг NO₃/кг, а штамм *Pseudomonas sp.* 110 (титр 10⁸ КОЕ/мл) – на 1,4 мг NO₃/кг (в контроле – 4,8).

Спустя месяц, в июле, активное накоплению нитратов было отмечено под влиянием *P. fluorescens* 116 (титр 10¹⁰ КОЕ/мл) и составило – 6,3 мг NO₃/кг. Использование штамма *Pseudomonas sp.* 110 (титр 10¹⁰ и 10⁸ КОЕ/мл) также способствовало накоплению нитратного азота: прибавка составила 4,5–6,5 мг NO₃/кг. В августе содержание изучаемой формы азота под воздействием штамма *Pseudomonas sp.* 110 превышало показатели варианта интродукции штамма *P. fluorescens* 116 и колебалось в пределах 4,7–5,9 мг NO₃/кг (в контроле – 2,8). К моменту уборки сахарной свёклы, в сентябре, в связи с затуханием микробиологической деятельности, перегруппировкой микробного сообщества и использованием культуры нитратного азота, накопление его в почве наблюдалось.

Выводы:

1. Доказана способность бактериями рода *Pseudomonas* фиксировать азот.

2. Установлено наличие *nifH* гена у бактерий *Pseudomonas sp.* 110 и *P. fluorescens* 116.

3. Интродукция в почву аборигенных штаммов бактерий рода *Pseudomonas* (*Pseudomonas sp.* 110 и *P. fluorescens* 116) способствует росту их численности в почве, ризосфере и ризоплане растений.

4. Фиксация ими атмосферного азота, позволяет пополнить фонд доступного азота почвы.

5. На протяжении вегетационного периода в почве свекловичного агроценоза повышается содержание щелочногидролизующего азота на 9,4–17,2 мг/кг а.с.п. и нитратного – на 1,0–1,7 мг/кг а.с.п.

Список литературы

1. Адерихин П.Г. Азот в почвах Центрально-Черноземной полосы: учебное пособие / П.Г. Адерихин, А.П. Щербаков – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1974. – 169 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина – М. : МГУ, 1970. – 488 с.
3. Звягинцев Д.Г. Биология почв: учебник / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – 3-е изд. – М. : МГУ, 2005. – 445 с.
4. Емцев В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – М. : Изд-во Юрайт, 2014. – 445 с.
5. Красильников Н.А. Микроорганизмы и высшие растения / Н.А. Красильников. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 464 с.

6. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. академика РАСХН В.Г.Минеева. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
7. *Петербургский А.В.* Практикум по агрономической химии / А.В. Петербургский. – М. : Колос, 1968. – 276 с.
8. *Пинчев А.В.* Микробиология. Биология прокариотов. В 3 т. – Т. 2 / А.В. Пинчев. – Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. – 331 с.
9. *Теппер Е.З.* Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Перверзева. – М. : Дрофа, 2004. – 255 с.
10. *Щербаков А.П.* Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. – М. : Колос, 1983. – 189 с.
11. *Шлегель Г.Г.* Общая микробиология / Г.Г. Шлегель – М. : Изд-во Мир, 1987 – 567 с.
12. *Peix A.* *Pseudomonas rhizosphaerae* sp. nov., a novel species that actively solubilizes phosphate in vitro / A. Peix et al. – 2003. – Vol. 53. – P. 2067–2072.
13. *Weller D.M.* Colonization of wheat roots by a Fluorescent Pseumonad suppressive to Take-All // *Phytopathology*. – 1983. – Vol. 73. – № 11. – P. 1548–1553.
14. *Widmer F.* Analysis of nifH gene pool complexity in soil and litter at a Douglas fir forest site in the Oregon Cascade Mountain Range / F. Widmer et al. // *Applied Environmental Microbiology*. – 1999. – Vol. 65. – P. 374–380.

УДК 631.465

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ И СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА

Безуглова Ольга Степановна

*доктор биологических наук, профессор,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,
ведущий научный сотрудник,
Донской зональный НИИ сельского хозяйства, п. Рассвет
E-mail: lola314@mail.ru*

Лыхман Владимир Анатольевич

*младший научный сотрудник,
Донской зональный НИИ сельского хозяйства, п. Рассвет
E-mail: lykvladimir@yandex.ru*

Полиенко Елена Александровна

*заведующий лабораторией,
Донской зональный НИИ сельского хозяйства, п. Рассвет
E-mail: polienkoe468@gmail.com*

Аннотация. По итогам многолетних полевых экспериментов на черноземе обыкновенном карбонатном установлена прямая коррелятивная связь между активностью ферментов и состоянием структуры почвы.

Ключевые слова: чернозем, каталаза, инвертаза, структура почвы.

INFLUENCE OF HUMIC SUBSTANCES ON THE ACTIVITY OF ENZYMES AND STRUCTURAL STATE OF CHERNOZEM

Bezuglova O. S.

*doctor of biological sciences, professor,
Southern Federal University, Rostov-on-Don
leading researcher,*

*Don Zonal Agricultural Research Institute, s. Rassvet,
E-mail: lola314@mail.ru*

Lyhman V. A.

*junior researcher, Don Zonal Agricultural Research Institute, s. Rassvet
E-mail: lykvladimir@yandex.ru*

Polienko E. A.

*head of the laboratory,
Don Zonal Agricultural Research Institute, s. Rassvet
E-mail: polienkoe468@gmail.com*

Abstract. As a result of long-term field experiments on ordinary carbonate chernozem a direct correlation between the activity of enzymes and the state of the soil structure has been established.

Keywords: chernozem, catalase, invertase, soil structure

Введение. Ферментативная активность отражает напряженность и направленность биохимических процессов, протекающих в почве (Галстян, 1974). Известно, что каталаза участвует в разложении органических соединений почвы, активность этого фермента увеличивается с увеличением содержания органического вещества. Инвертаза, осуществляет гидролиз сахарозы (и других углеводов) с образованием редуцирующих сахаров – глюкозы и фруктозы, в свою очередь, гумус и углеводы участвуют в агрегировании почвенной массы [1, 2].

Объекты и методы. В полевом мелкоделяночном опыте, заложенном с целью изучения влияния гуматов на свойства чернозема обыкновенного карбонатного и урожайность сельскохозяйственных культур, контролировали активность таких важных ферментов, как каталаза и инвертаза. Затем исследования были продолжены в условиях производственных экспериментов на стационаре Донского зонального научно-исследовательского института (ДЗНИИСХ) в Аксайском районе Ростовской области (почва – чернозем обыкновенный карбонатный). Фон: в мелкоделяночном опыте – ЖКУ (100 л/га), на стационаре ДЗНИИСХ – припосевное внесение диаммофоски (N:P:K = 10:26:26) в дозе 30 кг/га и весенняя под-

кормка мочевиной (100 кг/га). Выбор ферментов был обусловлен их возможным участием в формировании структурных отдельностей и их водопрочности. В опыте использовали лигногумат (ЛГ) производства НПО РЭТ и ВЮ-Дон производства МП «Биотехнология» при ДЗНИИСХ. Дозы по рекомендациям производителей. Обработки – осенью (в почву за неделю до посева, растения – по всходам, и весной – в фазу кушения). Отбор образцов производили из пахотного горизонта три раза: перед внесением удобрений, через месяц после внесения (всходы), (колошение) и после уборки урожая. Активность каталазы и инвертазы определяли по А.Ш. Галстяну. Состояние почвенной структуры – по Н.И. Саввинову и П.И. Андриянову [3]. Обработку данных проводили по Б.А. Доспехову (1985) [5].

Результаты и обсуждение. Изначально по активности ферментов чернозем обыкновенный характеризовался как богатый по каталазе, и среднеобогатенный по инвертазе по Звягинцеву, 1978 [6]. Внесение удобрений изменяло активность ферментов. В таблице 1 представлена динамика активности ферментов в течение всего периода наблюдений.

Внесение лигногумата увеличивает активность ферментов. Однако увеличение на статистически достоверную величину отмечено только в 2011 году, то есть на третий год эксперимента, после пятой обработки гуматом, а в остальных вариантах различия с контролем ниже стандартного значения критерия Стьюдента. Об усилении активности каталазы и

Таблица 1

Динамика активности каталазы (К, мл O_2 / г/мин) и инвертазы (И, мл глюкозы/ г/ 24 часа) в черноземе обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с лигногуматом

Дата отбора образца	Варианты							
	контроль		Фон+ЖКУ		Фон + ЛГ (лист)		Фон + ЛГ (почва)	
	К	И	К	И	К	И	К	И
27.09.2009	18,3	15,9	21,1	16,1	21,8	16,4	15,6	16,5
10.05.2010	19,3	16,0	17,9	16,4	20,2	16,3	20,6	16,4
23.06.2010	19,6	16,2	18,7	16,5	21,1	16,5	21,4	16,5
07.08.2010	20,2	16,3	19,1	16,6	21,5	16,7	21,9	16,7
19.09.2010	20,4	16,5	19,4	16,8	21,7	16,9	22,2	16,9
22.04.2011	20,9	16,6	19,4	17,0	22,9	17,1	22,7	17,0
20.08.2011	23,5	16,8	20,5	17,1	23,5	17,3	23,3	17,2
22.09.2011	24,3	16,9	21,1	17,3	24,1	17,4	23,8	17,4
15.04.2012	23,1	16,6	19,8	16,5	22,7	16,4	22,7	16,7
07.07.2012	20,5	16,0	20,0	16,2	21,4	16,0	21,5	16,2

инвертазы под влиянием гумата можно говорить только как о тенденции. В 2012 году лигногумат не использовался, так как изучалось его последствие, как следствие – снижение активности обоих ферментов, тем не менее, ферментативный пул был более высоким, чем на контроле.

Расчет коэффициента корреляции показал наличие прямой связи между показателями состояния структуры (коэффициенты структурности и водопрочности) и активностью ферментов. Прямая корреляционная связь средней степени обнаружена между коэффициентом структурности и активностью каталазы ($r = 0,51$; $m_r = 0,107$; $t_r = 4,82$). В тоже время с активностью инвертазы связь оценивается как слабая. Слабая прямая связь обнаружена и между коэффициентом водопрочности и активностью каталазы ($r = 0,106$; $m_r = 0,142$; $t_r = 0,73$), коэффициентом водопрочности и активностью инвертазы ($r = 0,233$; $m_r = 0,136$; $t_r = 1,71$). Коэффициент корреляции между устойчивостью агрегатов к разрушению в стоячей воде (метод Андрианова) и активностью каталазы выше ($r = 0,380$; $m_r = 0,123$; $t_r = 3,09$), тем не менее, и в этом случае связь оценивается как слабая.

Проверка полученных результатов в условиях производственного эксперимента была проведена на территории ДЗНИИСХ также на черноземе обыкновенном карбонатном в 2013—2015 гг. под посевами озимой пшеницы. Почва в исходном состоянии, до посева озимой пшеницы, по активности каталазы характеризовалась как среднеобогатченная по шкале Д.Г. Звягинцева (1978) (рис. 1).

На протяжении всего эксперимента наблюдалась положительная динамика каталитической активности, и к фазе созревания зерна почва

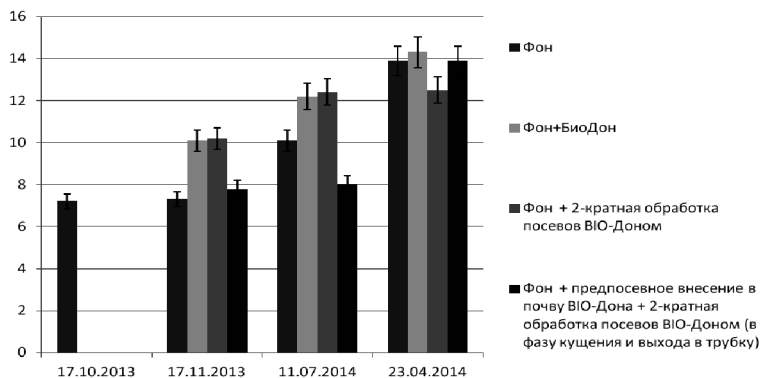


Рис. 1. Влияние гуминового препарата ВЮ-Дон на активность каталазы в черноземе обыкновенном карбонатном (мл O_2 /г почвы за мин.)

по обеспеченности каталазой характеризуется как богатая на всех вариантах. Вариация активности инвертазы по вариантам не большая, и однозначно утверждать, что некоторое увеличение этого показателя к концу вегетации на вариантах с гуминовым препаратом вызвано именно применением ВЮ-Дона нельзя.

Однако расчет коэффициента корреляции между показателями биологической активности и коэффициентом водопрочности агрегатов в стоячей воде показал наличие прямой сильной связи с активностью инвертазы ($r = 0,704$; $mr = 0,072$; $tr = 9,78$). Следует отметить, что наличие прямой сильной связи между водопрочностью агрегатов и содержанием углеводов обнаруживали и другие авторы (Минеев, 1988).

Закключение. Таким образом, гуминовые препараты оказывают влияние на активность ферментов каталазы и инвертазы, способствуя её повышению. Обнаружена прямая коррелятивная связь между активностью указанных ферментов и состоянием структуры. Ее величина колеблется от слабой до сильной в зависимости от фермента, вида применяемого препарата, фазы развития растений.

Список литературы

1. *Артемьева З.С.* Органическое вещество и гранулометрическая система почвы. – М. : ГЕОС, 2010. – 240 с.
2. *Безуглова О.С.* Гумусное состояние почв юга России. – Ростов-на-Дону : Изд-во СКНЦВШ, 2001. – 228 с.
3. *Вадюнина А.Ф.* Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. *Галстян А.Ш.* Ферментативная активность почв Армении. Вып. 8. / А.Ш. Галстян. – Ереван, 1974. – 275 с.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
6. *Звягинцев Д.Г.* Взаимосвязь микроорганизмов с твердыми поверхностями / Д.Г. Звягинцев. – М. : Изд-во МГУ, 1973. – 176 с.
7. *Минеев В.Г.* Экологические проблемы агрохимии / В.Г. Минеев. – М. : МГУ, 1988. – 285 с.

УДК 631.46: 631.5

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Брескина Галина Михайловна

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии», г. Курск.

E mail: breskina-galina@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены экспериментальные данные за 2016 год. Установлено, что биологическая активность почвы зависит от совокупности

факторов, и не всегда только деятельность человека отрицательно влияет на свойства почвы.

Ключевые слова: углерод микробной биомассы, дождевые черви, биотические, абиотические и антропогенные факторы.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF THE NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY BROKEN ECOSYSTEMS

Breskina G. M.

candidate of agricultural sciences,

SSI All-Russia Research Institute of Arable Farming

and Soil Erosion Control, Kursk

E mail: breskina-galina@yandex.ru

Abstract. The summary, experimental data for the last year are presented in article. It is established that biological activity of the soil depends on set of factors and not always only activity of the person negatively influences properties of the soil.

Keywords: carbon of microbic biomass, earthworms, biotic, abiotic and anthropogenous factors.

Введение. На сегодняшний день все острее встает вопрос изучения биологических свойств антропогенно нарушенных и природных экосистем. Почва является сложной многокомпонентной системой, ее невозможно рассматривать в отрыве от жизнедеятельности живых организмов. Микробиота использует почву как среду обитания, активно воздействует и преобразует ее. Вполне закономерно утверждение, что почва – это среда обитания и одновременно продукт деятельности населяющих ее живых существ [2]. Поэтому с жизнедеятельностью высших растений, микроорганизмов и животных неразрывно связано естественное плодородие и экологическое состояние почвы [4].

Микробная биомасса – важный и лабильный компонент почвы, через нее проходит весь органический материал, поступающий в почву. Почвенные организмы, являясь одним из главных компонентов активной фракции органического вещества почвы, служат емким резервуаром элементов минерального питания, а при недостатке свежего органического вещества в почве удовлетворяют потребность в углероде за счет разложения гумуса, влияя на почвенные процессы и плодородие [3]. Наличие дождевых червей – важный показатель почвенного плодородия и одновременно значимый фактор почвообразования. Именно поэтому они могут служить как своеобразным индикатором экологического состояния почвы, так и важным фактором, влияющим на него [1]. Дождевые черви в силу своих физиологических особенностей – очень чуткий показатель почвенных условий

(гидротермических, питательных, химических), особенно в тех случаях, когда в результате деятельности человека нарушается естественный растительный покров. В связи с этим, изучение содержания и распределения дождевых червей в почве имеет большое научное и практическое значение.

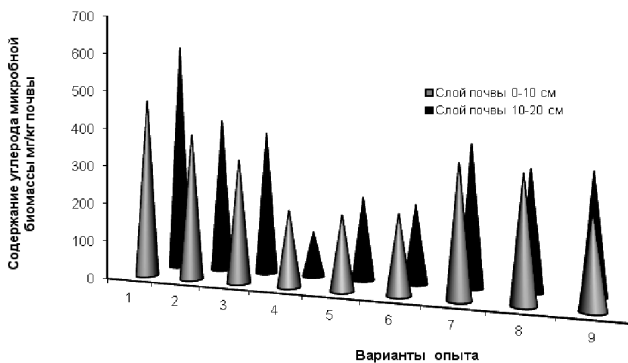
Объекты и методы. Исследования проводятся в Центрально-Черноземном государственном природном биосферном заповеднике им. проф. В.В. Алехина на целине (Стрелецкая степь) и на территории многофакторного полевого опыта ВНИИЗиЗПЭ (Курская область, Медвенский район) в лесополосе, на лугу и залежи. На экспериментальных участках из слоя 0–20 см отбирали почвенные образцы в пятикратной повторности для определения содержания в них микробной биомассы – регидратационным методом [3], одновременно производили замер температуры и влажности почвы. Почвенную мезофауну изучали методом почвенных раскопок с послышной ручной разборкой [2]. Для обработки полученных данных применялись программные средства Microsoft Office EXCEL.

Результаты и обсуждение. Содержание углерода микробной биомассы зависело от степени антропогенной нагрузки. Самые высокие значения изучаемого показателя выявлены на целине заповедного участка: 479 мг/кг почвы в слое почвы 0–10 см и 645 мг/кг почвы в слое 10–20 см. В почве луга и залежи микробиологическая активность уменьшалась в среднем на 25% по сравнению с целинным участком независимо от слоя почвы. Рост степени антропогенной нагрузки отрицательно повлияло на биологические свойства пашни. Как видно из представленных данных на рисунке 1 для вариантов 4, 5 и 6 характерны минимальные значения содержания углерода микробной биомассы независимо от экспозиции склона. Микробиологическая активность была ниже в среднем на 40% по сравнению с целиной. Таким образом, содержание почвенной микрофлоры уменьшается в ряду целина > луг > залежь > лесополоса > пашня.

Во всех экосистемах содержание углерода микробной биомассы было выше в слое почвы 10–20 см, по сравнению с верхним 0–10 см слоем. Исключение составил вариант 4 – пашня северного склона. Такая закономерность объясняется влажностью и температурой почвы. Так, как в конце августа 2016 года установилась жаркая и сухая погода, то верхних слой почвы оказался не благоприятной средой для роста и развития почвенной микрофлоры.

Определения количества дождевых червей в 1 м² проводили только на территории опытного хозяйства, так как ведения раскопок на территории Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина запрещено.

Наибольшее количество дождевых червей (18 шт./м²) обнаружено в верхнем слое почвы на залежи. В лесополосе их количество составляло



1. Целина – Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина,
 2. Луг (южный склон), 3. Залежь (северный склон),
 4. Пашня (северный склон), 5. Пашня (южный склон),
 6. Пашня (водоразделительное плато),
 7. Лесополоса (северный склон), 8. Лесополоса (южный склон),
 9. Лесополоса (водоразделительное плато);
- Варианты 2–8 многофакторный полевой опыт ВНИИЗиЗПЭ.

Рис. 1. Содержание углерода микробной биомассы (Смб мг/кг почвы) на различных угодьях в зависимости от слоя почвы и местоположения в рельефе 5шт./м² и не зависело от экспозиции склона. В этом же слое почвы на пашне количество дождевых червей составляло 4 шт./м² на южном склоне, 6 шт./м² на северном склоне и 10 шт./м² на водоразделительном плато. С глубиной количество червей на всех изучаемых вариантах возросло в среднем на 10–70% в зависимости от склона. Так на южном склоне луга их количество изменилось с 11 шт./м² до 19 шт./м².

Выводы. Таким образом, биологическая активность почвы антропогенно нарушенных и природных экосистем определяется совокупным влиянием биотических, абиотических и антропогенных факторов.

Список литературы

1. Брескина Г.М. Изменение биологической активности чернозема типичного в агроэкосистеме в зависимости от антропогенных и абиотических факторов/ Г.М. Брескина, Н.А. Чуян, Р.Ф. Еремина // Достижение науки и техники АПК. – 2009. – №3. – С. 14–16.
2. Бабьева И.П. Биология почв: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М. : МГУ, 1989. – 336 с.
3. Благодатский С.А. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве / С.А. Благодатский, Е.В. Благодатская, А.Ю. Горбенко и др. // Почвоведение. – 1987. – № 4. – С. 64–71.
4. Чернова Н.М. Экология / Н.М. Чернова, Л.М. Былова. – М. : Просвещение, 2004. – 280 с.

УДК 579.64

**БИОРИТМЫ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ,
В КОТОРЫХ ЧЕРЕДУЮТСЯ НАКОПЛЕНИЕ
И РАСХОДОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА**

Воробьев Николай Иванович

*кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии,
Санкт-Петербург*

E-mail: Nik.IvanVorobyov@yandex.ru

Свиридова Ольга Владимировна

*кандидат биологических наук,
ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии,
Санкт-Петербург*

E-mail: osvirodova@newmail.ru

Попов Александр Анатольевич

*кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии,
Санкт-Петербург*

E-mail: popov-aa@mail.ru

Жемякин Сергей Викторович

*кандидат сельскохозяйственных наук,
ООО «Петербургские Биотехнологии»,
Санкт-Петербург*

E-mail: svzhem@gmail.com

Пищик Вероника Николаевна

*кандидат биологических наук,
ФГБНУ Агрофизический НИИ,
Санкт-Петербург*

E-mail: veronika-bio@rambler.ru

Аннотация. Представлены результаты четырехлетнего опыта по гумификации растительных остатков микробиологическим препаратом МИКОБАКТ. В опытах были обнаружены сложные биоритмы микробных сообществ. Эти биоритмы определяют чередование режимов накопления и расходования почвенного органического вещества.

Ключевые слова: биоритмы почвенных микробных сообществ, расход и накопление органического вещества почв микроорганизмами, гумификация растительных остатков микробиологическими препаратами.

**THE BIORHYTHMS OF SOIL MICROBIAL COMMUNITIES
IN WHICH THE ACCUMULATION AND THE CONSUMPTION
OF SOIL ORGANIC MATTER ARE ALTERNATED**

Vorobyov N. I.

*Candidate of Technical Sciences, ARRIAM, Saint-Petersburg
E-mail: Nik.IvanVorobyov@yandex.ru*

Sviridova O. V.

*candidate of biological sciences, ARRIAM, Saint-Petersburg
E-mail: osviridova@newmail.ru*

Popov A. A.

*candidate of agricultural sciences, ARRIAM, Saint-Petersburg
E-mail: popov-aa@mail.ru*

Zhemyakin S. V.

*candidate of agricultural sciences,
Lim. Liab. Company «Petersbyrg Biotechnologies», Saint-Petersburg
E-mail: svzhem@gmail.com*

Pishchik V. N.

*candidate of biological sciences,
Agrophysical Reserch Institute, Saint-Petersburg
E-mail: veronika-bio@rambler.ru*

Abstract. The results of four years of experience in the humification of plant residues by the microbiological preparation MYCOBACT are presented. In the experiments, it was discovered biorhythms of complex microbial communities. These biorhythms determine the alternation of regimes of accumulation and consumption of soil organic matter.

Key words: biorhythms of soil microbial communities, consumption and accumulation of soil organic matter by microorganisms, humification of plant residues by microbiological preparations.

Введение. Интенсивные агротехнологии, не учитывающие приоритет естественных процессов в биосфере, породили негативные тенденции в земледелии. В последнее время стало наблюдаться постоянное снижение качества сельскохозяйственной продукции и рентабельности сельскохозяйственного производства. Продолжающееся бесконтрольное расходование энергетических и питательных ресурсов почв вынуждает проводить дополнительные мероприятия для возврата этих ресурсов, восстановления плодородия почв, восстановления агрохимических и агрофизических свойств почв и поддержки биологического разнообразия флоры и фауны биосферы [1].

Принципиальной особенностью наукоемких и экологически сбалансированных агротехнологий является поддержка в них уникальной способности к саморегулированию, самообновлению, восстановлению своих функций на высоком производительном уровне с расширенной адаптацией к нестабильным условиям внешней среды. Достижение равновесия между противодействующими процессами; активация восстановительных процессов посредством межкомпонентных связей; расширенное биологическое разнообразие и дублирование функций компонентов являются обязательными положениями экологического дизайна новых агросистем [2].

В рамках экологического земледелия должна быть пересмотрена концепция применения органических и минеральных удобрений, сидеральных паров, севооборотов, микробиологической трансформации лигниноцеллюлозы растительных остатков в гумусовые формы веществ, биологического азота, фитозащитных и стимулирующих микробиологических препаратов, No-till обработки почв [3, 4].

Наименьшим влиянием на экологический баланс агросистем, по нашему мнению, обладает микробиологическая гумификация растительных остатков (соломы зерновых культур и др.) в межвегетационный период года. Этот агроприем соответствует принципам экологического почвоведения и обеспечивает возврат органических ресурсов в почву. Для микробиологической трансформации лигнинцеллюлозы растительных остатков до гумусовых форм веществ потребовалось выделить комплекс бактериальных и грибных продуцентов окислительных фенолоксидаз из подложки хвойных лесов [5]. В результате был разработан

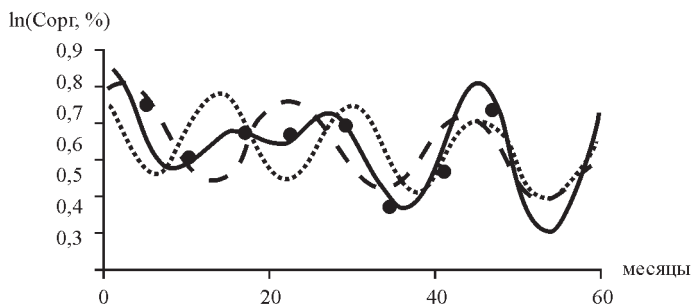


Рис. Суперпозиция двух биоритмов почвенного микробного сообщества (сплошная линия): биоритм, связанный с развитием растений (точки); биоритм, связанный с гумификацией соломы ячменя

микробиологический препарат МИКОБАКТ [6], активизирующий гумификацию растительных остатков различного генезиса. Действующими биообъектами МИКОБАКТа были выбраны бактерии *Micrococcus luteus* шт. ПБТ-1 и микроскопический грибы *Penicillium* sp. шт. ПБТ-2.

Четырехлетние вегетационные опыты с выращиванием растений ячменя и гумификацией растительных остатков в почве без применения минеральных удобрений показали, что наблюдаются биоритмы в почвенных микробных сообществах (рис.). Биоритмы обнаруживаются в периодических изменениях концентрации органического углерода (Сорг) в течение 4 лет наблюдений. Первый биоритм (точки) имеет период около 11–13 месяцев – это биоритм, индуцированный растением. Второй биоритм (черточки) имеет период около 20–22 месяцев – это биоритм, индуцированный процессами гумификации растительных остатков. Суперпозиция этих двух периодов (сплошная линия) имеет сложную форму.

В результате в разных периодах вегетации растений микробное сообщество с большей или меньшей активностью взаимодействует с растениями, что сказывается на урожае. Биоритмы состоят из 1 фазы роста-накопления Сорг и 2 фазы уменьшения-расходования Сорг. Урожай растений получается наибольшим, если вторая фаза совпадает по времени с вегетацией растений.

Заключение. Таким образом, при гумификации растительных остатков микробиологическими препаратами необходимо учитывать двухлетнюю задержку проявления эффекта от применения этого агроприема на урожае растений.

Список литературы

1. *Кирюшин В.И.* Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов / В.И. Кирюшин. М.: Колос, 2011, 443 с.
2. Почвы в биосфере и жизни человека / под ред. Г.В. Добровольского, Г.С. Куста, В.Г. Санаева. – М. : ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 584 с.
3. *Пищик В.Н.* Влияние бактерий *B. subtilis* на физиологическое состояние растений пшеницы и на микробиоценоз почвы при использовании различных доз азотных удобрений / В.Н. Пищик, Н.И. Воробьев, К.Г. Моисеев, О.В. Свиридова, В.Г. Сурин // Почвоведение. – 2015. – № 1. – С. 87–94.
4. *Pishchik V.N.* Estimation of synergistic effect of humic fertilizer and *Bacillus subtilis* on lettuce plants by reflectance measurements / V.N. Pishchik, N.I. Vorobyov, O.S. Walsh, V.G. Surin, Y.V. Khomyakov // Journal of Plant Nutrition. – 2016. – 8(39). – P. 1074–1086.
5. *Свиридова О.В.* Экобиотехнология микробиологической реутилизации лигнинсодержащих растительных остатков для повышения почвенного плодородия / О.В. Свиридова, Н.И. Воробьев, А.А. Попов // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : сб. тезисов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Белгород, 15–22 августа 2016 г.). – Москва–Белгород : Изд. Дом «Белгород». – 2016. – Ч. II. – С. 132–133.
6. Свидетельство № 679 от 08.06.2015 г. о государственной регистрации агрохимиката МИКОБАКТ марки КФ, РФ.

УДК 631.4

АГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЧР

Девятова Татьяна Анатольевна

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: devyatova@bio.vsu.ru*

Алаева Лилия Алексеевна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: liliya-250477@yandex.ru*

Негробова Елена Андреевна

*ассистент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: elena-negrobova@yandex.ru*

Аннотация. Представлены результаты оценки агрогенной динамики биологической активности черноземов ЦЧР с использованием интегрального показателя биологического состояния. Комплексные исследования показали, что наиболее устойчивыми к агрогенной трансформации являются лесостепные черноземы. Они обладают высокой буферной способностью и ферментативной активностью, что позволяет им нивелировать последствия интенсивной антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: черноземы, биологическая активность, ферменты, агрогенная динамика, интегральный показатель биологического состояния.

AGROGENIC DYNAMIC OF BIOLOGICAL ACTIVITY THE CHERNOZEMS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Devyatova T. A.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: devyatova@bio.vsu.ru*

Alaeva L. A.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: liliya-250477@yandex.ru*

Negrobova E. A.

*assistant,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: elena-negrobova@yandex.ru*

Abstract. The results of evaluation agrogenic dynamics of biological activity of chernozems of the Central Chernozem region with use of integral indicator of biological state. A comprehensive study showed that most resistant to transformation agrogenic are forest-steppe chernozems. They have high buffer capacity and enzyme activity, which allows them to neutralize the effects of intensive anthropogenic load.

Keywords: chernozems, biological activity, enzymes, agrogenic dynamics, integral indicator of biological state.

Разработка целостной концепции диагностики и оценки антропогенной динамики экологического состояния черноземов ЦЧР требует использования не только показателей физико-химических, физических и агрохимических свойств, но и биологических показателей. Именно комплекс биологических свойств почв является более динамичным и позволяет проводить раннюю диагностику любых изменений окружающей среды [2–6].

Результаты детального исследования ферментативной активности черноземов свидетельствуют об увеличении биохимических показателей по всем ферментам от черноземов оподзоленных к югу, достигая максимума в черноземах типичных. Таким образом, прослеживается четкая взаимосвязь между ферментативной активностью почвы и содержанием в них гумуса, т.е. в активности гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов также отражаются зонально-географические закономерности распространения черноземов. С глубиной ферментативная активность исследованных почв постепенно снижается. Наиболее резко это снижение проявляется в черноземах оподзоленных. Активность каталазы имеет противоположную направленность, что связано с увеличением содержания карбонатов в нижней части профиля. Максимальная каталазная активность отмечена в черноземе обыкновенном и южном, а минимальная – в оподзоленном. Высокая активность всех гидролитических ферментов, свидетельствующая о преобладании гидролитических процессов над окислительно-восстановительными, в лесостепных подтипах черноземов объясняются лучшими условиями увлажнения [1].

Интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) зональных подтипов черноземов снижается в ряду: чернозем типичный > чернозем выщелоченный > чернозем обыкновенный > чернозем южный > чернозем оподзоленный (табл. 1).

Максимум ИПБС отмечен для чернозема типичного (94–100%). У других подтипов черноземов ИПБС равен 51–90% от чернозема типичного. Минимальные значения отмечены для чернозема южного (51%).

Отмеченные закономерности обнаруживаются в основном при сравнительной оценке ферментативной активности пахотных черноземов од-

Таблица 1

**Общая относительная биологическая активность (БА) черноземов ЦЧР,
% от max**

Протеаза	Уреаза	Фосфотаза	Инвертаза	Каталаза	Дегидрогеназа	ИПБС
Чернозем оподзоленный (Орловская область)						
49	78	45	58	60	65	59
Чернозем оподзоленный (Курская область)						
50	34	33	46	71	71	51
Чернозем выщелоченный (Воронежская область)						
78	82	81	73	77	81	79
Чернозем выщелоченный (Курская область)						
96	90	83	76	90	90	88
Чернозем типичный (Воронежская область)						
100	100	100	100	100	100	100
Чернозем типичный (Тамбовская область)						
95	96	99	90	90	95	94
Чернозем обыкновенный (Воронежская область)						
73	86	89	75	87	74	79
Чернозем южный (Воронежская область)						
49	36	81	47	85	86	73

ного региона близких по своему генезису и свойствам. Причем уровень ферментативной активности этих почв может зависеть от множества факторов, которые полностью учесть невозможно (общее количество и форма внесенных удобрений, уровень агротехники, набор культур и т.д.). Выявлены корреляционные связи между ферментативной активностью и количеством подвижных соединений фосфора и азота ($r = 0,67$) и содержанием гумуса ($r = 0,94$).

Длительная распашка приводит к заметному снижению ферментативной активности. Следует отметить, что наиболее заметные изменения происходят в основном в полуметровом слое почв. Следовательно, можно полагать, что накопление в почвах гумуса, азотсодержащих органических соединений и соответствующее повышение ферментативной активности представляет единый процесс, протекающий в определенных биоклиматических условиях.

Сезонная динамика ферментативной активности меняется в зависимости от погодных условий, но среднестатистический показатель имеет два пика активности – весной и осенью, активность ферментов азотно-фосфорного обмена плавно снижается от весны к осени, активность инвертазы интенсивно возрастает к концу лета в период снижения вегетативного роста растений.

На территории ЦЧР под воздействием природных и антропогенных факторов процессы агрогенной деградации черноземов развиваются почти повсеместно. Ведущие факторы деградации – эрозийный, гидрологический и технологический. Основные типы агрогенной деградации – механическая, истощение, гидроморфизм, засоление. При распашке черноземов в эрозийных ландшафтах функциональная устойчивость их сильно снижается из-за усиления поверхностного стока, эрозии и дефляции. Данные по Воронежской и Тамбовской областям показывают, что чуть больше половины их территории имеет низкую эродированность пашни. В основном это относится к выровненным районам Окско-Донской низменности. Наиболее интенсивно эрозийные отмечаются в южных районах Воронежской области, где эродированность составляет около 50%. Сокращение площади пашни за счет овражной эрозии в Воронежской области превысило 400 тыс. га.

Использование черноземов в пашне сопровождается их дегумификацией, степень которой определяется генетическими особенностями подтипов черноземов, их гранулометрическим составом и уровнем культуры земледелия.

Распашка черноземов приводит к снижению их буферности, т.е. способности поддерживать постоянство отдельных характеристик (рН, гидролитической кислотности, степени насыщенности основаниями) при небольшом изменении состава. Выявлено закономерное подкисление черноземов лесостепных подтипов и подщелачивание степных черноземов, уменьшение содержания обменных форм кальция и магния. Снижается устойчивость функционирования черноземов, обеспечивающая поддержание функционирования других компонентов биосферы, прежде всего био- и микробоценозов. В пахотных черноземах проявляется увеличение подвижности соединений фосфора и калия на фоне уменьшения содержания гумуса и его запасов.

Наиболее чувствительными критериями оценки устойчивости почв являются биологические. Изучение комплекса ферментов двух групп – гидролитических и окислительно-восстановительных в сопряжении с агрохимическими показателями, с учетом их пространственной вариабельности и распределения по профилю позволило проанализировать функциональную устойчивость черноземов различных подтипов. В результате распашки изменяется интенсивность и направленность биохимических процессов, снижается общая ферментативная активность черноземов, усиливаются процессы минерализации органического вещества.

Преобладающими на территории ЦЧР являются физический тип деградации черноземов, их дегумификация и истощение. Среди факторов деградации на первое место выходит эрозия, обработка и отрицательный баланс питательных веществ.

Заключение. Таким образом, наиболее часто встречающимися формами проявления деградации во всех подтипах черноземов являются снижение биологической активности почв, разрушение структуры и переуплотнение, затем снижение содержания гумуса и элементов питания. Наиболее устойчивыми к агрогенной трансформации являются более биогенные лесостепные черноземы.

Список литературы

1. *Васенев И.И.* Актуальные проблемы агрогенной деградации черноземов и оптимизация режимов их использования / И.И. Васенев, А.П. Щербаков // Агроэкологическая оптимизация земледелия : сб. докл. Международ. науч.-практ. конф. – 2004. – С. 31–34.
2. *Горбунова Ю.С.* Изменение химического состава чернозема выщелоченного под влиянием пирогенного воздействия / Ю.С. Горбунова, Т.А. Девятова // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2013. – № 1. – С. 9–14.
3. *Девятова Т.А.* Биологическая активность черноземов Центра Русской равнины / Т.А. Девятова, А.П. Щербаков // Почвоведение. – 2006. – № 4. – С. 502–508.
4. *Девятова Т.А.* Изменение биологической активности черноземов ЦЧР при использовании различной агротехники / Т.А. Девятова, Т.Н. Крамарева, А.А. Авксентьев, С.Н. Божко // Сахарная свёкла, 2016. – №5. – С. 8–11.
5. Процессы гумусообразования в черноземе выщелоченном после запашки соломы зерновых культур / Н.В. Безлер, И.В. Черепухина, М.В. Колесникова, И.Ю. Жуйкова // Сахарная свёкла, 2016. – №5. – С. 8–11.
6. *Стахурлова Л.Д.* Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах / Л.Д. Стахурлова, И.Д. Свистова, Д.И. Щеглов // Почвоведение. – 2007. – № 6. – С. 769–774.

УДК 631.445.4

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА МИКРОБОЦЕНОЗА КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

Йонко Ольга Антоновна

старший преподаватель,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж,

E-mail: olga-jjonko@rambler.ru

Быкова Оксана Александровна

студентка,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж,

E-mail: oksi-21_88@mail.ru

Аннотация. Определена численность азотобактера, микромицетов и автохтонных микроорганизмов в чернозёмах разной степени карбонатности. Установлена зависимость между содержанием углекислого кальция и количеством микроорганизмов данных групп.

Ключевые слова: азотобактер, микромицетов и автохтонные микроорганизмы, микробоценоз, углекислый кальций, карбонаты.

FEATURES OF MICROBIOCENOSIS COMPOSITION OF CARBONATE CHERNOZEM

Jonko O. A.

senior lecturer; Voronezh State University, Voronezh

E-mail: olga-jjonko@rambler.ru

Bykova O. A.

student, Voronezh State University, Voronezh

E-mail: oksi-21_88@mail.ru

Abstract. Determined the number of azotobacter, microsporium fungi and indigenous microorganisms in chernozems of different degrees of carbonate. The dependence between the content of calcium carbonate and the number of microorganisms of these groups.

Keywords: azotobacter, microsporidia mushrooms, autochthonous microorganisms, microbial coenosis, calcium carbonate, carbonates.

Микробиологические процессы играют важную роль в плодородии почв и питании растений. В каждом почвенном типе, с конкретными физико-химическими свойствами, развиваются определенные группы микроорганизмов, и устанавливается биологическое равновесие, характерное для данных условий и сезона.

В настоящее время численность и структура микробного ценоза в разных подтипах черноземов достаточно хорошо изучена. Установлено, что среди черноземов Центра Русской равнины наибольшей биогенностью обладают черноземы типичные. Численность микроорганизмов в черноземах выщелоченных и обыкновенных заметно ниже. Исследование Е.Н. Мишустина, Е.П. Громыко, А.П. Щербакова, Л.Д. Стахурловой показали, что значительное содержание гетеротрофной микрофлоры характерно для слоя почвы – 60 см. В: в пахотном слое черноземов обыкновенных численность микроорганизмов ниже в 3. выщелоченных 18 раз, а на глубине 30–40 см – в 3 и 14 раз соответственно.

В настоящее время для разных подтипов чернозёмов установлена структура микробного ценоза, анализ который показал, что на долю азотфиксирующих микроорганизмов в черноземе выщелоченном приходится 23,3%, в обыкновенном – 21,7% и в типичном – 26,5% от всей массы микрофлоры. Доля микроскопических грибов в этих же подтипах составила соответственно 0,02%; 0,01%; 0,03% [1].

Целью наших исследований было: установить зависимость численности диазотрофных микроорганизмов, микромицетов и автохтонной микрофлоры в типичных чернозёмах в зависимости от содержания в них углекислого кальция.

Для этого были изучены следующие роды черноземов типичных: обычные, карбонатные и остаточно-карбонатные на меловых отложениях. Все почвы сформировались залегают на восточных отрогах Среднерусской возвышенности правобережья реки Дон.

В связи с тем, что на развитие микробоценоза в почве большое влияние оказывают такие почвенные факторы, как содержание гумуса, pH, катионообменная способность, дисперсность и другие, для анализа были отобраны почвы с близкими уровнями перечисленных показателей.

Наши исследования показали, что все изученные почвы содержат гумуса в слое 0–10 см от 6,3 до 6,8% (запасы составляют 72,4–76,5 т/га) и по этому показателю относятся к среднегумусным. Наиболее гумусированными оказались чернозёмы типичные обычные. Содержание органического углерода в почвенном профиле всех, изученных почв снижалось постепенно. Исключение составили остаточно-карбонатные черноземы, в которых наблюдалось резкое уменьшение этого показателя, что связано с малой мощностью гумусового горизонта, из-за процессов эрозии.

По гранулометрическому составу все изученные почвы относятся к тяжелосуглинистым и содержат от 53 до 56% физической глины с преобладанием иловатой (32–34%) и крупнопылеватой (25–26%) фракций.

Реакция верхней части гумусового горизонта чернозёмов типичных обычных нейтральная (pH водной суспензии 6,1–6,5) – карбонатных и остаточно-карбонатных щелочная (pH водной суспензии 8,1–8,4). Все почвы близки по катионообменным свойствам. Так, например, сумма обменных оснований изменяется в интервале от 46,2 до 40,4 ммоль (экв)/100 г почвы.

В связи с тем, что почвы, изученного ряда имеют идентичные условия формирования и близки по химическим и физико-химическим свойствам, можно допустить, что в условиях описанного эксперимента основным фактором, влияющими на микробоценоз является содержание CaCO_3 и тесно связанная с ним реакция почвенной среды

Количество микроорганизмов определяли методом посева почвенной суспензии на элективные питательные среды. Данные по общей численности микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах на 1 г абсолютно-сухой почвы (КОЕ/г).

Наши исследования показали, что количество азотфиксирующих микроорганизмов уменьшалось в следующем ряду почв: чернозёмы типичные карбонатные (1,96 млн.КОЕ в 1 г почвы) > чернозёмы типичные обычные. (0,84 млн.КОЕ в 1 г почвы) > чернозёмы типичные остаточно-карбонатные (0,62 млн.КОЕ в 1 г почвы). То есть наибольшая численность данной группы микроорганизмов была установлена в чернозёме типичном карбонатном, что свидетельствует о благоприятном влиянии

большого количества кальция, на развитие диазотрофов. В то же время в остаточно-карбонатных чернозёмах, несмотря на более высокое содержание CaCO_3 , была зафиксирована наименьшая численность азотфиксирующих микроорганизмов, что можно объяснить значительным уменьшением содержания гумуса, подвижного фосфора и ухудшение водного режима этих почв. Кроме того в профиле распределении этой группы микроорганизмов установлена прямая зависимость их численности от содержания гумуса, в связи с этим уменьшение содержания гумуса в слое 40–50 см по сравнению с 0–10 см в 1,3–1,4 раза, явилось причиной уменьшения численности азотобактера в 2,4–2,6 раз.

При изучении количества микроскопических грибов установлена несколько иная закономерность, чем для диазотрофов, а именно: увеличение содержания в почвах углекислого кальция обуславливало угнетение развития этой группы микроорганизмов. Например, в слое 0–10 см, при возрастании содержания карбонатов в изучаемом ряду почв в 2,7–5,0 раз, численность микромицетов уменьшилась на 10% и 20% соответственно. Кроме того, обнаружено значительное сокращение численности этой группы микроорганизмов с глубиной: более в 3–3,5 раза в слое 40–50 по сравнению с 0–10 см.

Автохтонная микрофлора также реагирует на увеличение содержания углекислого кальция в почве уменьшением численности. Причем это влияние более существенно, чем в первых двух случаях. Рост количества карбонатов в 1,3–1,4 раза вызывал уменьшение количества автохтонных микроорганизмов в 3–3,5 раза.

Таким образом, изучение влияния степени карбонатности черноземов на микробоценозы показали, что

– увеличение количества карбонатов способствовало росту численности диазотрофов в ряду почв: черноземы типичные остаточно-карбонатные < черноземы типичные обычные < черноземы типичные карбонатные;

– численность микромицетов уменьшалась вслед за увеличением степени карбонатности в ряду почв: чернозем типичный обычного рода > чернозем типичный карбонатный > чернозем остаточно-карбонатный;

– обилие карбонатов в почвенном профиле в наибольшей степени угнетает развитие автохтонной микрофлоры.

– что наибольшее содержание карбонатов характерно для остаточно-карбонатных чернозёмов и уже с поверхности составило 8,3–10,4%. Черноземы типичные карбонатные и остаточно-карбонатные менее обеспечены CaCO_3 (от 0,7 до 3,1% соответственно). То есть в изученном ряду почв степень карбонатности увеличивается от обычных родов к остаточно-карбонатным.

Список литературы

1. Щербаков А.П. Характеристика биологической активности черноземов Центрально-Черноземной зоны / А.П. Щербаков, Н.Я. Кутовая, Т.А. Девятова // Агроэкологические принципы земледелия. – М. : Колос, 1994. – С. 197–219.

УДК 579.64:631.41:634.8.047

СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА И ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВЕ ВИНОГРАДНИКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Клименко Нина Николаевна

научный сотрудник,

ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь

E-mail: ninaklymenko@yandex.ru

Аннотация. Промышленное производство винограда требует значительных материальных затрат. Интенсивные технологии, применяемые в современном виноградарстве, оказывают негативное воздействие на состояние компонентов амеллоценоза. Поэтому необходимо осуществлять поиск более безопасных, с экологической точки зрения, элементов агротехнологии. В статье были приведены данные по биологизации виноградарства в условиях Крыма. Установлено, что применение микробных препаратов на фоне задернения междурядий улучшало минеральное питание растений винограда.

Ключевые слова: виноград, задернение, микробные препараты, минеральное питание.

CONTENTS OF NITRATE NITROGEN AND MOBILE PHOSPHORUS IN SOIL OF VINEYARD USING MICROBIAL PREPARATIONS

Klimenko Nina Nikolaevna

research associate,

FSBIS "Research Institute of Agriculture of the Crimea", Simferopol

E-mail: ninaklymenko@yandex.ru

Abstract. Industrial production of grapes requires significant material costs. Intensive technologies used in modern viticulture, have a negative impact on the state of grape agrocenosis components. Therefore it is necessary to search for safer elements of agricultural technology. It was giving the data of viticulture biologization in terms of Crimea. It was found that the use of microbial preparations on the background of sodding between rows improved mineral nutrition of grape plants.

Keywords: grapes, sodding, microbial preparations, mineral nutrition.

Введение. Общеизвестно, что интенсивное землепользование приводит к деградации почвы и снижению ее плодородия. Промышленный виноградник отличается высокой концентрацией производства и механизации [3]. Применение пестицидов, содержание междурядий по системе черного пара – все это приводит к разрушению плодородного слоя почвы, нарушению ее структуры [2]. В условиях сильных антропогенных нагрузок необходимо применять агротехнологии, направленные на биологизацию производства винограда. К таким технологиям относятся, в частности, применение микробных препаратов для улучшения азотного и фосфорного питания растений и задернение междурядий многолетними травами [1].

Объекты и методы. Исследования проводили в полевом опыте, заложенном в ООО «Адам плюс» (с. Хмельницкое, Республика Крым). Сорт винограда – Мускат белый на подвое Шасла х Берландиери 41Б. В опыте использовали микробные препараты Диазофит, Фосфоэнтерин и Комплекс микробных препаратов (КМП – Диазофит+Фосфоэнтерин+Биополитид, смешанные в равных пропорциях). Препараты вносили перед цветением винограда, проливая почвенный профиль водной суспензией на глубину 0–60 см. Междурядия задерняли смесью злаково-бобовых трав: райграсом пастбищным (*Lolium perenne* L.) и люцерной синей (*Medicago sativa* L.). Под естественным задернением подразумевается естественно произрастающие травянистые растения, характерные для данной климатической зоны.

Результаты и обсуждение. Как известно, микроорганизмы способны трансформировать труднорастворимые соединения азота и фосфора в почве. Применение микробных препаратов для улучшения азотного и фосфорного питания показали неоднозначные результаты (табл. 1.).

Так, на фоне естественного задернения при использовании Диазофита достоверное увеличение количества нитратного азота отмечалось только в слое почвы 0–30 см (на 4,3%). Фосфоэнтерин достоверно увеличивал содержание N-NO₃ на глубине 30–60 см. При этом внесение в ризосферу винограда КМП запасы нитратного азота в почве были на уровне 35,9 и 36,8 мг/кг в слое 0–30 и 30–60 см, что превышало контроль на 41,9 и 36,8% соответственно. На фоне смеси трав положительный достоверный результат также показал КМП: увеличивал содержание N-NO₃ в слое почвы 30–60 см на 36,4%.

Следует отметить, что в наших исследованиях существует тенденция к увеличению содержания подвижного фосфора во всех вариантах опыта. Однако на фоне естественного задернения только при использовании Диазофита достоверно повышалось содержание P₂O₅ в слое почвы 0–30 см, а на фоне

**Содержание нитратного азота и подвижного фосфора
в почве виноградника, 2013–2015 гг.**

Вариант	Глубина, см	Содержание, мг/кг	
		N-NO ₃	P ₂ O ₅
Естественное задержание			
Контроль	0–30	25,3±0,87	71,1±0,91
	30–60	26,9±0,96	75,5±0,41
Диазофит	0–30	26,4±0,52*	83,4±0,49*
	30–60	23,8±0,87	87,7±0,26
Фосфоэнттерин	0–30	28,4±0,72	78,7±0,34
	30–60	27,6±0,73*	75,8±0,20
КМП	0–30	35,9±2,37*	85,2±0,38
	30–60	36,8±1,82*	85,1±0,20
Злаково-бобовая смесь			
Контроль	0–30	31,2±0,23	73,5±0,61
	30–60	32,7±0,58	76,5±0,58
Диазофит	0–30	42,0±0,23	86,4±0,55
	30–60	40,0±0,44	85,2±1,05*
Фосфоэнттерин	0–30	32,3±0,38	82,4±0,52
	30–60	29,1±0,76	83,7±0,96*
КМП	0–30	44,4±0,81	95,9±0,81*
	30–60	44,6±1,13*	93,8±0,87*

* – достоверно на 5-% уровне значимости

злаково-бобовой смеси – в слое почвы 30–60 см на 11,4%. При использовании Фосфоэнттерина только на глубине 30–60 см отмечено достоверное увеличение запасов подвижного фосфора на 9,4%. Наибольшее влияние на исследуемый показатель оказал КМП: применение данного препарата способствовало достоверному увеличению количества P₂O₅ в почве виноградника в обоих почвенных горизонтах – на 30,5 и 22,6% соответственно.

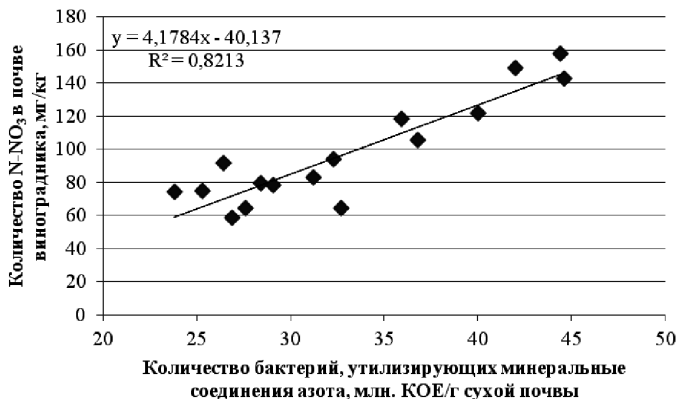


Рис. 1. Корреляционная зависимость между количеством бактерий, утилизирующих минеральные соединения азота, и содержанием в почве нитратного азота

Нами был проведен корреляционный анализ связи между показателем содержания нитратного азота в почве ризосферы и численностью бактерий, утилизирующих минеральные соединения азота (рис. 1.). Корреляционный анализ показал, что связь между показателями составляет 0,91, что подтверждает влияние вносимых микробных препаратов на увеличение азота в почве виноградаря.

Выводы. Отмечено, что при использовании микробных препаратов наблюдается тенденция к увеличению содержания $N-NO_3$ и P_2O_5 в ризосфере винограда. Достоверное увеличение отмечалось в варианте с КМП для азота на фоне естественного задернения и на фоне злаково-бобовой смеси для фосфора.

Список литературы

1. Клименко Н.Н. Влияние микробных препаратов и задернения междурадий виноградаря на агрохимические свойства почвы и минеральное питание винограда сорта мускат белый Н.Н. Клименко, О.Е. Клименко // Молодой ученый. – 2015. – С. 164–168.
2. Лукьянов А.А. Пути снижения деградации почв виноградников / А.А. Лукьянов, Г.Я. Кузнецов // Проблемы агрогенной трансформации почв в условиях монокультуры // Материалы симпозиума «Развитие фундаментальных исследований по проблемам агрогенной трансформации почв в условиях монокультуры». – Краснодар, 2013. – С. 74–78.
3. Серпуховитина К.А. Промышленное виноградарство / К.А. Серпуховитина, Г.С. Морозова // Виноградарство и виноделие / под ред. Э.А. Верновского. – Москва, 1984.

УДК 631.417.4

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО РУССКОГО ЧЕРНОЗЕМА: ОТ ДОКУЧАЕВА ДО НАШИХ ДНЕЙ*

Когут Борис Маратович

*доктор сельскохозяйственных наук, зав. отделом биологии и биохимии почв
Почвенного института им.В.В. Докучаева, Москва
E-mail: kogutb@mail.ru*

Артемьева Зинаида Семеновна

*доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник
Почвенного института им.В.В.Докучаева, Москва
E-mail: artemyeavazs@mail.ru*

Масютенко Нина Петровна

*доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора по научной работе
ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, г. Курск
E-mail: vninp@kursknet.ru*

Аннотация. Представлены некоторые основные результаты исследований по органическому веществу черноземов российских классиков почвоведения В.В. Докучаева, И.В. Тюрина, М.М. Кононовой, В.В. Пономаревой, Д.С. Орлова и других ученых.

Ключевые слова: органическое вещество, гумус, чернозем

ORGANIC MATTER OF RUSSIAN CHERNOZEM: FROM DOKUCHAEV TO OUR DAYS

Kogut B. M.

*doctor of agricultural science, head. department
of Biology and Biochemistry, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: kogutb@mail.ru*

Zinaida A. S.

*doctor of biology science, leading researcher
of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow
E-mail: artemyeavazs@mail.ru*

Masyutenko N. P.

*doctor of agricultural science, deputy director for science,
Institute of Agriculture and protection against soil erosion, Kursk
E-mail: vninp@kursknet.ru*

* Работа выполнена за счет средств Российского Научного Фонда (проект №14-26-00079)

Abstract. Some of main results of the study of the classics Russian soil science (V.V. Dokuchaev, I.V. Tyurin, M.M. Kononova, V.V. Ponomareva, D.S. Orlov) and other scientists on organic matter of chernozems are presented.

Keywords: organic matter, humus, chernozem.

В.В. Докучаев придавал большое значение гумусу как компоненту, исключительно важному для генетической диагностики почв, и как источнику плодородия. Он составил свою карту изогумусовых полос черноземной зоны Европейской части Российской империи на основе 250 определений гумуса в верхнем слое почв, взятых в одинаковых условиях рельефа (“на ровном месте”). Анализируя карту, им было установлено, что черноземная зона по содержанию гумуса распадается на пять полос, но вытянутых с северо-востока на юго-запад: почвы средней полосы содержат наивысшие количества гумуса. Кроме того, оно меняется по направлению с запада на восток. Черноземы юго-запада содержат органического вещества 4–5%, центральных районов – 7–10%, Заволжья – 10–16% [2, 16].

Результаты исследований по выяснению и установлению географических закономерностей гумусообразования впервые отраженные в гениальном труде В.В. Докучаева “Русский чернозем” [2]. И, прежде всего, с точки зрения оценки качественного состава гумуса всесторонне и глубоко развил это направление в своих работах И.В. Тюрин [14]. Для сравнительного изучения качества органического вещества типичных почв СССР И.В. Тюриным был предложен метод определения фракционно-группового состава гумуса, который в различных модификациях успешно используется и до настоящего времени для решения генетических и классификационных задач почвоведения. Черноземы характеризуются максимальным относительным и абсолютным содержанием группы гуминовых кислот, в них содержание гуминовых и фульвокислот почти одинаково, тогда как в подзолистых почвах содержание фульвокислот в 2–3 раза и более превышает таковое гуминовых кислот [14].

Детальное изучение содержания, состава и свойств органического вещества черноземов было проведено В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [10]. В своей монографии “Гумус и почвообразование” они пишут: “В химическом смысле гумус черноземов можно считать наиболее совершенным почвенным органо-минеральным новообразованием. Его органический компонент, возможно, приближается по своей химической структуре к индивидуальным химическим соединениям: настолько определены его химические свойства, настолько однороден в пределах гумусового горизонта его состав и настолько резко он отличается от состава и структуры исходных растительных остатков. Гумус черноземов, по всей

вероятности, образовался в основном не из корнеопада, а из водорастворимых органических и органо-минеральных веществ, каковыми, вероятно, являются прижизненные корневые выделения степных трав. В его составе абсолютно преобладают ЧГК, связанные с Са. Среди ГК разных типов почв они отличаются максимальным содержанием С, наивысшей оптической плотностью, и в то же время наибольшей растворимостью в воде и максимально выраженным сродством к Са”.

Было установлено [3], что средний элементный состав серых (черных, фракция 2) гуминовых кислот черноземов [8] резко отличается от такового лабильных (бурых, фракция 1) гуминовых кислот этого типа почв. Лабильные гуминовые кислоты по сравнению с серыми гуминовыми кислотами характеризуются меньшей обуглероженностью и более обогащены водородом и азотом. Лабильные ФК [3] по сравнению с ФК2 [8] обладают теми же различиями.

М.М. Кононова [5] отмечала, что, с одной стороны, “преобладание в составе гумуса черноземов гуминовых кислот сложной природы со слабовыраженными гидрофильными свойствами придает гумусу облик инертности”, а, с другой стороны, “... органическая часть почвы в процессе освоения и окультуривания, несомненно, меняется...”.

В 70–90 годы прошлого века в СССР и России в связи с активным исследованием агрогенной трансформации органического вещества черноземов особое внимание уделялось оценке его лабильной части. Следует отметить, что согласно И.В. Тюрину [14] гумусовые вещества, извлекаемые непосредственно из почвы 0.1 н. NaOH вытяжкой без декальцирования, были отнесены к подвижным или в соответствии с К.В. Дьяконовой [9] для черноземов – к лабильным.

М.М. Кононова с соавторами [6], вероятно, впервые установила, что содержание подвижных гумусовых веществ на удобренной навозом деланке выше, чем таковое на неудобренном варианте черноземной почвы.

Проведенное обобщение материалов собственных экспериментальных исследований и литературных источников [3,7] позволило выявить следующие закономерности агрогенной трансформации содержания, состава и природы лабильных гумусовых веществ черноземов:

1. Под влиянием длительного применения удобрений и гидротермических условий года достоверно изменяется содержание и состав лабильных гумусовых веществ. Причем, на их содержание гидротермические условия года влияют в большей степени, чем удобрения. При применении минеральных и органических удобрений, вызывающих увеличение содержания лабильных гумусовых веществ, в то же время происходит снижение содержания азота в препаратах лабильных ГК.

2. Дифференциация лабильных гумусовых веществ в пахотном слое при плоскорезной обработке, по сравнению со вспашкой, выражена более значительно, чем общего содержания гумуса. При плоскорезной обработке максимальная концентрация лабильных гумусовых веществ отмечается в 0–10 см слое и достоверно превосходит таковую при отвальной вспашке. Содержание азота в лабильных ГК при плоскорезной обработке в слое 0–10 см было достоверно ниже, чем таковое при отвальной обработке.

В связи с осознанием человечеством проблемы изменения климата, в последние 25 лет усилился интерес к изучению почвенного органического вещества как основного резервуара углерода в его глобальном круговороте. Показано, что информация о распределении органического вещества в биосфере нуждается в большей детализации [1, 11, 12, 13]. Одним из параметров такой детализации может считаться пространственно-временное распределение $C_{\text{орг}}$ в почве в зависимости от гранулометрического состава, наличия новообразований, характеристики почвенной биоты. И, в этой связи, особенную актуальность приобрели исследования органического вещества почв с помощью физических методов фракционирования, разработанных рядом видных ученых Почвенного института им. В.В. Докучаева [15, 17, 19] во второй половине прошлого века, и позволяющих извлекать разные компоненты органического вещества в малоизменном, близком к нативному, состоянии.

Одним из направлений оценки трансформируемости органического вещества почв при их сельскохозяйственном использовании является изучение продуктов органо-минерального взаимодействия органических и минеральных составляющих почв, выделенных с помощью физического (грануло- и денсиметрического) фракционирования почв [1, 12, 13, 18]. Так, для черноземов было показано, что средние потери свободной составляющей органического вещества ($ЛФ_{\text{СВ}}$) достигают в агрочерноземах почти 70% от исходной величины запасов углерода. Потери запасов углерода, аккумулированного агрегированной компонентой легких фракций ($ЛФ_{\text{АГР}}$) существенно меньше, они составляют в агрочерноземах (31%) от исходной величины запасов углерода. Распашка способствует увеличению запасов углерода органо-глинистых комплексов в слое почвы 0–20 см в агрочерноземах на 15% от исходной величины. Одновременно происходит уменьшение запасов углерода, аккумулированного в составе фракции остатка ($C_{\text{ост}}$) агрочерноземов на 27% от исходной величины [1].

Разработана комплексно-конвергентная методология исследования органического вещества почв, которая базируется на фундаментальных концептуально-теоретических взглядах о составе, строении, свойствах и функциях почвенного органического вещества и системе аналитических (физических,

химических и биологических) методов его изучения [4, 11]. На ее основе предложен алгоритм экспериментальных исследований, который успешно апробирован в условиях длительных экологических опытов на черноземах.

На современном этапе развития химии гумуса более актуальным становится вопрос: “Что вкладывается в понятие “протогуминовые вещества” и/или что они собой представляют, а не есть ли гуминовые вещества или их нет?”. Черноземы в этом смысле являются уникальным природным объектом, на котором в перспективе возможно решение поставленной проблемы.

Список литературы

1. *Артемьева З.С.* Органическое вещество и гранулометрическая система почвы / З.С. Артемьева. – М. : ГЕОС, 2010. – 240 с.
2. *Докучаев В.В.* Русский чернозем: Отчет Вольн. экон. об-ва / В.В. Докучаев. – Спб., 1883; 2-е изд. – М. : Сельхозгиз, 1952.
3. *Когут Б.М.* Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук // Б.М. Когут. – Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. – М., 1996. – 48 с.
4. *Когут Б.М.* Конвергентная методология исследования почвенного органического вещества земель сельскохозяйственного назначения / Б.М. Когут, В.М. Семенов // Современные методы исследований почв и почвенного покрова. – М. : Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2015. – С. 51–64.
5. *Кононова М.М.* Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.
6. *Кононова М.М.* Изменения в содержании и составе органического вещества при окультуривании почв / М.М. Кононова, Н.А. Панкова, Н.П. Бельчикова // Почвоведение. – 1949. – № 1. – С. 28–37.
7. *Масютенко Н.П.* Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства / Н.П. Масютенко. – М. : Россельхозакадемия, 2012. – 150 с.
8. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв / Д.С. Орлов. – М. : Изд-во МГУ, 1974. – 333 с.
9. *Пономарева В.В.* Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л. : Наука, 1980. – 232 с.
10. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв / состав. К.В. Дьяконова. – М. : Почвенный институт им. В.В. Докучаева. – 1984. – 96 с.
11. *Семенов В.М.* Почвенное органическое вещество / В.М. Семенов, Б.М. Когут. – М. : ГЕОС, 2015. – 233 с.
12. *Титова Н.А.* Трансформация органического вещества при сельскохозяйственном использовании почв / Н.А. Титова, Б.М. Когут // Итоги науки и техники (серия почвоведение и агрохимия). – Т. 8. – М. : Изд-во ВИНТИ, 1991. – 156 с.
13. *Травникова Л.С.* Органо-минеральные взаимодействия: роль в процессах формирования почв, их плодородия и устойчивости к деградации / Л.С. Травникова. – М. : Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2012. – 296 с.
14. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии / И.В. Тюрин. – М. : Изд-во «Наука», 1965. – 320 с.
15. *Хан Д.В.* Органо-минеральные соединения и структура почвы / Д.В. Хан. – М. : Наука, 1969. – 140 с.
16. *Чесняк Г.Я.* Гумусовое состояние черноземов / Г. Я. Чесняк, Ф.Я. Гаврилук, И.А. Крупенников и др. // Русский чернозем – 100 лет после Докучаева. – М. : Наука. 1983. – Ч. 2. – гл. 4. – С. 186–198.

17. Шаймухаметов М.Ш. Методика фракционирования органо-глинных комплексов с помощью лабораторных центрифуг / М.Ш. Шаймухаметов, К.А. Воронина // Почвоведение. – 1972. – № 8. – С. 134–138.

18. Шаймухаметов М.Ш. Применение физических методов фракционирования для характеристики органического вещества почв / М.Ш. Шаймухаметов, Н.А. Титова, Л.С. Травникова и др. // Почвоведение. – 1984. – № 10. – С. 131–141.

19. Шаймухаметов М.Ш. Способ извлечения из почвы поглощающего комплекса / М.Ш. Шаймухаметов, Л.С. Травникова // Авторское свидетельство №1185238. Госком. СССР по делам изобретений и открытий. Заявка №3732977. Приоритет изобретения 30.03.1984.

УДК 631.46:631.461.61

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ИНТРОДУКЦИИ *HUMICOLA FUSCOATRA*

Колесникова Марина Владимировна

*кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», п. ВНИИСС*

E-mail: emarvlad@mail.ru

Безлер Надежда Викторовна

*доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», п. ВНИИСС*

E-mail: bezler@list.ru

Аннотация. В условиях полевых опытов установили, что совместная заправка соломы озимой пшеницы с целлюлозолитическим микромицетом, азотом и питательной добавкой оказывает положительное влияние на структуру микробного сообщества чернозёма выщелоченного, стимулируя жизнедеятельность микрофлоры, участвующей в формировании эффективного и потенциального плодородия почвы.

Ключевые слова: аборигенный штамм целлюлозолитического микромицета, заправка соломы, озимая пшеница, биологическая активность.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF CHERNOZEM LEACHED UNDER INTRODUCTION OF *HUMICOLA FUSCOATRA*

Kolesnikova M. V.

*candidate of agricultural sciences, senior researcher,
The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and sugar, vil. VNISS*

E-mail: emarvlad@mail.ru

Bezler N. V.

*doctor of agricultural sciences, head of the laboratory,
The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and sugar, vil. VNIISS
E-mail:bezler@list.ru*

Abstract. Under the field experiment conditions, it has been determined that winter wheat straw plowed in together with cellulolytic micromycete, nitrogen and nutrient additive has a positive influence upon structure of microbial community of leached chernozem by stimulating vital activity of microflora which participates in formation of effective and potential soil fertility.

Keywords: native strain of cellulolytic micromycete, straw plowing in, winter wheat, biological activity.

Введение. Поддержание и воспроизводство почвенного плодородия было и остаётся главной задачей устойчивого развития современного сельского хозяйства [1].

Средством удешевления восполнения и повышения почвенного плодородия черноземов в начале XX в. английские ученые считали всестороннюю биологизацию земледелия, которая должна была уменьшить необходимость применения химических средств в земледелии [2, 3]. Эту точку зрения разделяют ученые нашей страны [4, 5].

В первую очередь в этих целях должна максимально использоваться побочная продукция урожая полевых культур. За счет побочной продукции предшествующей культуры происходит не только обогащение почвы органическими и минеральными веществами, но улучшается и экологическое состояние пашни и окружающей среды [6, 7].

Основоположники научного почвоведения и почвенной микробиологии В.В. Докучаев, П.А. Костычев, В.Р. Вильямс, С.Н. Виноградский в своих работах вскрыли ведущую роль биологического фактора в формировании главного свойства почвы – ее плодородия. Микроорганизмам принадлежит ведущая роль в разложении растительных остатков, синтезе и деструкции гумуса, определяющего потенциальное плодородие почв, формировании фитосанитарного состояния почвы, накоплении в ней биологически активных веществ, фиксации атмосферного азота [8].

Одним из существенных источников пополнения почвы органическим веществом, является солома озимой пшеницы.

При её запашке в почву возвращается (в пересчете на 1 гектар) 12–15 кг азота, 7–8 кг фосфора, 24–30 кг калия. Однако заделка соломы в почву без азотных удобрений приводит к снижению содержания минерального азота, а её трансформация затягивается на 3–5 лет [8].

Ускорить процесс разложения соломы озимой пшеницы в полевых условиях можно с помощью специализированных аборигенных микроорганизмов и использования дополнительных компонентов для активизации их жизнедеятельности.

Объект и методы исследования. В лаборатории эколого-микробиологических исследований почвы ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» в 2006 г. установили, что с помощью выделенного из чернозема выщелоченного аборигенного штамма микромицета *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 скорость разложения соломы озимой пшеницы увеличивается на 50 %. В 2007–2008 гг. в мелкоделяночных опытах выявили, что запашка соломы озимой пшеницы совместно с азотом, микромицетом *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 и питательной добавкой, стимулирует увеличение численности полезной микрофлоры почвы, участвующей в формировании эффективного и потенциального плодородия, что способствует активизации процессов гумусообразования и способствует накоплению элементов минерального питания. В результате продуктивность сахарной свёклы повысилась на 11,6 т/га [9].

В 2012–2015 гг. были продолжены опыты по внедрению аборигенного штамма *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 в технологию возделывания культуры. В схему опыта ввели применение гербицидов, как обязательный приём борьбы с сорняками.

Осенью под зяблевую вспашку с предварительным лущением вносили солому озимой пшеницы из расчета 4 т/га. В этот же период вносили: целлюлозолитический микромицет, питательную добавку и минеральный азот. Микромицет *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 использовали в виде инокулюма, который готовили путем компостирования питательного субстрата, согласно методу инфицирования почвы [10]. В качестве питательной добавки (ПК) использовали патоку (мелассу) в разведении (1:1000) с водопроводной водой. Меласса, получаемая на сахарных заводах нашей страны, имеет в среднем следующий состав (в % к массе): сухое вещество – 82, в т.ч.: сахара – 48,4, несахара – 33,6. Питательную добавку вносили с помощью ранцевого опрыскивателя из расчета 200 л/га рабочего раствора. Минеральный азот использовали в дозе 40 кг/га д. в. В качестве источника азота применяли азофоску и аммиачную селитру.

Методом расщепленных делянок проводили двукратную обработку гербицидами по всходам.

Результаты и обсуждение. Биологическая активность почвы является важным показателем плодородия, и от её интенсивности в большой степени зависит поступление доступных элементов питания в почву. На протяжении вегетационного периода в динамике (май, июль, сен-

тябрь) проводили мониторинг изменений, происходящих в микробном сообществе чернозема выщелоченного. Численность почвенных микроорганизмов, относящихся к разным эколого-трофическим, физиологическим и таксономическим группам, учитывали методом высева почвенной суспензии различной степени разведения на элективные питательные среды, согласно методикам МГУ [11].

В почвенных образцах, отобранных для определения численности микроорганизмов, определяли активность ферментов пероксидазы (ПО), полифенолоксидазы (ПФО) по А.Ш. Галстяну [12].

Использование в технологии возделывания сахарной свёклы гербицидов вызывает структурные изменения в микробном сообществе почвы.

Ведущая роль в трансформации растительных остатков в почве принадлежит зимогенной микрофлоре. Она поставляет фрагменты, которые могут быть включены в состав молекул гумуса, и ферменты, осуществляющие этот процесс.

Результаты исследований показали, что в июле в контроле численность этой группы микроорганизмов составила 18,7 млн. КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы (а. с. п.). Внесение гербицидов по всходам сахарной свеклы снизило её численность до 13,7 млн. КОЕ в 1 г (а. с. п.). Запашка соломы совместно с целлюлозолитическим микромицетом *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 и азотными удобрениями, независимо от их формы, привела к снижению негативного влияния гербицидов, повысив численность микроорганизмов принимающих участие в синтезе гумуса, в среднем на 23,5 %.

Результативность деятельности зимогенной микрофлоры характеризуется сопряженный с ней фермент – полифенолоксидаза (ПФО), который принимает участие в синтезе гумусовых молекул. Его активность под действием гербицидов снизилась на 20 %. Совместное использование соломы, азота и целлюлозолитического микромицета способствовало повышению активности ПФО на 10–24,0 %, что превысило даже фон без использования гербицидов. Это косвенно свидетельствует о восстановлении процессов синтеза гумуса в почве.

Целлюлозолитические микроорганизмы участвуют в активном разложении безазотистых полимерных соединений. На фоне гербицидов их численность снизилась в 1,5 раза. Совместное использование соломы, минерального азота, в форме аммиачной селитры, и *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 привело к восстановлению и увеличению численности целлюлозолитических микроорганизмов на 6,0 млн. КОЕ в 1 г а.с.п.

Микроскопические грибы оказались чувствительны к применению гербицидов. Их численность достоверно снизилась по сравнению с руч-

ной прополкой по всем вариантам опыта, кроме внесения микромицета с минеральным азотом и ПК. Если рассматривать источник азота, то наиболее эффективным удобрением является аммиачная селитра, которая в комплексе с целлюлозолитическим микромицетом и ПК снижает негативное воздействие гербицидов и восстанавливает численность исследуемой группы микроорганизмов в сентябре до 51,6 тыс. КОЕ в 1 г а.с.п. (в контроле 47,5 тыс.).

Среди спорообразующих бактерий значительный процент занимают антагонисты фитопатогенов. Их численность вносит существенный вклад в формирование фунгистатических свойств почвы. Внесение гербицидов снижает численность этой группы микроорганизмов в почве в среднем на 0,7–1,4 млн. КОЕ в 1 г а. с. п. Запашка с соломой минерального азота, микромицета *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 и ПК способствовала росту численности спорных бактерий в 2 раза.

Существенное влияние на обеспеченность растений азотом оказывают диазотрофы. Благодаря бинарному консорциуму между целлюлозолитиками и азотфиксаторами, при внесении в почву целлюлозолитического микромицета с минеральным азотом и ПК, численность диазотрофов увеличилась, и была максимальной на протяжении всего вегетационного периода. Наиболее благоприятным для диазотрофов выступает комплекс микромицета *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 с аммиачной селитрой. В результате, в этом варианте в июле численность азотфиксаторов увеличилась по сравнению с контролем как на фоне гербицидов, так и без них соответственно на 4,7 и 4,6 млн. КОЕ в 1 г а. с. п.

Для формирования оптимального фона фосфорного питания большое значение имеют фосфобактерии. В процессе их жизнедеятельности высвобождается фосфорная кислота, которая поступает в почвенный раствор, увеличивая содержание подвижного фосфора.

Запашка соломы совместно с микромицетом, аммиачной селитрой и ПК привела к повышению численности фосфобактерий в почве на протяжении всего периода вегетации. Конечно же, при ручной обработке на более высоком уровне. Так, в июле в этом варианте численность фосфобактерий была выше относительно контроля (без гербицидов) в 2,8 раза.

Выводы. В результате исследований, проведенных в 2012–2015 гг. установили, что при использовании гербицидов в посевах сахарной свеклы микробное сообщество почвы испытывает стресс и численность микроорганизмов, участвующих в синтезе гумуса и формировании эффективного плодородия, снижается. Это показано как по численности микроорганизмов, так и по активности сопряженных с зимогенной микрофлорой ферментов. Использование в качестве органического удобре-

ния соломы озимой пшеницы с минеральным азотом и целлюлозолитическим микромицетом *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 способствует восстановлению численности агрономически ценной микрофлоры и повышению биологической активности чернозёма выщелоченного.

Список литературы

1. Галимзянова Н.Ф. Микромицеты чернозема Южного при использовании нетрадиционных видов органических удобрений / Н.Ф. Галимзянова, Т.Ф. Бойко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13 – № 5. – С. 30–32.
2. Коновалов Н.Д. Побочная продукция урожая как источник источник восполнения плодородия черноземов Тамбовской области / Н.Д. Коновалов, С.Н. Коновалов // Агрохимия. – 2007. – № 8. – С. 5–10.
3. Бернгард Гайер Тенденция развития экологического земледелия в Европе / Гайер Бернгард // Земледелец ; пер. с немец. – М. : Прогресс, 1990. – 284 с.
4. Лопачев Н.А. Теоретические основы биологизации земледелия / Н.А. Лопачев, В.Н. Наумов, В.А. Петров // Агрохимический вестник. – 1998. – № 5–6. – С. 32–33.
5. Деревягин В.А. Применение соломы на удобрение / В.А. Деревягин, Р.Н. Деревягин, П.Д. Попов // Химизация сел. хозяйства. – 1998. – № 3. – С. 10–15.
6. Русакова И.В. Солома – важнейший фактор биологизации земледелия / И.В. Русакова, Н.А. Кулинский, А.А. Мосалева // Земледелие. – 2003. – № 1. – С. 9.
7. Гуцин Ю.М. Возврат в агроэкосистему органических веществ и фитосанитарное состояние почвы / Ю.М. Гуцин, О.Г. Марьина-Черемных, Г.С. Марьин, А.И. Малаков // Защита и карантин растений. – 2006. – № 2. – С. 27.
8. Емцев В.Т. Микробиология / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – М. : Дрофа, 2005. – 444 с.
9. Колесникова М.В. Биологический способ воспроизводства плодородия почвы в посевах сахарной свеклы / М.В. Колесникова, Н.В. Безлер // Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 6–8.
10. Инфекционные фоны в фитопатологии / ред. Ю.Н. Фадеева. – М. : Колос, 1979. – 206 с.
11. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Певверзева. – М. : Дрофа, 2004. – 255 с.
12. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М. : Наука, 2005. – 189 с.

УДК 631.461: 631.51

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЛЕСОСТЕПИ СИБИРИ

Коробова Лариса Николаевна

доктор биологических наук, доцент,

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

E-mail: lnkorobova@mail.ru

Ершова Анастасия Викторовна

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск

E-mail: erschova.a2014@yandex.ru

Аннотация. Показаны изменения уреазной, целлюлозолитической и протеолитической активности выщелоченного чернозема северной лесостепи Приобья при переходе к нулевой технологии возделывания яровой пшеницы и безотвальному

рыхлению в сравнении с отвальной обработкой почвы. Под пшеницей распад целлюлозы, протеолиз белков и разложение мочевины идет интенсивнее в технологии No-Till, несколько хуже – Mini-Till. Внесение полного минерального удобрения усиливает и выравнивает процессы. В черном пару и в пару с рыхлением целлюлозолитическая активность почвы выше, чем под горохом.

Ключевые слова: биологическая активность, чернозем выщелоченный, обработка почвы, минеральные удобрения.

BIOLOGICAL ACTIVITY IN DIFFERENT CHERNOZEM WHEN SOIL TILLAGE IN VARIOUS WAYS IN FOREST-STEPPE OF SIBERIA

Korobova L. N.

*doctor of biological sciences, associate professor;
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk
E-mail: lnkorobova@mail.ru*

Ershova A. V.

*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk
E-mail: erschova.a2014@yandex.ru*

Abstract. The changes of urease, cellulolytic and proteolytic activity of XYZ leached chernozem northern forest-steppe Ob in the transition to a zero cultivation technology of spring wheat and bezotval-Term loosening compared to moldboard tillage. Under the wheat decay of cellulose, protein proteolysis and decomposition of urea is intensive in No-Till technology, a little bit worse – Mini-Till. Adding complete fertilizer strengthens and aligns processes. In a black couple and a couple from the loosening of soil cellulolytic activity is higher than a pea.

Keywords: the biological activity, leached chernozem, soil tillage, mineral fertilizers.

Введение. В северной лесостепи Приобья при возделывании зерновых культур традиционно применяют зяблевую вспашку, что привело к потере примерно 40% почвенного органического вещества. Поэтому в последние годы здесь стали внедрять принципы минимизации обработки почвы вплоть до применения нулевой технологии. Такие ресурсосберегающие технологии могут существенно влиять на скорость минерализации растительных остатков, способствовать усилению денитрификации и дифференциации пахотного слоя по общей биогенности и численности видов микроорганизмов [2, 3]. Все это делает актуальным изучение почвенных микробиологических процессов в технологиях земледелия.

Цель данной работы – изучить особенности целлюлозолитической, уреазной и протеолитической активности чернозема выщелоченного при

переходе от отвальной к минимальной и нулевой обработкам почвы в Приобье.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в Новосибирском районе Новосибирской области в конце первой ротации севооборота пар (по No-Till горох) – яровая пшеница – яровая пшеница стационарного опыта агрофака НГАУ. На системе No-till за 2 недели до посева культуры применялся гербицид Торнадо 500, ВР, д.в. глифосат, с нормой расхода 5 л/га, посев семян проводился стерневой сеялкой СКП-2,1 на глубину 5–6 см с одновременной культивацией, внесением NPK и полосным прикатыванием. На отвальной и минимальной обработках (рыхление на глубину 12–14 см) весной проведено закрытие влаги зубowymi боронами, предпосевная культивация на глубину 4–6 см и посев СЗП-3,6.

Объект исследования – чернозем выщелоченный среднемощный, среднесуглинистый с содержанием гумуса в слое 0–20 см 6,7% и pH водной вытяжки 6,4. Биологическую активность изучали в мае и в середине июля в слое 0–20 см. Уреазную активность определяли по Т.В. Аристовской [1]. Протеолитическую и целлюлозолитическую активность – аппликационным методом: по разжижению желатина в течение 3 суток и разрушению фильтровальной бумаги за 1 месяц.

Результаты и обсуждение. Изучаемые приемы обработки почвы в 2014 г., отличающиеся большим недобором осадков в июне, существенно повлияли на уровень биологической активности чернозема. Универсальным показателем ее, согласно [1], может быть инициированная урезная активность. Судя по повышению pH (благодаря высвобождаемому аммиаку), наиболее интенсивная мобилизация азота проходила в почве с системой No-Till (табл. 1), что согласуется с данными канадцев по накоплению микробной биомассы [5].

Здесь биологическая активность за счет влагонакопления была не только выше, чем на классической обработке, но и мало различалась по полям севооборота. В следующем 2015 г., отличавшемся засухой только в первой половине июня, различий в урезной активности по обработкам почвы не было.

Внесение N_{60} на фоне $P_{60}K_{60}$ активизировало микрофлору и усиливало выделение аммиака на 10–16%. В условиях более засушливого 2014 года это проявилось только на Mini- и No-Till, в 2015 году – на всех обработках почвы.

Есть данные, что интенсивная технология увеличивает в черноземах и целлюлозолитическую активность. В курских черноземах увеличение достигало 27% [4]. В наших условиях NPK усиливало целлюлозоразложение под пшеницей при вспашке на 24%, а при ресурсосберегающих технологиях – на 15%.

Таблица 1

Уреазная и целлюлозолитическая активность выщелоченного чернозема при разных способах обработки почвы под второй пшеницей

Способ обработки почвы	Уреазная активность, ед. рН		Разрушение целлюлозы, %	
	май	июль	май	июль
2014 г.				
Отвальная	не опред.	7,5	38,0	16,0
Минимальная	не опред.	7,6	94,2	21,4
Нулевая	не опред.	8,4	99,0	41,2
НСР _{0,1}		0,23	19,2	12,8
2015 г.				
Отвальная	7,0	8,8	36,0	17,8
Минимальная	7,0	8,8	70,3	35,3
Нулевая	7,3	8,7	73,6	58,8
НСР _{0,1}	0,4	0,42	21,6	11,0

На неудобренном фоне сосредоточение растительных остатков в верхнем слое почвы способствовало усиленному размножению целлюлозолитических микроорганизмов. Целлюлоза при Mini-till и No-till в посевах пшеницы в севообороте в весенний период разрушалась в 2–2,6 раза активнее, чем на традиционной отвальной обработке. К середине вегетации различия в целлюлозоразрушении при ресурсосберегающих обработках почвы становились более четкими: технология No-till отличалась от традиционной обработки почвы в 2,6–3,3 раза, а технология Mini-till – только в 1,3–2,0 раза.

В пару картина была иной: при отвальной и минимальной обработках почвы разрушение целлюлозы достигало 73,6 и 70,3%, при нулевой технологии было в пределах 35–40%, что, скорее всего, стало результатом недостаточной аэрации поверхностного слоя почвы в отсутствие механической обработки.

Ресурсосберегающие технологии способствовали лучшей деполимеризации в почве под второй пшеницей белковых веществ. Весной протеолиз на No-till был на уровне 75%, на системе Mini-till – 64%, на вспашке – 30%. Такая разница со вспашкой объясняется тем, что ферменты протеолиза в почве – это, в основном, внеклеточные ферменты микроорганизмов, а в почве, обогащенной растительными остатками, их значительно больше. На фоне NPK выявленная разница между способами обработки почвы исчезала.

Летом процесс разложения белка в почве под второй пшеницей на нулевой технологии продолжал быть в 2,5–3 раза активнее, чем на клас-

сической обработке почвы, а различия между Mini-till и отвальной обработкой исчезали. В паровых полях белковый распад как весной, так и летом не зависел от обработки почвы.

Заключение. Таким образом, на биологическую активность выщелоченного чернозема в условиях северной лесостепи Приобья влияют как способ обработки почвы, так и уровень ее удобренности. В условиях недостатка влагообеспеченности под пшеницей в технологии No-till активизируются почвенные процессы азотного обмена (протеолиз и разложение мочевины) и более чем в 2 раза по сравнению с традиционной обработкой почвы возрастает целлюлозолитическая активность. При рыхлении различия со вспашкой в биологической активности почвы выражены слабее. Внесение полного минерального удобрения усиливает микробиологические процессы и сравнивает их уровень.

Список литературы

1. *Аристовская Т.В.* Экспресс-метод определения биологической активности почвы / Т.В. Аристовская, М.В. Чугунова // Почвоведение. – 1989. – № 11. – С. 142–147.
2. *Донченко А.С.* Стратегия развития сельского хозяйства Сибири и пути ее реализации / А.С. Донченко. – Барнаул, 2007. – 34 с.
3. *Марковская Г.К.* Влияние различных способов основной обработки почвы на её биологическую активность в условиях лесостепной зоны Самарской области / Г.К. Марковская, Ю.В. Юдина // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 21–23.
4. *Масютенко М.Н.* Особенности плодородия чернозема типичного при различном уровне интенсивности агротехнологий / М.Н. Масютенко, М.А. Припутнева // Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии : сб. докладов. – Курск, 2011. – С. 220–223.
5. *Lupwayi N.Z.* Soil microbiological properties during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage N.Z. Lupwayi, G.W. Clayton, J.T. O'Donovan et al. // Canad. J. Soil Sc. – 2004. – Vol. 84. – № 4. – P. 411–419.

УДК 631.4:631.417.4

АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ

Кузнецова Татьяна Васильевна

кандидат биологических наук, доцент,

*Институт физико-химических и биологических
проблем почвоведения Российской академии наук, г. Пушчино*

E-mail: tvku19@mail.ru

Удальцов Сергей Николаевич

кандидат биологических наук,

*Институт физико-химических и биологических
проблем почвоведения Российской академии наук, г. Пушчино*

E-mail: udaltsov@serpukhov.su

Аннотация. Размеры минерализации азота, оцененные с помощью биокинетического метода, в черноземе выщелоченном были ниже, чем в каштановой почве, и составляли соответственно 1.4–1.6 и 2.0–4.6% от общего азота. На основании рассчитанных констант скорости минерализации установлено, что время полураспада ($t_{1/2}$) азотсодержащих соединений в черноземе выщелоченном составляло 13.3–29.4 сут, а в каштановой почве – 23.3–43.5 сут.

Ключевые слова: биокинетический метод, азотминерализующий потенциал, нетто-минерализация азота, константа скорости минерализации.

NITROGEN MINERALIZATION POTENTIALS OF LEACHED CHERNOZEM AND CHESTNUT SOIL

Kuznetsova T. V.

*candidate of biological sciences, associate professor;
Institute of Physicochemical and Biological Problems
in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino,
E-mail: tvku19@mail.ru*

Udaltsov S. N.

*candidate of biological sciences,
Institute of Physicochemical and Biological Problems
in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Pushchino
E-mail: udaltsov@issp.serpukhov.su*

Abstract. The values of nitrogen mineralization, estimated by the biokinetic method, were lower in leached chernozem, than in chestnut soil. These values amounted 1.4–1.6% of the total nitrogen in leached chernozem and 2.0–4.6% in chestnut soil. The time required to mineralize one-half nitrogen-bearing compounds ($t_{1/2}$) was estimated to be 13.3–29.4 days in leached chernozem and 23.3–43.5 days in chestnut soil.

Keywords: biokinetic method, nitrogen mineralization potential, net nitrogen mineralization, mineralization rate constants.

Введение. Величина азотминерализующей способности почв является комплексным показателем основных процессов внутрипочвенного цикла азота, представленного разными по химической природе, степени подвижности и скорости оборачиваемости пулами, [2, 6, 8, 9]. Доступный для растений пул почвенного азота, высвобождаемого при минерализации органических соединений, может служить биологическим критерием плодородия почвы [1]. Этот пул азота (активный пул) включает в себя минеральные формы и органические соединения азота, вовлеченные в непрерывные минерализационно-иммобилизационные превращения [6], и является чувствительным индикатором изменений свойств почвы под действием агрогенных и природных факторов [2, 6, 7]. Для характе-

ристики внутрипочвенных превращений азота важны не только количественные, но и кинетические составляющие компонентов активного пула азота органического вещества.

Целью данной работы была сравнительная оценка общей (брутто) и нетто-минерализации (чистой минерализации) азота активного пула органического вещества чернозема выщелоченного и каштановой почвы.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования послужили: чернозем выщелоченный среднемошный (Пензенская обл.), образцы отобраны (слой 0–20 см) на участках некосимой залежи и неудобряемой пашни; каштановая почва (Волгоградская обл.), образцы отобраны (гор. А1 (A_{пах})) на участке целины (каштановая солонцеватая глубокосолончаковатая), под лесополосой (каштановая несолонцеватая незасоленная), залежи (каштановая остаточно-луговая солончаковая) и пашни (каштановая).

Азотминерализующую способность почв оценивали с использованием биокинетического метода [5] по кумулятивному накоплению подвижного минерального азота ($N_{\text{мин}} = N\text{-NH}_4^+ + N\text{-NO}_3^-$) в разные сроки (0, 5, 10, 20, 30, 60, 90 и 120 сут) инкубации почвенных образцов при 22°C и 24 вес. % влажности ($\approx 60\%$ ППВ). Содержание азота обменного аммония и нитратов в почвах определяли фенолятигипохлоритным методом, общего азота ($N_{\text{общ}}$) – на элементном анализаторе CHNS-932 (LECO, США).

Кумулятивные величины $N_{\text{мин}}$ аппроксимировали уравнениями экспоненциальной регрессии и рассчитывали содержание в почве потенциально-минерализуемого азота:

$$N_{\text{мин}} = N_{\text{пм}} \cdot [1 - \exp(-k \cdot t)]$$

и размеры нетто-минерализации (чистой минерализации) азота:

$$N_{\text{мин}} = N_0 + N_{\text{нм}} \cdot [1 - \exp(-k \cdot t)],$$

где $N_{\text{мин}}$ – кумулятивные величины минерального азота (мг/100 г), накапливаемого в почве за время t (сут); $N_{\text{пм}}$ – потенциально-минерализуемый азот (мг/100 г); k – константа скорости минерализации (сут⁻¹); t – время инкубации (сут); N_0 – исходное содержание подвижного минерального азота (мг/100 г); $N_{\text{нм}}$ – нетто-минерализованный азот (мг/100 г).

Расчеты и статистическую обработку данных проводили с использованием программ MS Excel 2010 и Statistica 10.

Результаты и обсуждение. Чернозем характеризуются наиболее высоким содержанием $N_{\text{общ}}$, чем каштановая почва, однако этот показатель хорошо демонстрирует эволюционно-генетические особенности почв зонально-генетического ряда, но не дает должного представления о запасе активного азота, трансформируемого микроорганизмами и используемого растениями. Наибольшее абсолютное содержание потенциально-ми-

нерализуемого азота ($N_{\text{пм}}$) было отмечено в каштановой почве целины (таблица 1), а минимальное – в черноземе пашни и каштановой почве залежи. Азотминерализующий потенциал ($N_{\text{пм}}/N_{\text{общ}}$, %) чернозема выщелоченного залежи и пашни соответственно составил 1.6 и 1.4% от $N_{\text{общ}}$, тогда как этот показатель для каштановой почвы разных экосистем был в среднем в 2.4 раза выше. Судя по этим данным, органические соединения активного пула азота чернозема выщелоченного характеризуются большей устойчивостью (защищенностью) к минерализации микроорганизмами, чем таковые каштановой почвы.

Максимальная константа скорости потенциальной минерализации азота (k , сут⁻¹) наблюдалась в черноземе пашни, а минимальная – в каштановой почве под лесополосой. Время полуразложения ($t_{1/2} = \ln(2)/k$), а следовательно и обновления, $N_{\text{пм}}$ в почвах разных экосистем возрастало в следующем ряду: чернозем–залежь < каштановая почва–пашня < чернозем–пашня = каштановая почва–залежь < каштановая почва–целина < каштановая почва–лесополоса.

Величины нетто-минерализованного азота ($N_{\text{пм}}$) в почвах были сопоставимы с фактическими и были близкими к размерам $N_{\text{пм}}$ (таблица 1), составляя в черноземе 1.2–1.3 от $N_{\text{общ}}$, а в каштановой почве 1.9–4.3%. При этом константы скорости чистой минерализации были в 1.4–4.4 раза ниже, чем для потенциальной минерализации азота. Следует отметить, что в каштановой почве всех исследуемых экосистем $N_{\text{пм}}$ был представлен в основном нитратной формой, в периоды оптимальных гидротермических условий этот азот может служить источником эмиссии закиси азота в атмосферу.

Поскольку биогеохимические циклы азота и углерода сопряжены связаны между собой через участие микроорганизмов в процессах синте-

Таблица 1

**Потенциальная и нетто-минерализация) азота
в черноземе выщелоченном и каштановой почве**

Экосистема	$N_{\text{пм}}$			$N_{\text{пм}}$	
	мг N/100 г	$N_{\text{пм}}/N_{\text{общ}}$ (%)	k , сут ⁻¹	мг N/100 г	k , сут ⁻¹
Чернозем выщелоченный					
Залежь	7.53±0.78	1.6	0.075±0.003	5.57±0.42	0.017±0.003
Пашня	4.37±0.46	1.4	0.034±0.001	4.13±0.20	0.013±0.001
Каштановая почва					
Целина	10.58±0.14	4.6	0.028±0.001	9.62±0.04	0.012±0.000
Лесополоса	5.28±0.06	3.5	0.023±0.001	5.04±0.01	0.015±0.000
Залежь	4.40±0.00	2.0	0.034±0.000	4.27±0.00	0.025±0.000
Пашня	5.59±0.02	4.6	0.043±0.000	5.15±0.01	0.017±0.000

за и разложения органического вещества [4], то для более объективной оценки минерализуемости органических соединений активного пула следует определять одновременно размеры не только азотминерализующего, но и углеродминерализующего потенциалов. Так, на основе данных по содержанию потенциально-минерализуемого углерода ($C_{\text{пм}}$) в черноземе выщелоченном (где были использованы те же почвенные образцы, что и в нашей работе), полученных другими авторами [3], мы рассчитали соотношения $C_{\text{пм}}:N_{\text{пм}}$, которые составляли 12 и 38 соответственно для пахотного и залежного участков. Данное соотношение хорошо иллюстрирует обедненность пахотной почвы активным органическим веществом – основным источником минерализуемого азота.

Выводы.

1. Азотминерализующий потенциал черноземных и каштановых почв зависит от устойчивости (защищенности) органических соединений и составляет 1.4–1.6% от $N_{\text{общ}}$, а каштановой почвы – 2.0–4.6%.

2. Величины нетто-минерализации азота в черноземе и каштановой почве были близкими к величинам потенциальной его минерализации. Константы скорости нетто-минерализации азота были ниже в 2.6–4.4 раза для чернозема и в 1.4–2.5 раза для каштановой почвы, чем константы скорости потенциальной минерализации.

Список литературы

1. Банкин М.П. Агрофизический и биологический критерии плодородия автоморфных дерново-подзолистых почв агроценозов М.П. Банкин, Т.А. Банкина, Н.Э. Земесзиркс // *Вестник СПбУ. Серия 3. Биология.* – 2006. – Вып. 1. – С. 177–189.
2. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений / В.Н. Кудеяров. – М. : Наука, 1989. – 216 с.
3. Кузнецов А.М. Влияние длительного применения удобрений на биологическое качество органического вещества выщелоченного чернозема / А.М. Кузнецов, Л.А. Иванникова, В.Ю. Семин, С.М. Надежкин, В.М. Семенов // *Агрехимия.* – 2007. – № 11. – С. 21–31.
4. Кузнецова Т.В. О сопряженности процессов метаболизма углерода и азота в почве / Т.В. Кузнецова, А.С. Тулина, Л.Н. Розанова, В.М. Семенов, В.Н. Кудеяров // *Почвоведение.* – 1998. – № 7. – С. 832–839.
5. Семенов В.М. Биокинетическая индикация минерализуемого пула органического вещества почвы / В.М. Семенов, Л.А. Иванникова, Т.В. Кузнецова, Н.А. Семенова, А.К. Ходжаева // *Почвоведение.* 2007. – № 11. – С. 1352–1361.
6. Семенов В.М. Участие растительной биомассы в формировании активной фазы почвенного азота / В.М. Семенов, Т.В. Кузнецова, Л.А. Иванникова, Н.А. Семенова, Е.П. Лисова // *Агрехимия.* – 2001. – № 7. – С. 5–12.
7. Cabrera M.L. Modeling the flash of nitrogen mineralization caused by drying and rewetting soils / M.L. Cabrera // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1993. – Vol. 57. – P. 63–66.
8. Osemwota I.O. Mineralization of soil organic nitrogen – a review / I.O. Osemwota, N.L. Edosomwan, M. Okwuagwu // *Agric. Rev.* – 2004. – Vol. 25. – № 2. – P. 152–156.
9. Stanford G. Nitrogen mineralization potentials of soils / G. Stanford, S.J. Smith // *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* – 1972. – Vol. 36. – № 3. – P. 465–472.

УДК 633.63:631.11:576.8

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНОЙ АГРОТЕХНИКЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ

Плотников Сергей Юрьевич

аспирант,

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», п. Рамонь*

E-mail: vniiss@mail.ru

Косякин Павел Александрович

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», п. Рамонь*

E-mail: kosyakinp@mail.ru

Манаенкова Елена Николаевна

научный сотрудник,

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», п. Рамонь*

E-mail: vniiss@mail.ru

Боронтов Олег Константинович

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной
свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова», п. Рамонь*

E-mail: vniiss@mail.ru

Аннотация: установлено, что микробиологическая активность почвы интенсивнее протекала при безотвальной обработке почвы, однако некоторые микроорганизмы проявили высокую активность и при других обработках чернозёма выщелоченного.

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, микробиологическая активность, обработка почвы, сахарная свёкла.

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY LEACHED CHERNOZEM AT DIFFERENT AGROTECHNICS OF CULTIVATION OF SUGAR BEET

Plotnikov S. Yu.

graduate student,

*Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute
for sugar beet and sugar named A.L. Mazlumov», Ramon*

E-mail: vniiss@mail.ru

Kosyakin P. A.

*candidate of agricultural sciences, researcher,
Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute
for sugar beet and sugar named A.L. Mazlumov “, Ramon
E-mail: kosyakinp@mail.ru*

Manaenkova E.N.

*researcher, Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute
for sugar beet and sugar named A.L. Mazlumov “, Ramon
E-mail: vniiss@mail.ru*

Borontov O.K.

*doctor of agricultural sciences, leading researcher,
Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute
for sugar beet and sugar named A.L. Mazlumov “, Ramon
E-mail: vniiss@mail.ru*

Abstract. We found that the microbial activity of the soil intensively proceeded with the subsurface soil treatment, however some microorganisms showed high activity with other treatments leached chernozem.

Keywords: chernozem leached, microbial activity and soil cultivation, sugar beets.

Введение. Обработка почвы – важнейшее звено агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, при которой достигаются оптимальные агрохимические, агрофизические и биологические свойства почвы. Микробиологические процессы являются основой совершающегося круговорота веществ и энергии, в результате которого изменяется плодородие почвы. Известно, что агротехника возделывания культур влияет на биологические свойства почвы [1–3].

Объект и методы исследования. В стационарном опыте, заложенном в 1985 году, изучено влияние четырёх систем основной обработки почвы (отвальная глубокая, отвальная мелкая, безотвальная, комбинированная) в севообороте на её микробиологическую активность.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что количество иммобилизаторов азота при безотвальной обработке увеличивалось на 52–83 % по сравнению с отвальными обработками, и составило 8,8 млн. КОЕ (Таблица). При этом количество микроорганизмов, использующих органический азот, было минимальным – 2,0 млн. КОЕ. При комбинированной обработке почвы количество аммонификаторов составило 6,2 млн. КОЕ, что в среднем в 2,2 раза выше, чем при других обработках почвы.

Таблица 1

**Влияние обработки почвы на её микробиологическую активность
(сахарная сѣкла, слой 0–30 см), млн. КОЕ на 1 г почвы**

Обработка почвы	Аммонификаторы	Иммобилизаторы азота	Коэфф. минерализ.	Зимоген микрофлора	Автохтон микрофлора	Условн. коэф. гумифик	Разложение сложных полимерных соединений				Синтез азотистых и фосфорных соединений		
							Микромиц., тыс. шт	Актиномиц. тыс. шт	Целлолозители	Споро вые	Диазот рофы	Олигозофиллы	Фосфо бакте рии
Глубокая отвальная	2,1	5,0	2,4	7,1	6,4	1,1	60,1	0,75	2,10	0,84	0,30	8,6	0,18
Мелкая отвальная	4,4	5,8	1,3	10,2	8,4	1,2	41,8	0,74	3,85	0,97	0,25	9,4	0,54
Безотвальная	2,0	8,8	4,4	10,7	7,0	1,5	17,4	1,34	3,53	0,78	0,67	14,8	0,98
Комбинированная	6,2	4,8	0,8	11,1	5,0	2,2	37,7	1,07	2,97	0,84	0,39	17,0	0,54

Наибольший коэффициент минерализации – 4,4 – соответствовал безотвальной обработке почвы, а наименьший – 0,8 – комбинированной.

Зимогенная микрофлора изменялась от 7,1 млн. КОЕ при глубокой отвальной обработке до 11,1 млн. КОЕ – при комбинированной. Т. е. количество микроорганизмов, участвующих в синтезе гумусовых веществ, увеличивалось на 55 % по сравнению с глубокой обработкой.

Наибольшее количество автохтонной микрофлоры – 8,4 млн. КОЕ, отмечено при мелкой обработке, а наименьшее при комбинированной обработке почвы, поэтому условный коэффициент гумификации при этом составил 2,2, что на 47–200 % выше, чем при других обработках почвы.

Наибольшее количество автохтонной микрофлоры – 8,4 млн. КОЕ, отмечено при мелкой обработке, а наименьшее при комбинированной обработке почвы, поэтому условный коэффициент гумификации при этом составил 2,2, что на 47–200 % выше, чем при других обработках почвы. Наибольшее количество микромицетов – 60,1 тыс. КОЕ, отмечается при глубокой обработке, а мелкая и безотвальная обработки ведут к снижению их количества до 41,8 тыс. КОЕ и 17,4 тыс. КОЕ соответственно. При безотвальной и комбинированной обработках почвы количество актиномицетов увеличивалось до 1,34 млн. КОЕ, или на 79 % по сравнению с отвальными обработками, что приводило к увеличению пораженности сахарной

свёклы корнеедом. Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов составила при отвальной обработке 2,10 млн. КОЕ, а при других обработках, увеличивалась на 41–48 %, и при мелкой обработке составила 3,85 млн. КОЕ. Исследованиями установлено, что максимальной численности диазотрофы – 0,67 млн. КОЕ, олигозофиллы – 14,8 млн. КОЕ, фосфобактерии – 0,98 млн. КОЕ, достигали при безотвальной обработке почвы.

Заключение. Таким образом, микробиологическая активность почвы под влиянием основной обработки почвы интенсивнее протекала при безотвальной обработке, однако некоторые микроорганизмы показали высокую активность и при других обработках почвы.

Список литературы

1. *Никульников И.М.* Влияние удобрений т зяблевой обработки чернозёма выщелоченного на почвенную микрофлору и продуктивность культур севооборота / И.М. Никульников, Н.В. Безлер, О.К. Боронтов // *Агрехимия*. – 2004. – № 2. – С. 5–13.
2. *Селиванова Г.А.* Влияние фона основного удобрения на пищевой режим и почвенную биоту / Г.А. Селиванова, О.А. Минакова, А.В. Александрова // *Сахарная свёкла*. – 2012. – № 6. – С. 28–31.
3. *Ступаков А.Г.* Влияние систем обработки почвы на дыхание почвенной биоты чернозёма типичного / А.Г. Ступаков // *Вестник Курской ГСХА*, 2014. – № 7. – С. 56–58.

УДК 631.461:631.465

ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ ГЕРБИЦИДОВ С БИОПРЕПАРАТОМ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ МИКРОУДОБРЕНИЕМ

Рокитянский Артем Борисович

младший научный сотрудник,

Национальный научный центр «Институт почвоведения

и агрохимии имени А.Н. Соколовского», г. Харьков

E-mail: artemborisovichro@gmail.com

Маклюк Елена Ивановна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

Национальный научный центр «Институт почвоведения

и агрохимии имени А.Н. Соколовского», г. Харьков

Аннотация. В работе приведены результаты исследования ферментативной активности чернозема оподзоленного при совместном применении почвенных гербицидов разных классов опасности (действующее вещество прометрин и ацетохлор), биопрепарата и органоминерального микроудобрения в посевах *Glycine max* (L.) Merr. **Ключевые слова:** ферментативная активность, гербициды, чернозем оподзоленный, биопрепарат, микроудобрение, прометрин, ацетохлор, дегидрогеназа, инвертаза, полифенолоксидаза.

**THE CHANGE OF ENZYMATIC ACTIVITY OF PODZOLIC
CHERNOZEM IN A JOINT APPLICATION OF HERBICIDES
WITH THE BIOPESTICIDE
AND ORGANIC-MINERAL FERTILIZER**

Rokityanskiy A. B.

junior researcher,

*NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N. Sokolovsky»*

E-mail: artemborisovichro@gmail.com

Maklyuk E. I.

candidate of biological sciences, senior researcher,

*NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O.N.Sokolovsky»*

Abstract. The work contains the research results of enzymatic activity of podzolic chernozem in a joint application of soil herbicides different classes of danger (the active substance prometrin and acetochlor), biological product and organic-mineral micronutrient in crops of *Glycine max* (L.) Merr.

Keywords: activity of the enzymes, herbicides, chernozem podzolized, biological product, microfertilizer, prometrin, acetochlor, dehydrogenase, invertase, polyphenol oxidase.

Введение. Применение гербицидов позволяет контролировать численность сорняков в посевах сельскохозяйственных культур. Но, несмотря на то, что в последние годы химическая промышленность выпускает гербициды нового поколения, которые менее токсичны для живых систем и имеют небольшие сроки полураспада, все же продолжается их негативное влияние на биологическую активность почв [4, 6].

В первую очередь, действующие вещества гербицидов влияют на почвенную микрофлору, которая формирует биохимическую (ферментативную) активность почвы [2].

Поэтому, целью нашей работы было изучить влияние на ферментативную активность чернозема оподзоленного применения различных комбинаций биопрепаратов и органоминеральных удобрений в сочетании с гербицидами II и III классов опасности.

В 2015 году на территории Опытного хозяйства Государственного предприятия «Граковское» ННЦ «ИПА имени А.Н. Соколовского» которое расположено возле пгт. Коротыч, Харьковский р-н., Харьковская обл., Украина, был заложен микрополевой опыт на черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом на лессе.

Объекты и методы. В ходе исследований использовали два гербицида Гезагард 500 FW к.с. – гербицид III-го класса опасности (действующее вещество прометрин, 500 г/л, химический класс – триазины) и Трофи 90 ЕС, к.э. – гербицид II класса опасности (действующее вещество – ацетохлор, 900 г/л, химическая группа – хлорацетомиды), органоминеральное микроудобрение *Humin plus* (изготовленное из экологически чистого сапропеля и торфа (немецкая заявка на патент № 10 2012 100 315.7) и биопрепарат Азотофит-р., который содержит живые клетки природной азотфиксирующей бактерии *Azotobacter chroococcum* в количестве от 1×10^9 до 1×10^{10} КОЕ/см³ и их активные метаболиты. В качестве посевной культуры использовали *Glycine max* (L.) Merr. сорта «Байка». – в 2014 сорт занесен в Государственный реестр сортов растений, пригодных для распространения в Украине.

Опыт состоял из семи вариантов: 1-й – контроль (без применения гербицидов, микроудобрения и биопрепарата); 2-й – гербицид Гезагард; 3-й – гербицид Трофи; 4-й – гербицид Гезагард + микроудобрение; 5-й – гербицид Трофи + микроудобрение; 6-й гербицид Гезагард + биопрепарат; 7-й гербицид Трофи + биопрепарат.

Биохимическую активность почв определяли фотоколориметрическим методом по показателям активности ферментов: полифенолоксидазы [3], дегидрогеназы [5] и инвертазы [7].

Результаты и обсуждение. Дегидрогеназная активность. При применении гербицидов разного класса опасности совместно с органоминеральным микроудобрением, в начале вегетации *Glycine max* (L.) Merr. наблюдается рост дегидрогеназной активности чернозема оподзоленного. Особенно на 3-м варианте, который обработан гербицидом с действующим веществом ацетохлор совместно с микроудобрением, где активность фермента на 30% выше контроля. Под конец вегетации, дегидрогеназная активность на этих вариантах сравнивается с показателями контроля [1].

При применении гербицидов совместно с биопрепаратом, также в начале вегетации сои наблюдается рост дегидрогеназной активности чернозема оподзоленного. Наибольшее увлечение активности фермента (на 52% по сравнению с контролем) наблюдается на 7-м варианте (ацетохлор + биопрепарат), а на 6-м варианте увеличение активности фермента, находится в пределах НСР_{0,05}. В конце вегетации *Glycine max* (L.) Merr. активность фермента на 6-м варианте продолжает возрастать, а на варианте обработанном гербицидом с действующим веществом ацетохлор совместно с биопрепаратом наоборот, снижается.

Отдельное применение гербицидов по-разному влияет на дегидрогеназную активность почвы. Так, при применении гербицида II-го класса

опасности, в начале вегетации наблюдается рост активности фермента на 14%, в то же время, на втором варианте, который обработан гербицидом III-го класса опасности, наблюдается уменьшение дегидрогеназной активности на 12% по сравнению с контролем. Однако в течение вегетации сои, ситуация меняется на противоположную.

Полифенолоксидазная активность. Наибольший эффект на полифенолоксидазную активность чернозема оподзоленного оказывает применение гербицида второго класса опасности с действующим веществом прометрин совместно с биопрепаратом Так, если вначале вегетации активность фермента увеличилась на 8% (в пределах НСР_{0,05}) по сравнению с контролем, то в конце вегетации возрастает до 60%.

При совместном применении гербицида II-го класса опасности с биопрепаратом, в начале вегетации наблюдается незначительное снижение (до 5% по сравнению с контролем), а уже к концу вегетации сои, полифенолоксидазная активность превышает показатели контроля на 12%, но при этом колебания активности фермента в течение вегетации находятся в пределах НСР_{0,05}.

Применение гербицида с действующим веществом ацетохлор совместно с органоминеральным микроудобрением почти не влияет на полифенолоксидазную активность чернозема оподзоленного. Так, активность фермента в течение вегетации превышает контроль только на 3%, что находится в пределах НСР_{0,05}. При применении гербицида с действующим веществом прометрин совместно с микроудобрением в начале вегетации наблюдается снижение активности фермента на 11%, а к концу вегетации отмечается восстановление полифенолоксидазной активности до уровня контроля.

При отдельном применении гербицидов, в начале вегетации сои наблюдается снижение полифенолоксидазной активности чернозема оподзоленного, особенно на втором варианте (до 26% в сравнении с контролем). Под конец вегетации полифенолоксидазная активность восстанавливается [1].

Инвертазная активность. При применении гербицидов разного класса опасности совместно с биопрепаратом наблюдается увеличение инвертазной активности чернозема оподзоленного на 6–8% в сравнении с контролем. Под конец вегетации на этих вариантах наблюдается колебание показателей активности фермента, но они находятся в пределах НСР_{0,05}.

Совместное использование гербицидов с органоминеральным микроудобрением, в начале вегетации *Glycine max* (L.) Merr. Способствует увеличению инвертазной активности на 9–10%, а уже под конец вегетации наблюдается противоположная тенденция, снижение активности фермента в сравнении с контролем на 13–20%.

Отдельное применение гербицида III-го класса опасности с действующим веществом прометрин, в течение вегетации приводит к снижению инвертазной активности чернозема оподзоленного: если в начале вегетации *Glycine max* (L.) Merr. снижение активности фермента находилось в пределах НСР_{0,05}, то в конце вегетации снизилось на 33% в сравнении с контролем, что свидетельствует про негативное влияние гербицида на инвертазную активность. Похожая ситуация наблюдается при отдельном применении гербицида с действующим веществом ацетохлор, если начале вегетации гербицид практически не влияет на активность инвертазы, то к концу вегетации приводит к снижению активности фермента на 34%, что также свидетельствует про негативное влияние гербицида на активность инвертазы в черноземе оподзоленном [1].

Выводы. Применение наряду с гербицидами органоинерального микроудобрения и биопрепарата способствует поддержанию инвертазной активности чернозема оподзоленного, в то время как отдельное применение гербицидов ингибирует инвертазную активность.

Полифенолоксидазную активность чернозема стимулирует совместное применение биопрепарата и гербицидов разного класса опасности, и менее интенсивный рост активности фермента, наблюдается при совместном применении гербицидов с микроудобрением.

В начале вегетации применение систем биологизации повышает дегидрогеназную активность чернозема оподзоленного, а в конце вегетации активность фермента восстанавливается до уровня контроля, за исключением варианта обработанного биопрепаратом и прометрином, где дегидрогеназа остается на высоком уровне.

В целом на ферментативную активность чернозема оподзоленного наибольший эффект (активизирует ферментативную активность почвы) оказывает применение гербицида III-го класса опасности с действующим веществом прометрина с биопрепаратом, а также гербицида II-го класса опасности с действующим веществом ацетохлора с микроудобрением.

Список литературы

1. Рокитянский А.Б. Зміна ферментативної активності чорнозему опідзоленого при застосуванні гербицидів Трофі 90 ЕС к.е. та Гезагард 500 FW к.е. /А.Б. Рокитянский // Біологія: від молекули до біосфери : матеріали ІХ Міжнародної конференції молодих учених (Харків, 18–20 листопада 2014 р.). Х. : ФОП Шаповалова Т.М., 2014 – С. 68–69.
2. Іутинська Г.О. Ґрунтова мікробіологія / Г.О. Іутинська. – К. : Арістей, 2006. – 284 с.
3. Карягина Л.А. Определение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в почве / Л.А. Карягина, Н.А. Михайловская // Весці АН БССР, серія с/г навук. – Мінск, 1986. – № 2. – С. 40– 41.
4. Кравченко М.С. Землеробство: Підручник / М.С. Кравченко, Ю.А. Злобін, О.М. Царенко. – К. : Либідь, 2002. – 496 с.

5. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М. : Изд-во Московского ун-та, 1980. – 224 с.

6. *Хазиев Ф.Х.* Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф.Х. Хазиев. – М. : Наука, 1982. – 204 с.

7. *Хазиев Ф.Х.* Ферментативная активность почв / Ф.Х. Хазиев. – М. : Наука, 1976. – С. 39–40.

УДК 631.417.2

ОРГАНИЧЕСКИЙ КОНТИНУУМ ЧЕРНОЗЕМОВ: ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ПРИРОДНЫМ И АГРОГЕННЫМ НАРУШАЮЩИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ*

Семенов Вячеслав Михайлович

доктор биологических наук,

Институт физико-химических

и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино

E-mail: v.m.semenov@mail.ru

Аннотация. В двух лабораторных экспериментах показано, что убыль активного органического вещества является одним из первых признаков дегумусирования черноземов, вызываемого физическим разрушением агрегатов, вымыванием растворимых компонентов и повторяющимися циклами высушивания – увлажнения – замораживания – оттаивания.

Ключевые слова: гумус, активное органическое вещество, дегумусирование, минерализация, углерод.

ORGANIC CONTINUUM OF CHERNOZEMS: ASSESSING OF THE SENSITIVITY TO NATURAL AND AGROGENIC DISTURBING IMPACTS

Semenov V. M.

doctor of biological sciences,

Institute of Physicochemical and Biological Problems

in Soil Science of RAS, Pushchino

E-mail: v.m.semenov@mail.ru

Abstract. In the two laboratory experiments is shown that the decreasing of active organic matter is one of the first features of humus depletion of chernozems caused by physical disaggregation, leaching of soluble components and repeated cycles of drying – wetting – freezing – thawing.

Keywords: humus, active organic matter, humus depletion, mineralization, carbon.

Введение. Содержащееся в почве органическое вещество представляет собой континуум отдельных частиц и ансамблей биомолекул частично и полностью трансформировавшихся остатков биоты, находящихся

* Работа выполнена при поддержке РФФИ. Проект № 17-04-00707-а

в свободном или агрегированном состоянии [5]. Континуумная модель почвенного органического вещества подразумевает бесконечность его существования, непрерывность образования и распада, наличие множества слагаемых его компонентов, одновременное присутствие живой и неживой биомассы, органических веществ разной природы и структурной организации. Гумус является стабильной частью органического континуума почвы.

Органический континуум черноземов сформировался и существует при особых сочетаниях почвообразующих факторов, водного, теплового и воздушного режимов, флористического состава растительного покрова, видового разнообразия почвенного микробного сообщества, свойственных лесостепному и степному биотам [1, 3]. В неподверженных деградации природных экосистемах поддерживается равновесное состояние между поступлением и потерями органического вещества, поэтому содержание и запасы органического углерода в почве остаются практически неизменными неопределенно долгое время. Дегумусированным и обрабатываемым почвам свойственно дегумусирование – уменьшение содержания органического углерода и мощности гумусового профиля с ухудшением качественного состава почвенного органического вещества [2, 5]. Главные причины дегумусирования – это превышение минерализационных, эрозионных и миграционных потерь почвенного органического вещества над поступлением в почву свежего органического материала, изменение почвенных режимов и динамики процессов стабилизации – дестабилизации органических компонентов.

Целью исследований было выяснить, может ли быть активный пул органического континуума почвы чувствительным предиктором намечающегося дегумусирования почвы? В какой мере природные и агрогенные нарушающие воздействия выступают фактором уменьшения содержания органического углерода в черноземных почвах?

Объекты и методы исследований. Образцы выщелоченного, типичного и обыкновенного чернозема отбирались на участках естественных и старозалежных угодий, в производственных посевах и в полевых стационарных опытах [4]. Гумусное состояние необрабатываемых и пахотных черноземов оценивали по содержанию углерода валового (Сорг) и активного органического вещества. К активному органическому веществу относятся потенциально-минерализуемые, преимущественно высокого энергетического и питательного статуса, быстро утилизируемые микроорганизмами, способные к химическим и биохимическим взаимодействиям, химически и физически незащищенные компоненты с продолжительностью существования менее 3–10 лет [3, 6]. В двух длительных

лабораторных экспериментах определяли содержание активного органического вещества в образцах типичного чернозема (целинная степь, лесное урочище, полевой севооборот, бессменный чистый пар), подвергнутых 1) разовому и четырехкратному вымыванию растворимых компонентов, 2) физическому разрушению агрегатов до частиц < 1 мм и вымыванию, 3) многократному высушиванию – увлажнению – замораживанию – оттаиванию.

Результаты и обсуждение. В пахотных подтипах чернозема содержится в среднем в 1.5–1.6 раза меньше Сорг, чем в необрабатываемых их аналогах. Минимальный уровень его содержания в черноземах характерен для бессменного чистого пара (в 1.3–2.7 раз меньше, чем под культурами). Более резкие различия между необрабатываемыми и пахотными подтипами чернозема проявляются по содержанию активного органического вещества. В пахотном черноземе обыкновенном обнаруживается в 2 раза меньше активного углерода, чем в почве естественных угодий, в черноземе типичном – в 2.4 раза, а в черноземе выщелоченном – в 3.9 раза. Наибольшее обеднение чернозема активным органическим веществом происходит в бессменном чистом пару: в черноземе обыкновенном – в 3.3 раза, в черноземе типичном – в 4.3 раза. Биологически активная часть органического континуума в необрабатываемых черноземах составляет 2.0–4.7% от Сорг, а в пахотных – 1.5–2.1%. Органический континуум черноземов характеризуется самой высокой биологической стабильностью среди почв зонального ряда.

Растирание образцов до частиц < 1 мм не давало достоверного прироста активного органического вещества в целинном черноземе, но способствовало мобилизации органического вещества в пахотной почве на 14–20% по сравнению с контролем. Мобилизованное за счет механической дезагрегации почвы органическое вещество может быть вымыто с инфильтрационным током и минерализоваться до CO_2 , вызвав обеднение органического континуума почвы биологически активными компонентами. Действительно, промывание искусственно дезагрегированных образцов давало более сильное снижение минерализационного потенциала почвы по сравнению с оструктуренными (на 28 и 18% соответственно). В результате четырехкратной экстракции водорастворимого органического вещества из растертых образцов обеспеченность целинного чернозема активным органическим веществом уменьшилась до уровня непромытой пахотной почвы.

Повторяющиеся циклы высушивания – увлажнения и замораживания – оттаивания мобилизуют одну часть активного пула органического континуума почвы и стабилизируют другую его часть. Мобилизованные

компоненты подвергаются минерализации, вызывая краткосрочные, но интенсивные всплески выделения CO_2 , а стабилизированные – приобретают защищенное от разложения состояние. После шестикратного повторения высушивания – увлажнения – замораживания – оттаивания содержание активного органического вещества в образцах целинного чернозема, занятого производственными посевами и находящегося под бесменным чистым паром уменьшилось в 4.1, 3.8 и 2.0 раза соответственно. В итоге, размеры минерализуемого пула в целинном черноземе уменьшились до таковых в исходных образцах бесменного чистого пара, не подвергнутых высушиванию – увлажнению – замораживанию – оттаиванию.

Выводы:

1. Обеднение почвы активным (потенциально-минерализуемым) органическим веществом является более чувствительным индикатором ее деградации по сравнению с убылью общего органического углерода.

2. Механическое разрушение агрегатов увеличивает риск вымывания активного органического вещества, а повторяющиеся циклы высушивания – увлажнения – замораживания – оттаивания выступают природными факторами деградации органического континуума почвы, вызывая уменьшение минерализационного потенциала черноземов.

Список литературы

1. *Гришина Л.А.* Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л.А. Гришина. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
2. *Орлов Д.С.* Реальные и кажущиеся потери органического вещества почвами Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, М.С. Розанова // Почвоведение. – 1996. – № 2. – С. 197–207.
3. *Пономарева В.В.* Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В.В. Пономарева, Т.А. Плотникова. – Л. : Наука, 1980. – 232 с.
4. *Семенов В.М.* Структурно-функциональное состояние органического вещества почвы В.М. Семенов, Л.А. Иванникова, Т.В. Кузнецова // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. – М. : Наука, 2006. – С. 230–247.
5. *Семенов В.М.* Распределение активного органического вещества в почвах зональных биомов на территории Европейской России / В.М. Семенов, Б.М. Когут // Роль почв в биосфере и жизни человека : Международная научная конференция к 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв. – М. : МАКС-Пресс, 2015. – С. 240–242.
6. *Семенов В.М.* Почвенное органическое вещество / В.М. Семенов, Б.М. Когут. – М. : ГЕОС, 2015. – 233 с.
7. *Семенов В.М.* Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем В.М. Семенов, А.С. Тулина // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 53–63.

УДК 631.46631.445.4:

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ

Стахурлова Лариса Дмитриевна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: stakhurlova@rambler.ru*

Свистова Ирина Дмитриевна

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж
E-mail: i.svistova@mail.ru*

Аннотация. В почвах целины биохимические процессы направлены на запасание азота и сохранение его в экосистеме. В почвах пашни усиление разложения органики на ранних этапах, сменяется истощением ее запасов и разложением гумусовых веществ, что подтверждает тенденция снижения содержания гумуса. В результате падает потенциальное плодородие старопахотных почв, ухудшаются их фитосанитарные свойства.

Ключевые слова: черноземы, гумус, обменные основания, активность ферментов, фитотоксичность.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF KAMENNAYA STEPPE CHERNOZEMES

Stakhurlova L. D.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: stakhurlova@rambler.ru*

Svistova I. D.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State Pedagogical University, Voronezh
E-mail: i.svistova@mail.ru*

Abstract. In the virgin soil biochemical processes aimed at store of nitrogen and the preservation of its in ecosystem. In the arable soils, increased decomposition of organic matter in the early stages, replaced by the exhaustion of its stocks and decomposition of humus substances, which confirms tendation of humus content decrease. As a result the potential fertility of long-arable soils decrease, deteriorating their phytosanitary properties.

Keywords: chernozems, humus, exchangeable cations, enzymes activity, phytotoxicity.

Введение. Биологическая активность почвы характеризует размеры и направление процессов превращения веществ и энергии в природных экосистемах. В этой связи для оценки современного состояния почвенного покрова этот показатель имеет не меньшее значение, чем химический состав и физические свойства почвы [5].

Объект и методы исследований. Каменная степь – один из уникальных объектов, который изучают специалисты разного профиля уже более ста лет. В условиях стационара, преобразование степного ландшафта в агролесоландшафты способствовало изменению сочетания факторов почвообразования, спровоцировало антропогенную трансформацию свойств черноземов в полугидроморфные и гидроморфные почвы [6].

Объектом настоящих исследований служили лугово-черноземные почвы залежи и пашни разного срока использования (1925, 1992 г.г.). Почвенные образцы отбирали буром глубины 50 см. Основные показатели плодородия лугово-черноземных почв анализировали по общепринятым методам [1]. Активность ферментов оценивали по методам Ф.Х. Хазиева [5]. Фитотоксичность почв определяли методом биотестирования. Тест-объект – семена кресс-салата [2].

Результаты и их обсуждение. Почвы Каменно-степного стационара – среднегумусные. Анализ литературных и наших исследований выявил тенденцию изменения гумусного состояния под влиянием сельскохозяйственного использования. Так, в результате ежегодного отчуждения продукции растениеводства с почв пашни, сокращается поступление основного источника органического вещества почвы – растительных остатков и как следствие снижалось количество гумуса – на 14 и 6 % по сравнению с залежью (табл. 1). Математическая обработка многочисленных результатов исследований, проведенная Ю. И. Чевердиным показала, что наибольшие потери гумуса обнаруживаются в первые годы распашки, затем темпы потерь стабилизируются, и к 2050 году лугово-черноземные почвы будут также характеризоваться как среднегумусные [6].

Окультуривание лугово-черноземных почв не отразилось на сумме обменных оснований и реакции среды почвенного раствора (табл. 1).

Настоящими исследованиями отмечена высокая степень метаболизма азоторганических соединений поступающих в почву залежи (табл. 2). Высокий уровень активности протеазы и уреазы в почвах целины может быть связан с достаточным количеством отмершего растительного и животного материала, который подвергается минерализации при участии ферментов, в почвах пашни могут подвергаться минерализации органические соединения специфической природы, что и ослабляет процессы гумификации и гумусонакопления.

Таблица 1

Основные показатели плодородия черноземов Каменной степи

Вариант опыта	Слой почвы, см	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	pH
			ммоль (+) / 100 г почвы			
Залежь	0–10	8.44	48.08	9.94	58.02	6.95
	10–20	7.70	41.45	8.99	50.44	6.96
	20–30	5.97	39.97	6.63	46.60	7.08
	30–40	4.92	41.78	6.63	48.41	7.39
	40–50	3.44	39.82	5.96	45.78	7.43
Пашня с 1925 г.	0–10	7.26	47.75	9.94	57.69	7.05
	10–20	5.90	45.76	8.99	54.75	7.14
	20–30	4.70	45.76	4.97	50.73	7.16
	30–40	4.01	44.10	4.64	48.74	7.30
	40–50	2.47	44.76	3.95	48.71	7.60
Пашня с 1992 г.	0–10	7.94	47.75	9.94	59.02	6.82
	10–20	7.01	45.76	8.99	57.69	6.92
	20–30	5.15	45.76	4.97	55.60	6.95
	30–40	3.78	44.10	4.64	51.73	7.03
	40–50	2.48	44.76	3.95	49.12	7.08

Таблица 2

Биохимические свойства черноземов Каменной степи

Вариант опыта	Слой, см	Протеаза, мг тирозина/ г почвы	Уреаза, мг NH ₃ / г почвы	Инвертаза, мг глюкозы/ г почвы	Фосфатаза, мг ф-ф/ г почвы	Каталаза, мкл O ₂ / г почвы
Залежь	0–10	1,56	0,56	10,78	1,09	6,2
	10–20	1,54	0,69	11,34	2,11	6,3
	20–30	1,32	0,65	9,61	1,23	3,9
	30–40	0,42	0,21	9,20	0,96	3,8
	40–50	0,24	0,18	8,15	0,92	2,9
Пашня с 1925 г.	0–10	0,95	0,49	9,56	0,96	4,9
	10–20	0,59	0,53	9,16	1,32	5,4
	20–30	0,57	0,52	8,45	0,90	3,6
	30–40	0,49	0,18	8,22	0,63	3,5
	40–50	0,19	0,16	7,43	0,35	2,9
Пашня с 1992 г.	0–10	1,08	0,51	10,82	1,01	7,1
	10–20	0,97	0,59	10,46	1,12	7,9
	20–30	0,56	0,53	9,57	0,83	6,9
	30–40	0,54	0,20	9,11	0,74	5,2
	40–50	0,18	0,13	8,67	0,51	3,4

Инвертазная активность может служить характеристикой почвенных и климатических условий [4, 5, 7]. В целом, активность инвертазы существенно не различалась по вариантам наблюдений.

В исследуемых почвах энергично идет гидролиз фосфоорганических соединений (табл. 2). Под пашней из-за недостаточного поступления фосфоорганических соединений с растительным опадом, активность фосфатазы снижается в среднем в 1,5 раза в слое 0–50 см.

Ранее отмечалось, что в почву залежи поступает больше органических остатков, что активизирует процессы «дыхания» и биохимические реакции окисления поступившего органического вещества [7]. Высокая активность каталазы была выявлена в почвах пашни раннего срока использования (с 1992 года), что вероятно связано с изменением окислительно-восстановительных условий. Таким образом, ферментативная активность зависит от различных экологических факторов и дифференциации почвенно-климатических условий. Неравномерность распределения показателей биохимической активности почв обусловливается гетерогенностью химических компонентов и неравномерностью их пространственного распределения. Наиболее «чувствительными» ферментами, заметно снижающими свою активность, в лугово-черноземной почве в условиях длительной агрогенной нагрузки были ферменты, участвующие в круговороте азота, что в целом не противоречит результатам других исследователей.

Биоэкологическое изменение структуры микробоценоза способствует преимущественному развитию ассоциаций микроорганизмов, способных в полной мере утилизировать продукты трансформации корневых выделений и аллелопатические вещества, освобождающиеся почвенной микрофлорой из пожнивно-корневых остатков в силу снижения ферментативной активности и появления видов, продуцирующих фитопатогены [3]. Фитотоксические свойства почвы не проявлялись на целине. В образцах почвы пашни выявлен фитотоксикоз (табл. 3), что объясняется перегруппировкой микробного комплекса и повышением плотности токсигенных грибов [3].

Таблица 3

Фитотоксичность лугово-черноземной почвы, % ингибирования

Вариант опыта	Всхожесть семян	Рост корня
Залежь	0	9
Пашня с 1992 г.	5	36
Пашня с 1925 г.	4	36

Выводы. В почвах пашни выявлена тенденция снижения содержания гумуса, каталитических процессов азотсодержащих компонентов, в среднем в 1,5 раза, что не способствует накоплению доступного для растений минерального азота. Агротехногенное воздействие приводит к ухудшению фитосанитарных свойств почвы.

Список литературы

1. *Воробьева Л. А.* Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
2. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
3. *Стахурлова Л.Д.* Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах / Л.Д. Стахурлова, И.Д. Свистова, Д.И. Щеглов // Почвоведение. – 2007. – № 6. – С. 769–774.
4. *Стахурлова Л.Д.* Ферментативная активность черноземов степной зоны / Л.Д. Стахурлова, О.А. Йонко, И.Д. Свистова, Т.В. Мордвинкова // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. – Курск : Изд-во ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2010. – С. 72–76.
5. *Хазиев Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М. : Наука, 2005. – 252 с.
6. *Чеве́рдин Ю.И.* Закономерности изменения свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия : автореф. дис. д-ра биол. наук / Ю.И. Чеве́рдин. – Воронеж, 2009. – 42 с.
7. *Щербаков А.П.* Биодинамика черноземов ЦЧП / А.П. Щербаков, Т.А. Девятова, Л.Д. Стахурлова // Антропогенная эволюция черноземов – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2000. – С. 120–144.

УДК 631.46:631.445.4+574.4

БИОМОНИТОРИНГ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ЗАПОВЕДНИКА «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ»

Стахурлова Лариса Дмитриевна

кандидат биологических наук, доцент,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: stakhurlova@rambler.ru

Свистова Ирина Дмитриевна

доктор биологических наук, профессор,

Воронежский государственный педагогический университет, г. Воронеж

E-mail: i.svistova@mail.ru

Аннотация: Смена естественного фитоценоза на агрофитоценозы сопровождается дегумификацией черноземов, ухудшением их биологических свойств: резко замедляется скорость разложения клетчатки, повышается доля токсигенных грибов и развивается фитотоксичность. В парующей почве ослабевает одна из основных экологических функций – санитарная.

Ключевые слова: Черноземы типичные, гумус, обменные основания, активность целлюлаз, токсигенные грибы, фитотоксичность.

BIOMONITORING OF TYPICAL CHERNOZEMERS OF THE NATIONAL PARK «STRELETSKAYA STEPPE»

Stakhurlova L. D.

*candidate of biological sciences, associate professor;
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: stakhurlova@rambler.ru*

Svistova I. D.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State Pedagogical University, Voronezh
E-mail: i.svistova@mail.ru*

Abstract. Change of natural phytocenosis on the agrophytocenosis is accompanied by dehumification of chernozems, the deterioration of their biological properties: sharply slows down the rate of decomposition of cellulose, increase in the percentage of toxigenic fungi and develops phytotoxicity. In fallowing soil weakens one of the main ecological functions of – sanitary.

Keywords: Typical chernozem, humus, exchangeable cations, cellulase activity, toxin formation, phytotoxicity.

Введение. Биологическая активность почвы обусловлена совокупностью биологических процессов. О ней судят по интенсивности «дыхания», численности эколого-трофических групп микроорганизмов, видовому составу микромицетов, активности почвенных ферментов, фитотоксичности и другим показателям [2, 3, 4]. В настоящее время показатели биологической активности почвы широко используются в качестве биоиндикаторов в почвенно-экологическом мониторинге.

Объект и методы исследований. Исследования проводили на территории биосферного заповедника «Стрелецкая степь», Курская обл. В качестве объекта был выбран чернозем типичный среднегумусный мощный тяжелосуглинистый на карбонатном суглинке. Согласно классификации почв, разработанной в 2004 году, типичные черноземы целины и пашни названы черноземами и агрочерноземами со следующим набором основных генетических горизонтов AU – BCA – Cca и PU – AU – BCA – Cca.

Для оценки экологического состояния черноземов типичных в пределах Стрелецкого участка были выбраны следующие варианты: целина – чистый пар – пашня (севооборот). Черноземы типичные длительного пара и пашни примыкают к заповедному участку и обрабатываются с 1946 года. Образцы почвы отбирали в июне буром из пяти точек под различными биоценозами через каждые 10 см. Анализ почвенных образцов для характеристики основных показателей плодородия черноземов проводили

по общепринятым методам [1]. Биологические свойства черноземов типичных оценивались по скорости разложения целлюлозы, численности и видовому составу мицелиальных микроорганизмов, по фитосанитарному состоянию [2].

Результаты и их обсуждение. Исследуемые варианты характеризуются как средне гумусные. Смена естественного биоценоза агроценозами привела к снижению количества гумуса. Так, в верхнем 0–10 см слое длительно парующей почвы его содержание уменьшилось на 26,3%, Вовлечение черноземов типичных в севооборот также сопровождается дегумификацией. Черноземы типичные «Стрелецкой степи» хорошо обеспечены обменными основаниями – кальцием и магнием (табл.1). На долю кальция приходилось 84,6 %, на долю магния – 15,4 %, что согласуется с литературными данными. Вовлечение черноземов типичных в сельскохозяйственное использование сопровождается незначительной декальцификацией.

Из всех органических соединений в природе наибольшее распространение имеет целлюлоза. Интенсивность разложения целлюлозы тесно связана с почвенными условиями (температурой, влажностью, наличием субстрата). Разрушение клетчатки активно происходит весной и осенью в слое 0 – 10 см [2]. В почвах залежи активность целлюлаз была средней. Согласно оценочной шкалы Д.Г. Звягинцева степень разложения целлюлозы превышала 30 % и составляла 47,2 % в верхнем корнеобитаемом слое почвы (табл. 2). Распашка черноземов и их длительное парование привело к существенным изменениям биологических свойств. Так, ско-

Таблица 1

**Основные показатели плодородия черноземов типичных
в различных биоценозах**

Вариант опыта	Слой почвы, см	Гумус, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Hг ⁺	V, %	pH
			ммоль (+) / 100 г почвы				
Целина	0–10	8,48	38,5	7,0	2,94	93,9	6,50
	10–20	7,22	36,5	6,6	2,76	93,9	6,55
	20–30	6,80	34,5	6,1	2,48	94,2	6,65
Пар	0–10	6,25	35,6	6,7	3,03	93,3	6,44
	10–20	6,02	33,6	6,0	2,76	93,5	6,50
	20–30	5,49	32,0	5,8	2,57	93,6	6,52
Севооборот	0–10	7,51	31,9	7,1	1,56	96,2	6,99
	10–20	7,31	31,4	6,9	1,19	96,9	6,99
	20–30	6,86	29,5	6,3	0,83	97,7	7,05

рость разложения клетчатки в пару, по сравнению с целиной, снизилась в 2,9 раза и оценивалась как слабая, что легко объяснить отсутствием свежих растительных остатков и возможной перегруппировкой микробного комплекса почвы, что может отразиться на санитарных функциях почвы и привести к «почвоутомлению» [3, 4].

При разложении растительных остатков на первых этапах микробной сукцессии развиваются микромицеты. Так, их численность в почве пахотного слоя целины в среднем составляла 13 тыс. КОЕ/г. Длительная агротехногенная нагрузка способствовала увеличению численности мицелиальных микроорганизмов, особенно в варианте «пар».

Более чем в 2 раза увеличивается численность грибов и практически на порядок повышается численность актиномицетов (табл. 3). Грибы и актиномицеты являются не только глубокими деструкторами органического вещества, но и активными продуцентами фитотоксических веществ.

В комплексе микромицетов типичных черноземов залежи обнаружены типичные для черноземов виды; роды *Acremonium*, *Cephalosporium*, *Paecilomyces lilacinum*, *Chrysosporium*, *Aspergillus candidus*, *Penicillium tardum*, *Penicillium simplicissimum*. В ранге часто встречающихся роды порядка *Mucorales*. а роды *Fusarium* и *Sporotrihum* в ранге редко встречающихся. В черноземах пашни доля типичных для целины видов грибов резко снижается, заметно возрастает доля фитопатогенов и активных ми-

Таблица 2

Скорость разложения клетчатки в черноземе типичном под различными биоценозами

Вариант опыта	Скорость разложения клетчатки, %
Целина	47,2
Пар	16,2
Пашня	29,4
НСР01	2,78

Таблица 3

Численность мицелиальных микроорганизмов в черноземе типичном

Группы микроорганизмов	Природная экосистема (целина)		Многолетние агроэкосистемы			
			Пар		Севооборот	
	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см	0–10 см	10–20 см
Микромицеты, тыс. КОЕ/г	14,2	11,8	29,3	24,8	13,3	16,3
Актиномицеты, млн. КОЕ/г	0,2	0,1	0,8	1,6	0,7	1,2

нерализаторов органического вещества. В многолетних агрофитоценозах среди индикаторных видов микромицетов выявлены *P. daleae*, *A. clavatus*, *P. funiculosum*, *P. rubrum*, *P. purpurogenum*, *T. harzianum*. В группе устойчивых видов обнаружены *P. simplicissimus*, *P. tardum*, *P. notatum*, *P. viridicatum*, *A. niger*, *A. ustus*, *A. alliaceus*, *A. fisheri*, *Tal. flavus*, *M. hiemalis*, *St. chartarum*, *Alt. alternata*, *F. solani*. В почве длительного пара обедняется видовой состав, а в составе грибов значительную долю занимают активные продуценты токсинов. Так, в группе индикаторных видов *Acr.alternatum*, *A. candidus*, *P. tardum*, *P. simplicissimus*. Среди устойчивых видов *Paec. lilacinum*, *A. niger*, *A. alliaceus*, *A. fisheri*, *P. notatum*, *P. simplicissimus*, *Tal. flavus*.

Целинные черноземы заповедника «Стрелецкая степь» характеризуются не только высоким потенциальным плодородием, но и хорошими биологическими свойствами, о которых судят по степени токсичности почвы по отношению к растениям. Длительный период инкубации почвы при температуре 28°C показал отсутствие фитотоксичности в верхнем гумусово-аккумулятивном слое (табл. 4).

Таблица 4

Ингибирование всхожести семян и длина проростков кресс-салата под различными биоценозами

Вариант опыта	% ингибирования всхожести кресс-салата	Средняя длина проростков, мм
Контроль	0	56,05±4,4
Целина	0	55,65±4,4
Пар	33	48,84±4,4
Пашня	12,5	48,35±4,4

В почве чистого пара выявлено слабое загрязнение токсинами. Токсичность составила 33%. Слабое загрязнение выявлено и в почвах пашни, однако, по сравнению с чистым паром, ингибирование всхожести семян было в 2,5 раза ниже и составило 12,5%.

Выводы. В парующей почве ослабевает одна из основных её экологических функций – санитарная. Смена естественных фитоценозов на агрофитоценозы сопровождается дегумификацией, ухудшением биологических свойств: резко замедляется скорость разложения клетчатки, повышается доля токсигенных грибов и развивается фитотоксичность.

Список литературы

1. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
2. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

3. Свистова И.Д. Влияние многолетнего внесения удобрений на почвенно-поглощающий комплекс и микробное сообщество выщелоченного чернозёма / И.Д. Свистова, К.Е. Стекольников, А.П. Щербаков // *Агрохимия*. – 2004. – № 6. – С. 16–23.

4. Стахурлова Л.Д. Биомониторинг черноземов в различных биоценозах / Л.Д. Стахурлова, И.Д. Свистова // *Вестник РАСХН*. – 2011. – № 6. – С. 28–30.

УДК 576.80:633.63

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ И СНИЖЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ КОРНЕЕДОМ ПРОРОСТКОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗЕРНОПАРПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ

Сумская Марина Александровна

*кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы
и сахара имени А.Л. Мазлумова, Воронеж, п. ВНИИСС
E-mail: Sumsma@mail.ru*

Аннотация. В полевом опыте изучалось влияние разного состава дражировочной массы семян на развитие корнееда проростков сахарной свеклы и стабилизацию численности микромицетов прикорневой зоны.

Ключевые слова: зернопаропропашной севооборот, дражирование семян, корнеед, микромицеты, ризосфера, бактериальная суспензия штамма *Bacillus subtilis* 20.

STABILIZATION OF SOIL MICROMYCETE NUMBER AND REDUCTION OF SUGAR BEET SEEDLINGS BLACK LEG OCCURRENCE IN GRAIN-FALLOW-ARABLE CROP ROTATION

Sumskaya M. A.

*candidate of agricultural sciences, senior research,
The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute
of Sugar Beet and Sugar, Voronezh, VNIISS
E-mail: Sumsma@mail.ru*

Abstract. In field experiment, influence of different composition of seed pelleting mass on development of black leg in sugar beet seedlings and stabilization of micromycete number in the near root zone was studied.

Keywords: grain-fallow-arable crop rotation, seed pelleting, black leg, micromycetes, rhizosphere, bacterial suspension of the *Bacillus subtilis* 20 strain.

Введение. Одним из важнейших приемов предпосевной подготовки семян является обработка их защитными препаратами. Предохранение семян и проростков от болезней и вредителей необходимая и обязательная процедура в растениеводстве [1].

Частичной заменой фунгицидов в борьбе с корнеедом при дражировании семян, могут служить микроскопические грибы и бактерии, обладающие фунгицидными свойствами [2]. Особенно перспективны в качестве потенциального биологического агента спорообразующие бактерии рода *Bacillus subtilis*, обладающие широким спектром фитозащитного и ростстимулирующего действия.

Выделенные нами препаративные формы штаммов *Bacillus subtilis* в виде сухого порошка были проверены на антагонистические свойства по отношению к почвенным микромицетам и дали положительный результат.

Нами продолжены исследования по изучению влияния спорообразующих бактерий рода *Bacillus subtilis* на фунгистатические свойства почвы путем частичной замены ими фунгицидов при дражировании семян [3].

Целью наших исследований являлось выявить влияние штамма *Bacillus subtilis* 20, вводимого в дражировочную массу семян на заболеваемость корнеедом проростков сахарной свеклы, динамику развития микромицетов прикорневой зоны культуры.

Объекты и методы. Работа выполнена в 2014–2016 гг. в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» (ВНИИСС). В полевых условиях опыт был заложен на поле сахарной свеклы в четырехпольном севообороте с чередованием культур: черный пар–озимая пшеница–сахарная свекла–ячмень.

Почва – чернозём выщелоченный тяжелосуглинистый малогумусный со средним содержанием элементов питания (NO_3 – 25,8 мг/кг почвы, P_2O_5 – 123 мг/кг почвы, K_2O – 118 мг/кг почвы, гумуса – 5,1), pH 6,2–6,4.

Повторность опыта – трехкратная. Площадь делянки – 27 м². Технология возделывания сахарной свеклы – общепринятая для ЦЧР. Фон минеральных удобрений – $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$. Обработанные семена гибрида РМС 120 высевались свекловичной сеялкой из расчета 10–15 шт. на погонный метр рядка. При дражировании семена обрабатывались согласно схеме. При этом фунгициды были частично заменены бактериальной суспензией штамма *Bacillus subtilis* 20 в оптимальной концентрации 12 г/т, полученной экспериментальным путем в лабораторном опыте.

В течение периода вегетации были определены:

– масса 100 растений весовым методом и пораженность корнеедом проростков сахарной свеклы;

– динамика численности микромицетов прикорневой зоны в посевах сахарной свеклы, использовался метод выделения и хранения чистых культур микроорганизмов [4]; современные приборы и оборудование: микробиологический бокс, автоклав, микроскопы, весы, холодильник, бидистиллятор, термостаты, холодильник.

Все данные учетов и основные сопутствующие наблюдения подвергались статистической обработке методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову 1985 г [5].

Результаты и обсуждение. Изучалось влияние частичной замены фунгицидов бактериальной суспензией штамма *Bacillus subtilis* 20 при дражировании семян сахарной свеклы на пораженность их корнеедом, массу 100 растений и динамику численности микромицетов прикорневой зоны культуры.

В начале вегетации сахарной свеклы были отобраны пробы на пораженность проростков корнеедом и массу 100 растений (табл. 1).

Таблица 1
Влияние состава дражировочной массы семян на пораженность проростков корнеедом и массу 100 растений (2014–2016 гг.)

Вариант	Корнеед, %	Просмотрено растений в пробе со степенью пораженности, шт.				Масса 100 растений, г	Сухое вещество, %
		25 %	50 %	75 %	100 %		
1. Контроль без обработки	21	5	4	3	9	48	7,1
2. Эталон (ТМТД 8 л/т + Тачигарен 10 кг/т + Круйзер 12 л/т)	16	7	2	2	5	66	8,6
3. (<i>Bacillus subtilis</i> 12 г/т)	19	6	4	4	5	68	8,4
4. (ТМТД 8 л/т + Круйзер 12 л/т)	17	4	3	2	8	78	9,9
5. (Тачигарен 10 кг/т + Круйзер 12 л/т)	18	6	3	4	5	58	8,7
6. (<i>Bacillus subtilis</i> 12 г/т + Круйзер 12 л/т + ТМТД 8 л/т)	15	5	3	2	5	65	8,6
7. (<i>Bacillus subtilis</i> 12 г/т + Круйзер 12 л/т)	17	4	4	3	6	69	9,0
8. (<i>Bacillus subtilis</i> 12 г/т + Круйзер 12 л/т + Тачигарен 10 кг/т)	15	4	4	2	5	80	9,0
НСР ₀₅		3,2				5,5	0,3

По данным трехлетних наблюдений пораженность проростков сахарной свеклы корнеедом была следующей. Максимальное число растений, пораженных корнеедом, отмечено в варианте с обработкой семян водой – 21 %, в эталонном варианте № 2 Эталон (ТМТД 8 л/т + Тачигарен 10 кг/т + Круйзер 12 л/т) – 16 %.

В вариантах с частичной заменой фунгицидов суспензией штамма *Bacillus subtilis* №№ 6, 7 и 8 пораженность корнеедом была минимальной и составила 15, 17 и 15 % соответственно. Незначительный процент поражения проростков сахарной свеклы был отмечен на варианте № 4 – (ТМТД 8 л/т + Круйзер 12 л/т) – 17 %.

Достоверное превышение массы 100 растений относительно контроля было отмечено во всех вариантах. В эталонном варианте № 2 (ТМТД 8 л/т + Тачигарен 10 кг/т + Круйзер 12 л/т) наблюдалось увеличение массы 100 растений на 38 % относительно контроля. В вариантах №№ 6, 7, 8 с частичной заменой фунгицидов на бактериальную суспензию достоверное превышение массы 100 растений составило 35, 44, 67 % соответственно. Частичная замена фунгицидов на бактериальную суспензию *Bacillus subtilis* 20 сдерживает развитие корнееда и способствует увеличению массы проростков сахарной свеклы.

Как известно, развитие болезней сахарной свеклы при определенных условиях могут провоцировать почвенные микромицеты. В этой связи в ходе исследований было отслежено влияние частичной замены фунгици-

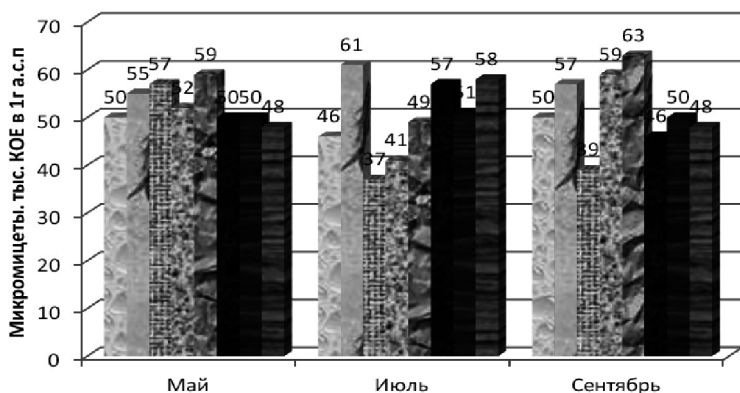


Рис. 1. Влияние состава дражировочной массы семян на численность микромицетов прикорневой зоны сахарной свеклы (млн. КОЕ в 1 гр. абсолютно сухой почвы) (2014–2016 гг.)

дов, входящих в состав эталонной дражировочной массы (вар. № 2), суспензией штамма *Bacillus subtilis* 20 (вар. №№ 6, 7, 8) на рост и развитие микромицетов прикорневой зоны культуры (рис. 1).

В начале вегетации было отмечено увеличение численности микроскопических грибов в прикорневой зоне на 8–18 % относительно контроля (50 тыс. КОЕ) в вариантах с фунгицидами (№№ 2, 4, 5). В варианте № 8 с частичной заменой фунгицидов на бактериальную суспензию *Bacillus subtilis* 20 наметилась тенденция к снижению численности микромицетов.

В сентябре численность микромицетов в прикорневой зоне сахарной свеклы достоверно снизилась в вариантах №№ 3, 6 и 8 с применением бактериальной суспензии на 22, 8 и 4 % соответственно. В вариантах с применением фунгицидов численность микромицетов превышала контроль на 14–26 %.

Выводы. Таким образом, пораженность корнеедом в вариантах с частичной заменой фунгицидов на бактериальную суспензию штамма *Bacillus subtilis* 20 №№ – 6, 7 и 8 была минимальной и составила 15, 17 и 15 % соответственно. Включение штамма *Bacillus subtilis* 20 в дражировочную массу способствовало сдерживанию развития почвенных микромицетов прикорневой зоны растений в вариантах №№ 3, 6 и 8 на 22, 8 и 4 % относительно контроля.

Частичная замена дорогостоящих фунгицидов на бактериальную суспензию *Bacillus subtilis* штамма 20 при дражировании семян, может быть выгодной с точки зрения снижения материальных затрат при предпосевной подготовке семян и уменьшении токсичной нагрузки на почву и растения сахарной свеклы.

Список литературы

1. *Бартенев И.И.* Качественные показатели сырья свеклосемян и методика их определения / И.И. Бартенев, В.С. Пивоваров, С.А. Козлов // Сахарная свекла. – 2010. – № 7. – С. 26–29.
2. *Наумов Г.Ф.* Эффективность биологической стимуляции семян полевых культур / Г.Ф. Наумов, Л.Ф. Наносова, Л.В. Подоба // «Теория и практика предпосевной обработки семян» – Киев : Южное отделение ВАСХНИЛ. – 1984. – С. 20–27.
3. *Путилин П.И.* Влияние технологии дражирования семян на урожай и качество сахарной свеклы : дисс. ... канд. с-х. наук // П. И. Путилин. – Воронеж. – 2005. – 131 с.
4. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 224 с.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 416 с.

УДК 631.466:631.445.4

МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Черепухина Ирина Вячеславовна

*кандидат биологических наук, ассистент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж,
старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт
сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
E-mail: icherepukhina@gmail.com*

Безлер Надежда Викторовна

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж,
заведующая лабораторией,
Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
E-mail: bezler@list.ru*

Аннотация. В результате 7-летних исследований на чернозёме выщелоченном было установлено, что негативные факторы окружающей среды, в частности, значительное снижение влажности и увеличение температуры воздуха непосредственно влияют на все изученные группы микробного сообщества почвы. Бактериальная и грибная микрофлора снижают свою численность, лишь микроорганизмы, которые способны выживать в экстремальных условиях поддерживают свою активность при низких значениях гидротермического коэффициента.

Ключевые слова: микробное сообщество почвы, гидротермический коэффициент, зимогенная и автохтонная микрофлора, целлюлозолитические микроорганизмы, актинобактерии, микромицеты, аммонификаторы, иммобилизаторы азота, фосфобактерии, диазотрофы.

MICROBIAL COMMUNITY OF BLACK SOIL IN DIFFERENT HYDROTHERMAL CONDITIONS

Cherepukhina I. V.

*candidate of biological sciences, assistant,
Voronezh State University, Voronezh,
senior researcher,*

*The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and sugar
E-mail: icherepukhina@gmail.com*

Bezler N. V.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh,
head of the laboratory,*

*The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and sugar
E-mail: bezler@list.ru*

Abstract. As a result, the 7-year studies on leached chernozem been found that negative environmental factors, such as the significant decreasing of humidity and increasing of temperature directly affects on all groups of soil microbial community. Bacterial and fungal microflora reduced its numbers. Only the microorganisms that are able to survive in extreme conditions, maintain their activity at low hydrothermal coefficient.

Keywords: the microbial community of soil, hydrothermal coefficient, microorganisms involved in the carbon cycle, cellulolytic microorganisms, actinobacteria, microscopic fungi, microorganisms involved in the nitrogen cycle, microorganisms decomposing, phosphorus compound, nitrogen fixing bacteria

Введение. Активность микробиологических процессов в почве зависит, прежде всего, от влажности и температуры. При стрессовых изменениях устойчивость микробного сообщества нарушается и степень его зависит от силы и длительности воздействия климатических факторов [1].

В каждом виде почв, обладающем конкретными физико-химическими свойствами, развиваются определённое количество и группы микроорганизмов и устанавливается биологическое равновесие, характерное для данных условий и сезона [2,3]. Огромное значение на жизнедеятельность микроорганизмов оказывает влажность почвы. Вода, составляющая жидкую фазу почвы, содержит в себе то или иное количество растворённых веществ. В основном из почвенного раствора растения и микроорганизмы усваивают питательные вещества [4].

Численный состав микроскопических существ почв отличается большой динамичностью. Даже за относительно короткие промежутки времени число микроорганизмов в почве может значительно меняться. Это следствие динамики температуры и влажности почвы, состояния растительного покрова и т. д.

Поэтому важно изучать влияние складывающихся погодных условий на развитие различных групп микроорганизмов.

Объекты и методы исследований. Исследования проводили в 4-х-польном севообороте с 2009 года. Почвенные образцы отбирали с глубины 0–20 см агрохимическим буром. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных лессовидных суглинках.

Численность различных эколого-трофических, таксономических и физиологических групп микроорганизмов изучали методом высева почвенной суспензии разной степени разведения на селективные питательные среды. Аммонификаторов учитывали на мясо-пептонном агаре (МПА), микроорганизмов, использующих минеральный азот – на крахмало-амиачном агаре (КАА), олигозафилов – на среде Эшби. Целлюлозолитические микроорганизмы выделяли на среде Виноградского. Автохтонную группу микроорганизмов определяли на нитритном агаре (НА), зимогенную микрофлору – расчетным методом. Численность спорных бактерий – на мясо-пептонном сусле. Количество фосфобактерий – на среде Менкиной, микромицетов – на подкисленной среде Чапека [5, 6].

Для определения температурно-влажностных условий года был использован гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову (1928), он характеризует влагообеспеченность вегетационного периода какой-либо территории. При ГТК, превышающем 1,3, увлажнение считается избыточным. Если ГТК колеблется от 1,0 до 1,3, то увлажнение определяется как достаточное. При ГТК меньше 1,0 год считается засушливым [7, 8].

Результаты и обсуждение. Наблюдения метеостанции ВНИИС им. А.Л. Мазлумова за количеством осадков и температурой воздуха показали, что в 2009 году гидротермический коэффициент за вегетационный период составил 0,82. Однако май и июнь были более влажными, чем июль и август, ГТК в мае был 0,93, в июне больше единицы. Середина вегетационного периода была засушливой, тогда как в сентябре коэффициент вновь увеличивался до 1,13.

2010 год характеризовался экстремально засушливыми условиями. Суммарный коэффициент был равен 0,52. В июне, июле и августе в связи с практически полным отсутствием осадков, сельскохозяйственные культуры испытывали сильный недостаток влаги (рис. 1).

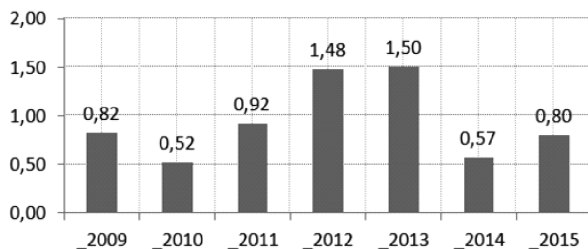


Рис. 1. Гидротермический коэффициент (2009–2015)

В 2011 году ГТК вырос на 0,4 единицы в сравнении с 2010 годом. Несмотря на высокие температуры июня, количество осадков было достаточным, поэтому гидротермический коэффициент превысил 1,5.

2012 и 2013 годы характеризовались условиями избыточного увлажнения, ГТК был равен 1,48 и 1,50 соответственно. В 2012 году большое количество осадков выпало в августе, в 2013 году – в сентябре.

ГТК за вегетационный период 2014 года составил 0,52. В 2015 году ГТК был на уровне 2009 и 2011 годов и был равен 0,80. В середине года в июне и июле складывались условия достаточного увлажнения (ГТК – 1,10 и 1,50).

С.Н. Виноградским в 1953 году была выдвинута концепция подразделения микроорганизмов на две категории – автохтонные и зимогенные. Первые являются типичными обитателями почвы и присутствуют там всегда. Развитие зимогенных микроорганизмов связано с увеличением концентрации органических веществ. Зимогенная группа микроорганизмов поставляет материалы, из которых синтезируются молекулы гумуса, а также ферменты, катализирующие синтез образующихся молекул [5]. Автохтонной (от лат. *autochthonous* – коренная, местная) обычно называют все те почвенные микроорганизмы, которые проходят в почве полный цикл развития. Представители этой группы способны обеспечить себя минимумом питательных веществ даже в самых неблагоприятных почвенных условиях. В частности, они могут использовать такое стойкое органическое соединение, как гумус, вызывая его деструкцию [9].

Соотношение численностей зимогенной и автохтонной групп микроорганизмов определяет направленность процесса гумификации. Чем больше это соотношение, тем активнее идут процессы синтеза гумусовых веществ.

Нами было отмечено, что в наиболее засушливые годы (2010 и 2014) численность автохтонной микрофлоры значительно увеличивалась в сравнении с более влажными годами (рис. 2). Например, она была выше, чем в год с оптимальными условиями увлажнения (2012), в 1,8 и 2,3 раза соответственно.

Численность зимогенной группы микроорганизмов в засушливые годы наоборот снижалась. Если в 2010 году была выявлена тенденция к снижению, то в 2014 этих микроорганизмов было на 26,0% меньше, чем в 2012 и на 38,9%, чем в 2013.

Кроме того, именно в эти два года с засушливыми условиями было отмечено самое низкое соотношение зимогенной и автохтонной групп микроорганизмов. Что может свидетельствовать о замедлении процессов образования и накопления гумусовых веществ.

Процесс распада целлюлозы представляет существенный интерес для познания процесса почвообразования. Хорошо известно, что микроор-



Рис. 2. Численность зимогенной и автохтонной микрофлоры в почве

ганизмы, разрушающие целлюлозу растительных остатков, выделяют в окружающую среду внеклеточные слизи (экзополисахариды), а также пигменты, сахара и органические кислоты. Пигменты и экзополисахариды выполняют ряд важнейших биологических и экологических функций. Они защищают клетки от высыхания, предохраняют от воздействия ультрафиолетовых лучей, являются резервным фондом клетки. Слизь участвуют в формировании структуры почвы. Отмечаются такие важнейшие экологические функции, как синтез биологически активных веществ, стимулирующих рост растений и участие сообщества целлюлозолитических бактерий с бактериями-спутниками в биологической фиксации азота атмосферы [10].

Наши исследования показали, что микроорганизмы, разрушающие целлюлозу, в засушливые годы также снижали свою численность.

В 2010 году на 15% в сравнении с предыдущим годом, в 2014 – на 26,5% относительно 2013-го (рис. 3). Наибольший всплеск численности был отмечен в 2012 году, средний показатель за весь год был 3,75 млн.

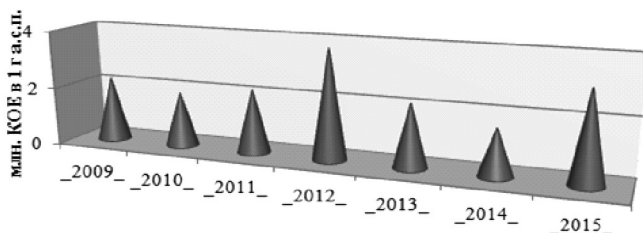


Рис. 3. Численность целлюлозолитических микроорганизмов в почве

КОЕ в 1 г а.с.п. В 2015 г. численность целлюлозолитиков восстановилась до средних статистических показателей для чернозема, что произошло за счет выпавших в апреле обильных дождей (ГТК составил 4,00).

Примерно 30% почвенной микрофлоры представлено актинобактериями. Эти микроорганизмы относительно устойчивы к недостатку влаги и широко распространены в сухих почвах, особенно в летние месяцы. Они доминируют на поздних стадиях микробной сукцессии, когда создаются условия для использования труднодоступных субстратов, таких как целлюлоза, хитин, лигнин, гумусоподобные соединения. Более активное развитие актинобактерий свидетельствует о более глубоких минерализационных процессах [10].

В результате проведенных нами исследований было отмечено, что в годы с хорошими условиями увлажнения численность актинобактерий варьировала от 1,08 до 1,32 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. (рис. 4). В 2010 и 2014 гг. количество актинобактерий в почве возросло до 2,23 и до 2,09 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. соответственно. Это может свидетельствовать о том, что в почве приостановились процессы трансформации органических веществ за счет отсутствия достаточного количества влаги для жизнедеятельности микроорганизмов.

Поэтому в микробном сообществе почвы активизировались актинобактерии, которые начали деструкцию труднорастворимых веществ. Их конкурентная способность за освоение субстрата повысилась в условиях дефицита доступной влаги для других микроорганизмов.

Систематическое изучение почвенных грибов началось с работ С. Ваксмана, его исследования показали, что почва является естественной средой обитания грибов, в ней существуют определенные, только ей присущие виды.

Почвенные грибы представляют самую крупную экологическую группу, участвующую в минерализации органических остатков растений и животных и в образовании почвенного гумуса. Мицелий грибов агрегирует почвенные частицы, структурируя почву. Многие почвенные грибы образуют темноокрашенный мицелий. Они синтезируют меланиновые (черные) пигменты. После отмирания мицелия меланины накапливаются в почве и входят в состав почвенного гумуса [11]. Микромицеты особенно чувствительны к недостатку влаги ввиду их высокой биомассы.

Численность микромицетов в более увлажненные годы была на оптимальном для чернозема уровне 60–80 тыс. КОЕ в 1 г а.с.п. В 2010 году со снижением влажности почвы и увеличением температуры воздуха она снизилась до 58,3 тыс., в 2014 до 32,7 тыс. КОЕ в 1 г а.с.п. В целом, ГТК в 2014 году был выше, чем в 2010 г., что произошло в связи с единичными ливнями, прошедшими в июле, которые, в конечном итоге, никак не пов-

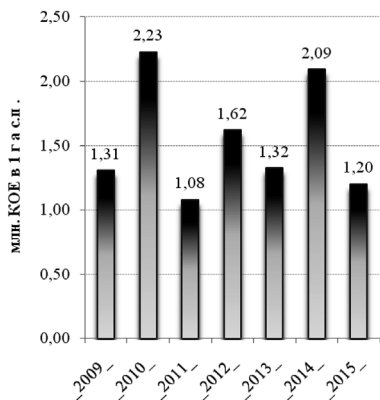


Рис. 4. Численность актинобактерий в почве

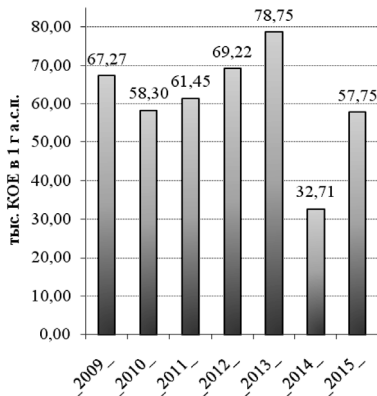


Рис. 5. Численность микромицетов в почве

лияли на условия увлажнения почвы. В 2015 году микробное сообщество не смогло полностью восстановиться: численность микромицетов составила 57,75 тыс. КОЕ в 1 г а.с.п. (рис. 5).

Из-за неблагоприятных погодных условий происходила перестройка микробного сообщества, в котором увеличилась доля бактериальных сообществ и снизилась доля грибных.

Процесс минерализации азотсодержащих органических соединений до продуктов полураспада и в конечном итоге до выделения аммиака осуществляют аммонификаторы, они выделяют в почву соответствующие ферменты, чем и обуславливают процесс аммонификации. По мере высвобождения аммиака нитрификаторы переводят его в нитратную форму, в результате чего в почвенном растворе накапливается доступный растениям азот и ликвидируется избыток аммиака, который в больших количествах может быть токсичным для живых организмов. Азот аммонийных и нитратных соединений, поглощенных микробными клетками, включается в органические полимеры и временно выводится из круговорота, так как он становится недоступным для растений. Имобилизованный азот – наиболее лабильная часть органического азота почвы. Этот азот минерализуется в почве в первую очередь и является ближайшим резервом в питании растений. Часть имобилизованного азота включается во фракции почвенного гумуса, устойчивые к разложению [3, 4, 10].

По соотношению численностей имобилизаторов азота и аммонификаторов можно косвенно судить о направленности процесса минерализа-

ции. Чем больше коэффициент, тем быстрее минерализуются органические вещества в почве до конечных продуктов – углекислого газа и воды.

В результате наших исследований было установлено, что в 2009 году условный коэффициент минерализации составил 1,29, в 2010 году при ухудшении условий увлажнения он вырос до 1,50. В 2011, 2012 и 2013 годах с увеличением влажности почвы, в ней становилось все меньше микроорганизмов, иммобилизирующих азот (рис.6). В 2014 коэффициент вновь увеличивался до 1,57, что свидетельствовало об усилении иммобилизационных процессов в почве, к 2015 году направленность процесса существенно не изменилась, коэффициент минерализации составил 1,45.

Наиболее важную роль в обогащении почвы азотом и повышении ее плодородия играют азотфиксирующие микроорганизмы. Атмосферный азот непосредственно высшим растениям недоступен, он может быть использован только после предварительного связывания его диазотрофами. Это свидетельствует о большом значении развития этих микроорганизмов в почве для процессов формирования эффективного плодородия [3].

Наши исследования показали, что численность диазотрофов в почве закономерно снижалась в годы с засушливыми условиями. Так, их количество в 2010 году оказалось самым низким за все 7 лет наблюдений – 0,70 млн. КОЕ в 1 г а.с.п., в 2014 году их было больше на 0,38 млн. КОЕ, что может быть связано с накопившейся влагой за 2011–2013 годы, которую могли использовать микроорганизмы для своего развития. После засухи 2010 и 2014 годов группа диазотрофов в почве достаточно быстро восстанавливала свою численность. Это происходило, возможно, благодаря тому, что в почву поступало свежее органическое вещество в виде остатков озимой пшеницы, сахарной свеклы или ячменя.

Фосфобактерии используют энергетические связи органических соединений фосфора. В процессе их жизнедеятельности высвобождается

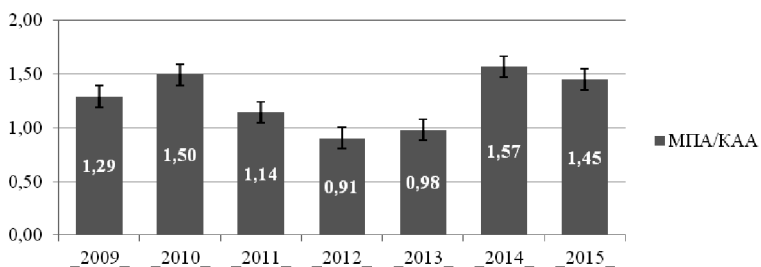


Рис. 6. Соотношение численности аммонификаторов и иммобилизаторов в почве

фосфорная кислота, которая поступая в почвенный раствор, улучшает фосфорное питание растений [4, 5].

Развитие фосфобактерий также было подвержено воздействию климатических условий. Их численность закономерно снижалась в сухие годы и активно восстанавливалась в годы с наибольшим гидротермическим коэффициентом. В 2012 и 2013 годах с ГТК 1,48 и 1,50 соответственно, количество фосфобактерий было максимальным за весь период наблюдений: 1,22 и 2,35 млн. КОЕ в 1 г а.с.п.

Заключение. Таким образом, влажность является одним из лимитирующих факторов развития микроорганизмов. Недостаточная влажность в целом неблагоприятно сказывается на микробном составе почвы, за счёт сокращения общего количества микроорганизмов. При ухудшении условий увлажнения может активизироваться процесс деструкции гумусовых веществ, что подтверждается увеличением в почве численности автохтонной микрофлоры. Также при экстремально засушливых условиях нарушается жизнедеятельность микроорганизмов, осуществляющих процесс круговорота азота и углерода. Однако при установлении оптимального уровня увлажнения и температурного режима происходит и активизация микробного сообщества почвы: практически все исследованные группы микроорганизмов восстанавливают свою численность уже на следующий год после засухи.

Список литературы

1. *Ананьева Н.Д.* Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н.Д. Ананьева. – М. : Наука, 2003. – 223 с.
2. *Безлер Н.В.* Микробные сообщества черноземов и фитотоксичность почв свекловичных севооборотов / Н.В. Безлер, Д.И. Щеглов, Е.В. Куликова, Е.А. Дворянкин // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2006. – №1. – С. 96–103.
3. *Войнова-Райкова Ж.* Микроорганизмы и плодородие / Ж. Войнова-Райкова, В. Раиков, Г. Ампова ; пер. с болг. и предисл. З.К. Благовещенской ; под. ред. И.В. Плотниковой. – М. : Агропромиздат, 1986. – 120 с.
4. *Мишустин Е.Н.* Микробиология / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. – М. : Агропромиздат, 1987. – 368 с.
5. *Шлегель Г.* Общая микробиология / Г. Шлегель. – М. : Мир, 1987. – 567 с.
6. *Теппер Е.З.* Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М. : Дрофа, 2004. – 255 с.
7. *Шашко Д.И.* Агроклиматическое районирование СССР / Д.И. Шашко. – М. : Изд-во «Колос», 1967. – 335 с.
8. Воронежская область / под ред. С. И. Костина. – Воронеж : Воронеж. обл. кн. изд-во, 1952. – Ч. 1 : Природные условия / Г. Т. Гришин, И. Н. Ежов [и др.]. – 1952. – 340 с.
9. *Руссель С.* Микроорганизмы и жизнь почвы / С. Руссель. – М.: «Колос», 1977. – 224 с.
10. *Звягинцев Д. Г.* Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М. : Изд-во Московского гос. ун-та, 2005. – 445 с.
11. *Свистова И.Д.* Микромицеты чернозема – продуценты целлюлолитических ферментов / И.Д. Свистова / – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2003. – 152 с.

УДК 631.466:631.445.4: 631.871

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
ПРИ ВНЕСЕНИИ ЕЁ
С ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИМ МИКРОМИЦЕТОМ
(*HUMICOLA FUSCOATRA* ВНИИСС 016)**

Черепухина Ирина Вячеславовна

*кандидат биологических наук, ассистент,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж,
старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт
сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
E-mail: icherepukhina@gmail.com*

Безлер Надежда Викторовна

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж,
заведующая лабораторией,
Всероссийский научно-исследовательский
институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
E-mail: bezler@list.ru*

Аннотация. Установлено, что использование аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета (*Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016) с соломой зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) в зернопаропропашном севообороте в соответствии с ротацией способствует ускорению микробиологического разложения поступившего органического вещества, что подтверждается вариацией численности некоторых групп микробного сообщества почвы.

Ключевые слова: солома зерновых культур, микробиологическая активность, зимогенная микрофлора, автохтонная микрофлора, споровые бактерии, микромицеты, актинобактерии, целлюлозолитические микроорганизмы

**MICROBIOLOGICAL TRANSFORMATION
OF STRAW CEREALS WHEN USING IT
WITH *HUMICOLA FUSCOATRA* VNIISS 016**

Cherepukhina I. V.

*candidate of biological sciences, assistant,
Voronezh State University, Voronezh,
senior researcher,
The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and sugar
E-mail: icherepukhina@gmail.com*

Bezler N. V.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh,
head of the laboratory,*

*The A.L. Mazlumov All-Russian Research Institute of Sugar Beet and sugar
E-mail: bezler@list.ru*

Abstract. It was found that the use of indigenous strain *Humicola fuscoatra* VNIISS 016 with straw crops (winter wheat and barley) in grain-crop rotation increase microbiological transformation of incoming organic matter, which is confirmed by variation in numbers of some groups of the soil microbial community.

Keywords: cereal straw, microbiological activity, microorganisms involved in the carbon cycle, spore-forming bacteria, microscopic fungi, actinobacteria, cellulolytic microorganisms.

Введение. Ещё в начале XIX века Английский химик Дейви указывал на возможность применения соломы с целью удобрения. Однако Тэрр считал этот способ нецелесообразным, так как непосредственное внесение соломы в почву может снижать урожаи последующих культур. Дальнейшие исследования многочисленных ученых по выяснению причин снижения урожаев при внесении соломы привели к выводу, что микроорганизмы, разлагающие её, поглощают растворимые соединения азота почвы и переводят их в органическую форму. Позднее этим же вопросом занимались в Англии – Н.Thorton, Е.Rayns; во Франции – G.Simon; в Германии – Н. Wicke, G. Kuhn [1, 2].

В России первые успешные опыты по использованию соломы в качестве органического удобрения были проведены в 1900 г. И.Е. Каширским. В условиях подзолистых почв при запашке 5 т/га соломы им была получена прибавка урожая зерна яровой ржи 9,7% [3,4]. Исследования были продолжены в 1906 г. А.А. Калужским, а затем Д.А. Сабининым, А.Е. Вяловским, М.Ф. Федоровым, М.Ф. Ромашкевичем. Их работы позволяют сделать вывод, что солома – это вещество, обладающее широким интервалом отношений C:N, а при внесении её в почву происходит иммобилизации азота. Поэтому при использовании соломы в качестве удобрения под культуры, не фиксирующие молекулярный азот, следует одновременно вносить по 5–7 кг минерального азота на 1 т соломы.

Кроме того, в настоящее время для ускорения ее разложения внедряются в практику альтернативные методы утилизации пожнивных остатков, предполагающие более полное вовлечение их в биологический круговорот с применением современных комплексных микробиологических препаратов. Применение таких препаратов совместно с современной аг-

ротехникой позволит реализовать почвенно-климатический потенциал агроландшафта на 60–80% (вместо существующих 20–30%), а также биологический потенциал сельскохозяйственных растений, который на сегодняшний день используется недостаточно эффективно [5].

В процессе разложения соломы наблюдается перестройка в микробном сообществе почвы, обусловленная специализацией функций микроорганизмов. В первую очередь разлагаются наиболее доступные компоненты соломы, а именно: пентозаны, простые сахара, белки. Вслед за разложением пектиновых веществ начинается интенсивное разложение клетчатки и близких к ней соединений, при этом развивается типичная целлюлозоразрушающая микрофлора. На поздних стадиях разложения соломы отмечается активизация специфичной микрофлоры, участвующей в процессе разложения гумусовых веществ.

Объекты и методы исследований. Во Всероссийском научно-исследовательском институте сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова в лаборатории эколого-микробиологических исследований почвы из чернозема выщелоченного был выделен штамм целлюлозолитического микромицета *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016, обладающий высокой активностью. Лабораторные и полевые исследования показали, что его использование приводит к ускорению разложения соломы на 50 % [6].

В 2011 году на новом опытном поле ВНИИСС был заложен многолетний полевой опыт с запашкой соломы озимой пшеницы и ячменя в паровом звене зернопаропропашного севооборота (пар – озимая пшеница – сахарная свёкла – ячмень). Почва опытного участка – чернозём выщелоченный малогумусный среднесиловый тяжелосуглинистый.

Общая площадь полевого опыта составила 1209,6 м², площадь делянки – 75,6 м². Повторность опыта – четырехкратная. Норма внесения соломы – 4–5 т/га (при оставлении соломы в поле после уборки зерновых культур из расчета ее средней урожайности), азотного удобрения – 40 кг д.в. на гектар, питательной добавки (ПК) – 200 л/га (1:1000). Целлюлозолитический микромицет вносили на делянки в виде инокулюма. Почвенные образцы отбирали в посевах сахарной свеклы в динамике (май, июль, сентябрь) с глубины 0–15 и 15–30 см. В них был проведен учет численности микроорганизмов различных физиологических, таксономических и эколого-трофических групп методом посева почвенной суспензии разной степени разведения на селективные питательные среды [7, 8].

Результаты и обсуждение. Развитие зимогенных микроорганизмов связано с увеличением концентрации органических веществ. Зимогенная группа микроорганизмов поставляет материалы, из которых синтезируются молекулы гумуса, а также ферменты, катализирующие этот процесс [7, 8, 9].

Автохтонные микроорганизмы являются типичными обитателями почвы и присутствуют там всегда, они активизируют деструкцию гумуса [8].

Соотношение зимогенной и автохтонной микрофлоры дает представление о направленности процесса трансформации гумусовых веществ в сторону их синтеза либо распада. В ходе проведенных исследований было установлено, что это соотношение в целом было значительно выше в слое 0–15 см, а значит, здесь активнее развивалась зимогенная группа микроорганизмов, отвечающая за синтез гумуса (рис. 1).

При внесении в почву с соломой зерновых культур целлюлозолитического микромицета (штамм *Humicola fuscoatra* штамм ВНИИСС 016) значение этого соотношения в середине вегетационного периода было наибольшим – 4,29, в контрольном варианте – 3,94. В слое почвы 15–30 см это соотношение было ниже, чем в верхнем слое, а контроле оно составило 2,28.

При запашке одной соломы и соломы с азотом в почве наблюдалось увеличение соотношения зимогенной и автохтонной микрофлоры. Это связано с накоплением свежих органических веществ для зимогенной микрофлоры и, соответственно, некоторой задержкой разложения соломы без дополнительных компонентов. При использовании соломы с *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 свежее органическое вещество внесенной соломы уже прошло стадию активного разложения к весне и, возможно, трансформировалось в более сложные соединения, поэтому и соотношение зимогенной и автохтонной микрофлоры в этом варианте осталось на уровне контроля.

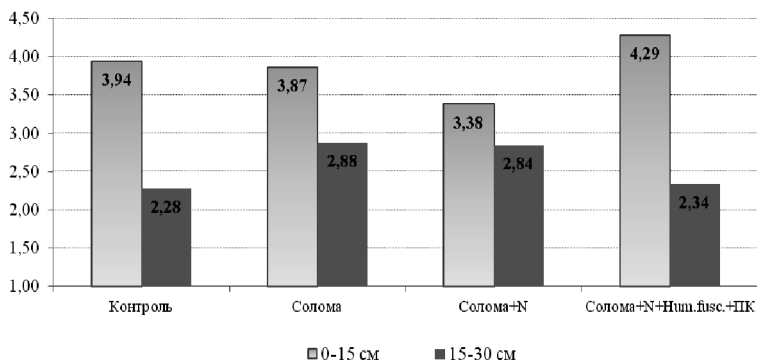


Рис. 1. Соотношение численностей зимогенной и автохтонной микрофлоры в почве

Микромицеты в почве разрушают труднорастворимые органические вещества, но часть из них могут быть фитопатогенами [10]. Грибы начинают разрушение таких стойких соединений как гумус, лигнин, хитин, дубильные вещества, клетчатка, делая возможным дальнейшее их использование другими организмами. Поэтому важно установить динамику их численности при запарке соломы зерновых культур и других компонентов.

В результате проведенных исследований установлено, что в слое 0–15 см численность микромицетов в мае составила 54,3 тыс. КОЕ в 1 г а.с.п., в июле и сентябре при снижении влажности и увеличении температуры воздуха (ГТК 0,68 и 0,53) количество мицелиальных микроорганизмов снизилось на 23,2 и 17,2 тыс. КОЕ соответственно (рис. 2).

При запарке соломы микромицеты в мае и июле практически не изменили свою численность, а в сентябре их число возросло в 1,7 раза относительно контроля. Внесение с соломой азотного удобрения привело к активизации жизнедеятельности микромицетов в начале вегетационного периода, более резкому снижению их количества в июле. В сентябре их численность была на уровне запарки одной соломы – 66,3 тыс. КОЕ. Дополнительное внесение с соломой зерновых культур штамма микромицета *Humicola fuscoatra* способствовало росту числа микроорганизмов, разрушающих сложные органические соединения в мае: на 44,8% в сравнении с контролем. В июле, как и по всем вариантам опыта, погодные условия сказались на снижении численности группы микроскопических грибов. В сентябре в связи с тем, что органическое вещество соломы разлагалось быстрее, мицелиальные формы микроорганизмов

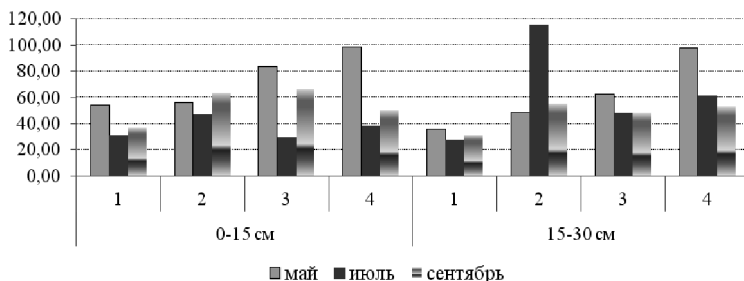


Рис. 2. Численность микромицетов в агроценозе сахарной свёклы (тыс. КОЕ).

1 – Контроль, 2 – Солома, 3 – Солома+N,
 4 – Солома+N+Humicola fuscoatra ВНИИСС 016+ПК
 $HCP_{05} (0-15 \text{ см}) = 19,63$, $HCP_{05} (15-30 \text{ см}) = 16,47$

развивались не так активно, как в начале вегетационного периода, когда было достаточно органического вещества для их питания.

В слое 15–30 см с мая по сентябрь численность микромицетов существенно не изменялась и колебалась в пределах 27,6–36,4 тыс. КОЕ в 1 г а.с.п. При деструкции соломы в почву могут выделяться токсичные вещества. Микромицеты, расширив видовой состав за счёт фитопатогенных форм, в июле значительно увеличили свою численность до 115,6 тыс. КОЕ, в сентябре этот показатель уменьшился в 2,1 раза. При использовании соломы с дополнительным внесением азота количество микромицетов в течение всего периода наблюдений не менялось. Запашка соломы с дополнительными компонентами (N+*Humicola fuscoatra*+питательная добавка) как и в слое 0–15 см увеличила численность микромицетов в почве на 63,2% относительно контроля, на 50,8% относительно внесения одной соломы и на 35,9% – соломы с азотным удобрением. К концу вегетационного периода число микроскопических грибов закономерно снижалось.

Об активизации процесса трансформации поступившего в почву свежего органического вещества и наиболее полного его разложения можно судить по числу споровых бацилл [3,11], их численность сильно варьировала по сезонам.

В мае была отмечена тенденция увлечения числа споровых при использовании соломы с целлюлозолитическим микромицетом относительно контроля (рис. 3). В июле такой закономерности выявлено не было. В сентябре при наличии благоприятных погодных условий (в третьей декаде сентября 2016 года выпало 37,2 мм осадков, а температура снизилась до 9,3°C), количество споровых резко увеличилось в сравнении с

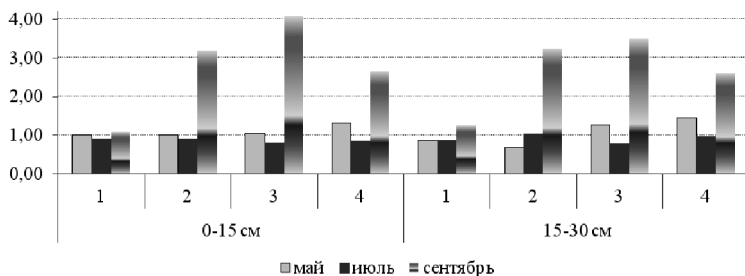


Рис. 3. Численность споровых бактерий в почве под сахарной свёклой (млн. КОЕ).

1 – Контроль, 2 – Солома, 3 – Солома+N,
 4 – Солома+N+Humicola fuscoatra ВНИИСС 016+ПК
 $HCP_{05}(0-15\text{ см}) = 3,05$, $HCP_{05}(15-30\text{ см}) = 1,58$

предыдущими сроками наблюдений, но численность их была выше в вариантах, где только начиналось разрушение органики, поступившей в почву с соломой. Достоверное увеличение численности споровых отмечено в слое 15–30 см при запашке одной соломы и соломы с азотным удобрением – на 2,0 и 2,3 млн. КОЕ в 1 г а.с.п.

Таким образом, можно предположить, что увеличение численности споровых, отвечающих за деструкцию свежей органики, в более ранние сроки при использовании штамма целлюлозолитического микромицета может свидетельствовать о его положительном влиянии на ускорение трансформации соломы.

Примерно 30% почвенной микрофлоры представлено актинобактериями. Они доминируют на поздних стадиях микробной сукцессии, когда создаются условия для использования труднодоступных субстратов, таких как целлюлоза, хитин, лигнин, гумусоподобные соединения [12, 13].

Анализ доли влияния факторов показал, что действие каждого фактора в отдельности как на глубине 0–15, так и на глубине 15–30 см, незначительно (рис. 4). Их взаимодействие проявляется сильнее: на глубине 0–15 см основными факторами являются год и сезон наблюдения, в то время как на глубине 15–30 см влияние варианта опыта выходит на первый план (Фактор С – 11%, АС и ВС – 22%).

Так, в слое 0–15 см в контроле их количество достаточно резко снижалось от мая к июлю со стабилизацией к сентябрю: 2,26; 1,26; 1,36 млн. КОЕ в 1 г а.с.п., что вполне закономерно связано с изменениями температурных условий и влажности почвы (рис. 5).

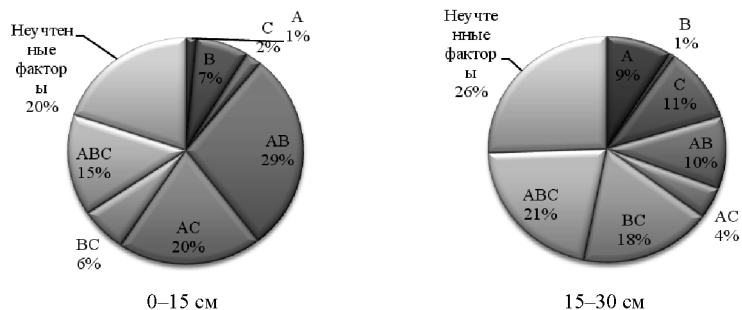


Рис. 4. Анализ влияния факторов на численность актинобактерий в почве.

Фактор А – год проведения исследований,
Фактор В – срок отбора почвенных образцов,
Фактор С – вариант исследования

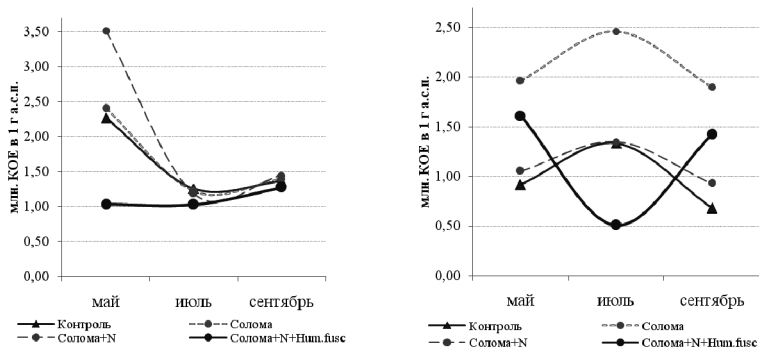


Рис. 5. Численность актинобактерий в агроэкологии сахарной свёклы.

$HCP_{05} (0-15 \text{ см}) = 1,82$, $HCP_{05} (15-30 \text{ см}) = 1,49$

Запашка соломы не привела к достоверным изменениям численности актинобактерий. А при использовании соломы с азотным удобрением в мае отмечено увеличение количества актинобактерий – в 1,5 раза относительно контроля. При запашке соломы с целлюлозолитическим микромицетом отмечена самая низкая активность развития актиномицетов, что возможно связано с сокращением содержания в почве труднорастворимых соединений.

На глубине 15–30 см наибольшая численность актинобактерий была выявлена при внесении одной соломы, максимальное значение отмечено в июле: 2,46 млн. КОЕ. Меньшее число актинобактерий в почве отмечено при запашке соломы с дополнительными компонентами. Это может быть связано с тем, что солома ячменя разложилась за три года после ее запашки, а с соломой озимой пшеницы, которая была внесена только осенью, в почву поступило большое количество свежего органического вещества, в разложении которого участвуют другие группы микроорганизмов.

Процесс распада целлюлозы представляет существенный интерес для познания процесса почвообразования. Хорошо известно, что микроорганизмы, разрушающие целлюлозу растительных остатков, выделяют в окружающую среду внеклеточные слизи (экзополисахариды), а также пигменты, сахара и органические кислоты которые защищают клетки от высыхания, предохраняют от воздействия ультрафиолетовых лучей, являются резервным фондом клетки, а также участвуют в формировании структуры почвы [11].

Исследование численности целлюлозолитических микроорганизмов в течение трех лет показало следующую динамику. В слое почвы 0–15 см

в мае количество их по вариантам не менялось, в середине вегетационного периода оно увеличилось в 1,7 раза в контроле, в 1,4 раза при внесении соломы, в 1,2 раза при использовании соломы с азотом и в 1,9 раза при запарке соломы с целлюлозолитическим микромицетом (рис. 6).

В сентябре рост численности целлюлозоразрушающей микрофлоры продолжился до 2,86 млн. КОЕ в контроле, однако внесение соломы в различных вариантах способствовало еще большему увеличению их числа: при использовании соломы+N – на 24,5%, соломы+N+*Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 – на 32,4%.

В слое 15–30 см в контроле количество целлюлозолитиков варьировало от 1,25 до 2,51 млн. КОЕ в 1 г а.с.п. с мая по сентябрь, наибольшие показатели были отмечены в июле. Внесение соломы увеличило их численность в мае, осталось на том же уровне в июле и выросло на 1,23 млн. КОЕ в сентябре. Использование соломы с N способствовало увеличению численности целлюлозолитиков к концу вегетационного периода – от 0,83 в мае до 4,43 млн. КОЕ в сентябре. Это может быть связано с тем, что солома ячменя, которая была внесена в почву в осенний период прошлого года, только в сентябре подверглась трансформации. При внесении в почву соломы с целлюлозолитическим микромицетом и дополнительными компонентами наблюдалось снижение численности исследуемой группы микроорганизмов. Возможно, они перешли в состояние покоя в результате того, что органическое вещество соломы двух видов зерновых культур к сентябрю уже достаточно трансформировалось, а в почве начали накапливаться углеродные соединения, которые затем переходили в гумусовые вещества.

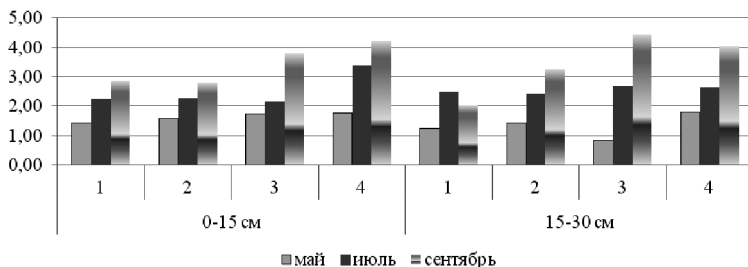


Рис. 6. Динамика численности целлюлозолитических микроорганизмов в агроценозе сахарной свёклы (млн. КОЕ).
 1 – Контроль, 2 – Солома, 3 – Солома+N,
 4 – Солома+N+*Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016+ПК
 HCP_{05} (0–15 см) = 2,87, HCP_{05} (15–30 см) = 2,99

Таким образом, было установлено, что при внесении в почву соломы озимой пшеницы и ячменя в соответствии с ротацией зернопаропропашного севооборота происходит последовательная смена состава микробного сообщества почвы.

Список литературы

1. Кольбе Г. Солома как удобрение / Г. Кольбе, Г. Штумпе. – М. : «Колос», 1972. – 88с.
2. Щербаков А.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А.П. Щербаков, И.Д. Рудай. – М. : Колос, 1983. – 189 с.
3. Мишустин Е.Н. Использование соломы в качестве удобрения / Е.Н. Мишустин. – Почвоведение. – 1971. – № 8. – С. 49–54.
4. Зезюков Н.И. Сохранение и повышение плодородия черноземов / Н.И. Зезюков, В.Е. Острцов. – Воронеж : Центрально-Черноземное книжное изд-во. – 1999. – 312 с.
5. Годунов И.Б. Использование соломы в качестве удобрения / И.Б. Годунов, А.Д. Дубовик, Т.П. Мотузок. – Воронеж, 1981. – 18 с.
6. Колесникова М.В. Формирование плодородия чернозема выщелоченного при интродукции аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета и дополнительных компонентов при запашке соломы озимой пшеницы / М.В. Колесникова, Н.В. Безлер, Б.Л. Агапов // Агрохимия. – 2014. – № 8. – С. 17–25.
7. Безлер Н.В. Использование соломы озимой пшеницы в качестве удобрения / Н.В. Безлер, М.В. Колесникова // Сахарная свекла. – 2009. – № 7. – С. 20–26.
8. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.И. Певверзева. – М. : Дрофа, 2004. – 255 с.
9. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д.Г. Звягинцев, И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Т.Г. Мирчинк. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 224 с.
10. Емцев В.Т. Влияние соломы на микробиологические процессы в почве при ее использовании в качестве органического удобрения / В.Т. Емцев, Л.К. Ницэ // Использование соломы как органического удобрения. – М. : Наука, 1980. – С. 70–99.
11. Лобков В.Т. Почвоутомление при выращивании полевых культур / В.Т. Лобков. – М. : Колос, 1994. – 112 с.
12. Звягинцев Д.Г. Биология почв / Д.Г. Звягинцев, И.П. Бабьева, Г.М. Зенова – М. : МГУ, 2005. – 445 с.
13. Мурзаков Б.Г. Действие фракций перегнойных соединений на почвенную микрофлору / Б.Г. Мурзаков, А.М. Семенов, А.В. Горчакова, Г.А. Ермекаева // Микробиология. – 1990. – Т. 59. – Вып. 1. – С. 90–95.
14. Муромцев Г.С. Агрономическая микробиология / Г.С. Муромцев. – Ленинград: «Колос», Ленинградское отделение, 1976. – 232 с.

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ:
ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ,
МОНИТОРИНГ И ОХРАНА**

УДК 550.424.6

**АТМОСФЕРНАЯ МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ
И ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ОБЛИКА
ЧЕРНОЗЕМОВ НИЖНЕГО ДОНА**

Алексеевко Владимир Алексеевич

*доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова,
г. Новороссийск*

E-mail: vl.al.alekseenko@gmail.com

Швыдкая Наталья Владимировна

*кандидат биологических наук, доцент,
Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
г. Краснодар*

E-mail: nerpeta@mail.ru

Аннотация. Рассматривается изменение геохимического облика черноземов Нижнего Дона в результате эоловой деятельности.

Ключевые слова: металлы, атомная масса, вынос легких частиц, повышение концентраций.

**ATMOSPHERIC MIGRATION OF SUBSTANCES
AND THE CHANGE OF GEOCHEMICAL APPEARANCE
OF CHERNOZEMS OF THE LOWER DON**

Alekseenko V. A.

*doctor of geological and mineralogical sciences, professor,
Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossisk*

E-mail: vl.al.alekseenko@gmail.com

Shvydkaya N. V.

*candidate of biological sciences,
Kuban State Agrarian University, Krasnodar
E-mail: nepeta@mail.ru*

Abstract. We consider the change in appearance of the geochemical chernozems Lower Don as a result of aeolian activity.

Keywords: metals, atomic weight, removal of the light particles, increasing concentrations.

Введение. По условиям проявления эоловой деятельности территорию Нижнего Дона условно можно разделить на две части: 1. северную, практически не подверженную воздушной эрозии и 2. южную – с довольно хорошо проявляющейся воздушной эрозией почв. Результатом эоловой деятельности является выдувание наиболее легких частиц почв, не связанных с тяжелыми металлами. При этом происходит обогащение почв частицами, сорбировавшими металлы, и, как следствие, увеличение содержания этих металлов в верхнем почвенном горизонте. Выдуванию легких частиц способствуют ежегодные перепашивания и большие площади, занятые только пашнями [1].

Результаты и обсуждение. Рассмотренное обогащение почв за счет выдувания мелких частиц во многом определяется рельефом. На юге европейской части России такое обогащение, охватывая большие территории (рис. 1), резко преобладает в верхних частях поднятий — в элювиальных и трансэлювиальных ландшафтах (табл. 1).

Кроме Pb и Ni, за счет воздушной эрозии в почвах региона существенно возросла концентрация Cu, Zn, Cr, Mn. Если учесть, что в рассматриваемом случае площадь, подверженная воздушной эрозии, составляет около 40 000 км², то получится, что в ее пределах накопилось, (т):

Таблица 1

Обогащение металлами верхнего 30-сантиметрового слоя почв элювиальных и трансэлювиальных ландшафтов пашен, подверженных воздушной эрозии, в сравнении с неподверженными (Ростовская область)

Ландшафт	Число наблюдений	Металл	Изменение фоновой концентрации, $n \cdot 10^{-3}\%$	Увеличение содержания т/км ²
Элювиальный	201	Pb	От 1,3 до 2,6	7,8
Трансэлювиальный	828		От 1,4 до 2	3,6
Элювиальный	201	Ni	От 3,9 до 4,9	6
Трансэлювиальный	828		От 4,2 до 4,6	2,4

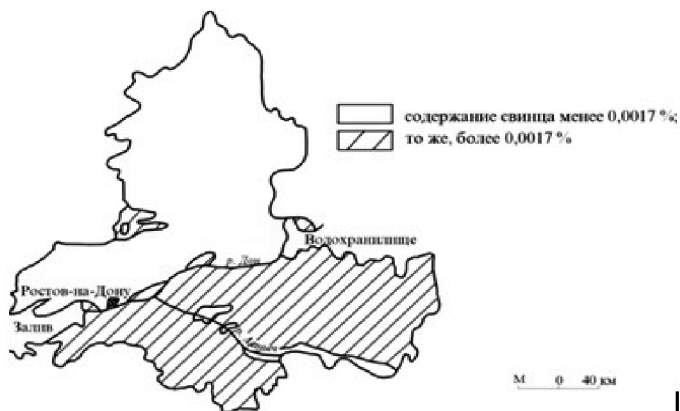


Рис. 1. Увеличение концентрации свинца в почвах сельскохозяйственных ландшафтов юга Ростовской области, подверженных воздушной эрозии.

1 – содержание свинца менее $1,7 \cdot 10^{-3}$ %;

2 – содержание свинца более $1,7 \cdot 10^{-3}$ %

Cu – около 72 000, Ni – 84 000, Zn – столько же, Pb – 96 000, Cr – 264 000, Mn – 872 000.

В зонах обогащения почв тяжелыми металлами за счет рассматриваемой воздушной эрозии металлы накапливаются лишь в верхнем, пахотном горизонте мощностью до 30 см. Это убедительно доказано многочисленными анализами почв из керна скважин и шурфов (рис. 2).

Влияние геоморфологических особенностей на распределение химических элементов в почвах сельскохозяйственных ландшафтов имеет большое значение и при аэрозольном выносе, и при его отсутствии. Сначала рассмотрим, как изменяется концентрация ряда металлов в почвах сопряженных ландшафтов (от водораздельных – элювиальных до ландшафтов подножий – трансаккумулятивных) в случае воздушной эрозии (табл. 2).

Как видно из таблицы, во-первых, в почвах элювиальных ландшафтов (где в наибольшей мере проявилось выдувание почв) содержание тяжелых металлов наибольшее; во-вторых, наблюдается тенденция к накоплению более тяжелых элементов, т.е. чем выше атомная масса элементов, тем они труднее выдуваются, а, следовательно, накапливаются в относительно больших количествах. При практическом отсутствии воздушной эрозии наиболее тяжелые частицы постепенно опускаются вниз

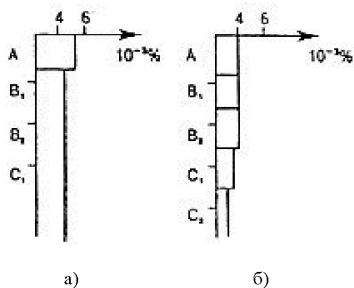


Рис. 2. Обогащение верхнего горизонта почв медью в сельскохозяйственных ландшафтах южных районов (а) Ростовской области, подверженных воздушной эрозии, в сравнении с таковыми северных районов (б), не подверженных воздушной эрозии. А, В₁, В₂, С₁, С₂ – опробованные горизонты вертикальных почвенных горизонтов

Таблица 2

Изменение фонового содержания, п-10–3% по массе, ряда металлов в почвах сопряженных сельскохозяйственных ландшафтов, подверженных воздушной эрозии

Ландшафт	Число проб	Химический элемент (атомная масса)				
		Pb (207)	Zn (65,3)	Cu (63,5)	Ni (58,7)	Mn (54,9)
Элювиальный	196	2,6	6,0	5,0	4,9	67,9
Трансэлювиальный	241	2,0	5,3	4,8	4,6	61,4
Трансаккумулятивный	77	1,8	4,9	4,5	4,6	56,7
Относительное увеличение концентраций металлов на водоразделе, %		144	122	111	106	109

как по профилю почв (это хорошо видно из рис. 2), так и по склону в сопряженных ландшафтах (табл. 3).

В последнем случае выявляется тенденция к накоплению в значительных концентрациях элементов с большей атомной массой у подножия склонов. Это соответствует рассмотренной схеме миграции металлов в почвах сельскохозяйственных ландшафтов, не подверженных воздушной эрозии.

Изменения концентрации в верхнем почвенном горизонте ряда тяжелых металлов стали настолько значимы, что без их учета невозможно рациональное использование земель.

Изменение фонового содержания, $n \cdot 10^{-3}$ % по массе, ряда металлов в почвах сопряженных сельскохозяйственных ландшафтов, не подверженных воздушной эрозии

Ландшафт	Число проб	Химические элементы с разной атомной массой				
		Pb (207)	Zn (65,3)	Cu (63,5)	Ni (58,7)	Mn (54,9)
Элювиальный	66	1,3	4,9	4,0	3,9	55,9
Трансэлювиальный	396	1,4	4,8	4,2	4,0	55,8
Трансаккумулятивный	77	1,8	4,9	4,5	4,3	56,7
Относительное увеличение концентраций металлов у подножия склонов, %		138	102	112	110	101

Список литературы

1. *Алексеев В.А.* Металлы в окружающей среде / В.А. Алексеев А.В. Суворин, А.Б. Бофанова // Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области : учебное пособие. – М. : Логос, 2002. – 312 с.

УДК 631.4

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ
ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Верховец Ирина Алексеевна

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл

E-mail: iverkhovets@mail.ru

Красников Дмитрий Валерьевич

аспирант,

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл

E-mail: irbis1990.ygr@yandex.ru

Красников Максим Валерьевич

магистрант,

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орёл

E-mail: max151994k@yandex.ru

Аннотация. Оценка земель в настоящее время занимает одну из ведущих тем. Сейчас многие ценные земли находятся на грани уничтожения или в критическом состоянии. Для того, чтобы изменить эту ситуацию, необходим контроль, в виде установления цен на пользование данным участком земли.

Ключевые слова: почва, плодородие, бонитировка почв, экономическая оценка земель, Орловская область, район, рыночные отношения, стоимость.

ECONOMIC ASSESSMENT OF SOIL OREL REGION

Verhovec I. A.

*candidate of agricultural sciences, associate professor,
Orel state University the name of I. S. Turgenev, Orel
E-mail: iverkhovets@mail.ru*

Krasnikov D. V.

*graduate student,
Orel state University the name of I. S. Turgenev, Orel
E-mail: irbis1990.ygr@yandex.ru*

Krasnikov M. V.

*undergraduate, Orel state University the name of I. S. Turgenev, Orel
E-mail: max151994k@yandex.ru*

Abstract. Evaluation of land currently occupies one of the leading themes. Now many valuable lands are on the brink of destruction, many in critical condition. In order to change this situation, it is necessary to control, in the form of pricing the use of the land.

Keywords: soil, fertility, soil appraisal, economic valuation of land, Orlovskaya oblast, district, market relations, cost.

Основным направлением для устойчивого развития агропромышленного комплекса Российской Федерации является сохранение плодородия почв. В условиях развития рыночных отношений в области землепользования неизбежно возникает вопрос оценки состояния почвенного покрова. При оценке, плодородие почвы рассматривается не только как источник питания растений, но и с точки зрения сохранения экологических функций ландшафта [2].

Основная задача экономической оценки земель – обеспечить данные о почве, как основного средства производства и оценки производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий [1]. Бонитировка почв является логическим завершением почвенных обследований, которые являются обобщающим этапом в познании агропроизводственных особенностей почв и определении задач перед другими агрономическими науками.

Целью исследования являлось проведение экономической оценки почвенного покрова Орловской области. Для достижения этой цели мы:

1. Рассчитали экономическую стоимость земель Орловской области.
2. Провели расчет земельного налога для муниципальных районов Орловской области.

3. Рассчитали рыночную стоимость земель методом остатка.

В качестве объекта исследования был выбран почвенный покров Орловской области и использовались следующие методы [4]:

– Расчет почвенно-экологического индекса ($ПЭ_n$) методом Л.Л. Шишова.

– ГОСТ 17.4.4.03-86. Определение почвенно-экологической оценки.

– Федеральный стандарт оценки №7 «Оценка недвижимости».

Исследования проводились в районах, имеющих различные типы почвенных покровов, путем взятия из толщи горизонта почвенных образцов. Используя приведенные выше методики, были выяснены основные качественные и количественные характеристики каждого почвенного вида. Используя полученные данные были выделены основные принципиальные различия почв, а так же выяснена зависимость кадастровой [3], рыночной стоимости земель и земельного налога от качественных, количественных особенностей почв, а так же территории их расположения в разных районах Орловской области.

В результате почвенного обследования территории Орловской области был проведен качественный анализ, по итогам которого рассчитали почвенно-экологический индекс (ПЭи). Из таблицы 1 можно увидеть, что наивысший ПЭи имеют Малоархангельский, Краснозорецкий и Корсаковский районы, а наименьший – Шаблыкинский. Такое различие связано с количеством содержания в почве K_2O и гумуса. В Шаблыкинском районе эти показатели составляют 8 мг/100 г и 3,2% почвы соответственно, а по области K_2O – 10,7 мг/100 г и гумус – 5,03%.

Так же, согласно результатам кадастровой оценки земельных участков, была рассчитана сумма земельного налога для районов Орловской области. Из таблицы 1 можно заметить, что самый низкий земельный налог имеют Дмитровский и Урицкий районы и составляют 279,2 руб./га и 287,8 руб./га, а самой высокой суммой земельного налога обладает Должанский район – 5401,6 руб./га. Такое различие обусловлено качественными характеристиками почвенных покровов и особенностями инфраструктуры данных районов.

Так же, на основе почвенно-экологического индекса, нами была рассчитана рыночная стоимость пахотных земель с учетом климатических, агрохимических и агроэкологических показателей. Из полученных данных, приведенных в таблице 1, можно увидеть, что наибольшую рыночную стоимость пахотных земель имеют Колпнянский – 4140168 руб./га и Должанский – 4257122,4 руб./га районы. В свою очередь, самая низкая рыночная стоимость пахотных земель обнаружена в Дмитровском районе и составляет 82247,4 руб./га.

Таблица 1

**Результаты оценки земель Орловской области
по основным экономическим показателям**

Название района	ПЭи	Сумма земельного налога, руб./га	Рыночная стоимость земель пахотных, руб./га
Шаблыкинский	39,8	279,2	82247,4
Болховский	43,4	287,8	136761,8
Дмитровский	43,9	307,8	161872,2
Сосковский	44,1	308,7	166395,6
Троснянский	47,2	314,3	167433,6
Мценский	48,8	330,0	175300,6
Орловский	49,6	337,2	178396,7
Урицкий	50,9	337,8	196506,0
Кромский	50,9	364,3	233362,0
Знаменский	53,0	374,2	268936,7
Хотынецкий	53,9	404,9	298994,0
Глазуновский	62,4	2341,5	1756645,7
Залегощенский	64,2	2520,9	1808455,0
Свердловский	64,7	2822,9	2388232,6
Новосильский	65,4	3062,0	2604030,0
Верховский	67,9	3150,0	2679931,8
Корсаковский	69,6	3301,2	2903733,9
Краснозоренский	70,8	3312,1	2919493,8
Малоархангельский	71,7	3721,8	3292188,3
Покровский	72,6	3902,1	3453629,4
Новодеревеньковский	73,1	4502,1	3837475,2
Колпнянский	73,5	5192,2	3920888,2
Должанский	75,7	5251,0	4140168,0
Ливенский	77,0	5401,6	4257122,4
В среднем по области	59,7	2172	1751175,04

Таким образом, согласно полученным результатам экспериментального исследования можно сделать следующие выводы:

1. Балл бонитета по муниципальным районам Орловской области зависит от качественных характеристик почвенного покрова данных районов.

2. Сумма земельных налогов районов Орловской области напрямую зависит от особенностей инфраструктуры районов Орловской области, а также качественных и количественных характеристик почв.

3. Самая высокая рыночная стоимость земель в Должанском и Ливенском и составляет 4140168 руб./га и 4257122.4 руб./га соответственно.

4. Рыночная стоимость земель Орловской области обусловлена, ставкой и суммой земельного налога, уровнем спроса на землю, а также климатическими, агрохимическими и агроэкологическими характеристиками земель районов.

Список литературы

1. *Борук А.Я.* Бонитировка и экономическая оценка земель / А.Я. Борук. – М. : Колос, 1972. – 192 с.
2. *Карманов И.И.* Бонитировка почв на основе почвенно-экологических показателей / И.И. Карманов, Т. А. Фриев. – М. : Почвоведение, 1982. – С. 12–21.
3. *Семенов В.А.* Качественная оценка сельскохозяйственных земель / В.А. Семенов. – М. : Колос, 1970. – 159 с.
4. *Чешев А.С.* Земельный кадастр : учебник для вузов / А.С. Чешев. – М. : ПРИОР, 2000. – 368 с.

УДК 631.416.9 + 631.438.2

ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И РАДИОНУКЛИДЫ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЗАПОВЕДНОЙ ЗОНЫ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Гончарова Людмила Юрьевна

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: goncharova_1958@mail.ru*

Барахов Анатолий Вадимович

*магистр,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: tolik.barakhov@mail.ru*

Аннотация. Работа посвящена изучению техногенного загрязнения чернозема обыкновенного в особо охраняемой природной территории Ростова-на-Дону. Изучено профильное распределение валовых, подвижных форм тяжелых металлов и радионуклидов в черноземе обыкновенном.

Ключевые слова: чернозем, тяжелые металлы, искусственные и естественные радионуклиды, почвенный профиль

**HEAVY METALS AND RADIONUCLIDES
IN ORDINARY CHERNOZEM SOIL OF THE PROTECTED ZONE
OF THE BOTANICAL GARDEN
OF SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY**

Goncharova L. Y.

*candidate of agricultural sciences, associate professor,
Southern Federal University, Rostov-on-don
E-mail: goncharova_1958@mail.ru*

Barakhov A. V.

*Master, Southern Federal University, Rostov-on-don
E-mail: tolik.barakhov@mail.ru*

Abstract. The work is devoted to studying of technogenic contamination of ordinary Chernozem in a protected natural territory of Rostov-on-don. Studied the profile distribution of gross, the mobile forms of heavy metals and radionuclides in the ordinary Chernozem.

Keywords: black soil, heavy metals, artificial and natural radionuclides, the soil profile.

Введение. Ботанический сад – уникальный памятник природы, который находится в черте огромного мегаполиса – интересен тем, что здесь произрастает свыше 5000 видов деревьев, кустарников и травянистых растений. В 2006 году Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов администрации Ростовской области включил Ботанический сад в перечень особо охраняемых природных территорий (Постановление №418 от 19.10.2006). В настоящее время Ботанический сад занимает площадь 160 га с разнообразным рельефом, почвами, растительностью.

В связи с тем, что территория БС ЮФУ испытывает увеличивающуюся год от года антропогенную нагрузку, то изучение загрязнения чернозема обыкновенного тяжелыми металлами и радионуклидами, является весьма актуальным.

Объект и методы исследования. В работе использовались полевые и лабораторные методы исследования. Для определения валовых форм ТМ использовался метод рентгенфлуоресцентного анализа на Спектроскане Макс GV. Подвижные формы ТМ определяли методом экстракции из почвы ацетатно-аммонийным буфером (ААБ) с последующим их определением атомно-абсорбционным методом [2]. Радионуклидный состав проб почвы определяли на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Прогресс-гамма», методики отбора и подготовки проб применялись стандартные, геометрии счетного образца Маринелли 1 литр, Маринел-

ли 1/2 литра, Чашка Петри. Время набора проб не превышало 24 часа для различных геометрий счетного образца [3].

Нами изучалось распределение валовых форм тяжелых металлов по почвенному профилю чернозема обыкновенного. Для этого был заложен почвенный разрез и отобраны образцы по генетическим горизонтам (табл. 1).

Результаты и обсуждение. По всем изучаемым металлам наблюдается некоторое увеличение их содержания в средней части профиля – горизонт А и АВ – что объясняется увеличением содержания физической глины в горизонте А и АВ.

В верхних горизонтах – A_d и А – превышения ПДК по всем элементам, кроме Pb, не отмечено. По Pb превышение ПДК составляет в 1,1 – 1,25 раза.

Нами отмечено повышенное валовое содержание Cu, Pb, Sr в гор. С, что объясняется, по всей видимости, высоким содержанием этих элементов в материнской породе.

В этом же почвенном разрезе были определены подвижные формы тяжелых металлов (табл. 2).

Тяжелые металлы в черноземе обыкновенном представлены, в основном, валовыми формами, так как подвижные их формы составляют менее 1%. Это свидетельствует о закреплении основной массы поступа-

Таблица 1

Общее (валовое) содержание тяжелых металлов в почвенном профиле чернозема обыкновенного БС ЮФУ (мг/кг)

	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Co	Sr	Pb
A_d 0–8	93,2	53,5	49,5	45,0	88,3	12,2	141,0	40,0
А 8–34	95,2	62,9	52,1	46,0	87,9	14,0	140,4	34,7
АВ 34–51	99,3	58,1	52,1	51,6	78,7	18,2	155,7	28,3
В1 51–71	94,1	54,1	51,3	54,5	59,8	19,3	158,8	22,8
В2 71–100	90,5	47,4	46,6	44,1	69,8	11,9	182,7	21,0
ВС 100–147	93,7	56,0	47,0	60,0	74,1	23,0	245,5	31,1
С 147–дно	92,6	50,5	49,2	60,0	75,7	18,4	234,2	35,8
ПДК	150,0	90,0	85,0	55,0	100,0	–	–	32,0

Таблица 2

Подвижные формы тяжелых металлов в черноземе обыкновенном

Горизонт, см	Ni		Cu		Zn		Pb	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Ad 0–8	0,17	0,34	0,02	0,04	0,13	0,15	0,07	0,18
A 8–34	0,11	0,21	0,02	0,04	0,08	0,13	0,15	0,43
AB 34–51	0,15	0,29	0,03	0,06	0,10	0,09	0,13	0,46
B ₁ 51–71	0,14	0,27	0,03	0,06	0,05	0,08	0,10	0,44
B ₂ 100–147	0,13	0,28	0,03	0,07	0,01	0,01	0,06	0,29
BC	0,09	0,19	0,04	0,07	0,01	0,01	0,04	0,13
ПДК	4,0		3		23		6,0	

Примечание: 1 – Подвижные формы тяжелых металлов; 2 – % от валового содержания

ющих ТМ компонентами почв и отсутствии их миграции по почвенному профилю, что согласуется с данными других исследователей [1, 4, 5].

Было изучено профильное распределение естественных и искусственных радионуклидов в черноземе обыкновенном – преобладающем типе почв в почвенном покрове Ботанического сада.

Естественные радионуклиды в профиле чернозема обыкновенного в Ботаническом саду ЮФУ распределены равномерно, без значительных вариаций удельной активности по профилю. Средние содержания ²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K составляют 26,0, 32,8, 468,1 Бк/кг соответственно.

Искусственный радионуклид ¹³⁷Cs отличается уменьшением удельной активности с глубиной. В целом, полученные данные по радионуклидному составу почв БС ЮФУ соответствуют среднемировым значениям и характерны для Ростовской области и г. Ростова-на-Дону.

Список литературы

1. Минкина Т.М. Тяжелые металлы в почвах и растениях г. Новочеркасска / Т.М. Минкина, Н.С. Скуратов, Л.М. Докучаева // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2001. – № 3. – С. 68–71.
2. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М. : Высшая школа., 2005. – 558 с.
3. Соболева И.А. Руководство по методам контроля за радиоактивностью окружающей среды / И.А. Соболева, Е.Н. Беляева. – М. : Медицина 2002. – 432 с.
4. Соборникова И.Г. Медь, цинк, свинец в почвах и растениях поляны г. Ростова-на-Дону и его окрестностей / И.Г. Соборникова, Л.Я. Кизильштейн // Известия. Сев.-Кав. центра высшей школы. Естественные науки. – 1990. – № 4. – С. 3–8.
5. Хорошкин М.Н. Микроэлементы в почвах и кормах Ростовской области / М.Н. Хорошкин, Б.М. Хорошкин. – Персиановка, 1979. – 39 с.

**СОДЕРЖАНИЕ И ВНУТРИПРОФИЛЬНОЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦА
В ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

Горбунова Надежда Сергеевна

кандидат биологических наук,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: vilian@list.ru

Аннотация. Исследованы особенности пространственного и профильного распределения соединений Pb в черноземах выщелоченных тяжелосуглинистых Рамонского района Воронежской области, подверженных смыву. Показано, что эрозионные процессы приводят к изменению морфологии и свойств почв, уменьшению мощности гумусовой толщи, потере органического вещества, обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , снижению интенсивности процесса иллювиирования, иллитой фракции. Процессы смыва оказывают влияние на содержание и распределение Pb. В смывтых почвах отмечается накопление Pb в нижней части почвенного профиля и увеличение его степени подвижности.

Ключевые слова: эрозия почв, степень смывтости, чернозем выщелоченный, гранулометрический состав, гумус, обменные катионы, валовое содержание свинца, обменные соединения свинца.

**CONTENT AND INTERPROFILE DISTRIBUTION OF LEAD
IN ERODED LEACHED CHERNOZEM OF VORONEZH REGION**

Gorbunova N. S.

candidate of biological sciences,

Voronezh state university, Voronezh

E-mail: vilian@list.ru

Abstract. The features of spatial and profile distribution of Pb in compounds leached heavy loamy chernozems Ramonsky Voronezh region prone to run off. It is shown that erosion leads to changes in the morphology and properties of soil, humus thickness reduction, loss of organic matter, exchangeable cations Ca^{2+} and Mg^{2+} , reduction process illuviation intensity clay fraction. Flushing processes have an impact on the content and distribution of Pb. In eroded soils marked accumulation of Pb in the bottom of the soil profile and increase its degree of mobility.

Keywords: soil erosion, degree of erosion, leached chernozem, particle size distribution, humus, exchangeable cations, the total content of lead, lead compounds exchange.

В условиях расчлененного рельефа лесостепной зоны европейской части России происходят огромные потери почв при стоке дождевых и

талых вод. В связи с интенсификацией земледелия и нерациональной хозяйственной деятельностью данные потери ежегодно возрастают. Со стоком поверхностных вод смывается тонкодисперсная часть почвы, обогащенная органическим веществом и коллоидами, в составе которой могут быть сорбированы и тяжелые металлы. В результате водная миграция веществ может приводить к вторичному загрязнению почвенного покрова, водоемов и ландшафтов в целом. Исходя из этого, целью данной работы было изучение пространственного и профильного распределения Pb (одного из приоритетных загрязнителей окружающей среды) в черноземах, расположенных на склоне и подверженных эрозии. Экспериментальный участок длительное время интенсивно используется в сельском хозяйстве, часто с нарушением современных технологий, что способствует более интенсивному развитию эрозии.

Объекты и методы. Объектами исследования послужили черноземы выщелоченные средне- и малогумусные тяжелосуглинистые различной степени смытости, расположенные на склоне юго-западной экспозиции длиной около 1500 м, крутизной 5° (Рамонский район Воронежской области). Почвообразующими породами являются покровные карбонатные тяжелые суглинки и глины.

Точки заложения разрезов, глубиной до 150 см были приурочены к верхней, средней и верхней трети нижней части склона. В качестве эталона сравнения были исследованы почвы водораздела представленные не смытыми черноземами выщелоченными. Отбор образцов проводился по слоям: 0–10, 20–30, 40–50...140–150 см. В почвенных образцах определялись гранулометрический состав, pH водной суспензии, гидrolитическая кислотность, обменные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , содержание гумуса по общепринятым методикам [2]. Валовое содержание Pb определяли методом спекания почвы с карбонатом натрия, дальнейшей обработкой HNO_3 (1:1) и H_2O_2 (конц.) [3]. Обменные соединения Pb определяли в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера (ААБ) (pH 4,8) в соотношении почва раствор 1:10. Конечное определение Pb проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ–Z.ЭТА, чувствительность определения 0,01 мкг/л, точность 4 % [7]. Вариационно-статистическая обработка проводилась с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Результаты полевых исследований показали, что почвы, расположенные в различных частях катены, в разной степени подвержены действию эрозии. Данные морфологического анализа почвенных профилей показали, что мощность гумусового горизонта черноземов выщелоченных на водоразделе составляет в среднем 75 см, в верхней части склона она уменьшается на 20 см, составляя 55 см и чер-

ноземы диагностируются как слабосмытые; в средней части катены снижение мощности достигает 34 см (мощность A+AB составляет 41 см); а в верхней трети нижней части склона гумусовый горизонт сокращается до 36 см, и почвы характеризуются как среднесмытые.

Результаты исследований гранулометрического состава показали, что преобладающими фракциями являются крупная пыль и ил. Содержание физической глины составляет более 56 %, что характеризует почвы как тяжелосуглинистые. Далее в порядке убывания идут: тонкая пыль > средняя пыль > мелкий песок > песок. Распределение ила в черноземах выщелоченных характеризуется постепенным увеличением содержания его с глубиной почвенного профиля. В почвах, подверженных смыву также отмечается иллювирирование глинистых частиц из верхних горизонтов в нижние, но интенсивность этого процесса меньше, чем в черноземах водораздела. Различие в интенсивности иллювирирования илистой фракции в профиле почв разной степени смытости обусловлено, как обеднением илом верхних горизонтов эродированных почв, так и менее интенсивным промачиванием почвенного профиля склоновых почв по сравнению с водоразделом.

Максимальное содержание органического вещества (7,07 %) отмечено для слоя 0–10 см черноземов выщелоченных на водоразделе и не подверженных смыву. Далее в убывающем ряду следуют почвы находящиеся в верхней (5,21 %), средней (4,98 %) и верхней трети нижней части склона (4,91 %). Снижение содержания гумуса связано, с потерей эродированными почвами илистой фракции, обогащенной, как известно, органическим веществом.

Реакция среды во всех изучаемых почвах в верхних горизонтах нейтральная или близкая к ней (6,10–7,05 единиц), с глубиной величина pH переходит в слабощелочной интервал – 8,00. Более высокая величина гидролитической кислотности наблюдается в смытых почвах (2,9 смоль(экв)/кг) по сравнению с почвами водораздела (1,7 смоль(экв)/кг). Максимальное количество обменных катионов отмечается в верхнем 0–10 см слое почвы водораздела 43,7 смоль(экв)/кг, меньше их содержится в верхней, средней и верхней трети нижней части склона (37,9, 37,6 и 37,5 смоль(экв)/кг) соответственно. Среди обменных катионов доминирует кальций с максимальным содержанием в черноземе выщелоченном на водоразделе.

Наиболее распространены следующие минералы содержащие Рb – галенит, англезит, церуссит [5], они широко распространены в лессовидных суглинках исследуемого региона. Кларк Рb в литосфере равен 15 мг/кг, кларк почвы – 27 мг/кг [8]. Полученные нами данные показывают, что содержание Рb в изучаемых почвах близко к кларку литосферы и почв.

Относительно литосферы в черноземах выщелоченных происходит незначительное концентрирование элемента. Геохимической особенностью Рb является его сродство с глинистыми минералами, органическим веществом и карбонатами [1, 5], а также оксидами-гидроксидами Fe, где Рb закрепляется в форме $Pb(OH)^+$, вытесняющий протон поверхностной гидроксильной группы [9].

Согласно электронной теории химической связи Льюиса, Рb представляет собой кислоту с высокими значениями параметра мягкости Мизоно (около 0,4). Это определяет способность Рb к адсорбции на различных компонентах твердой фазы почвы, а также образовывать внутрисферные комплексы [6]. Исходя из этого в изучаемых черноземах, расположенных на водоразделе и не подверженных смыву отмечается накопление Рb в верхнем 0–10 см слое (21,2 мг/кг). Параллельно уменьшению содержания гумуса вниз по профилю происходит и снижение валового содержания Рb. В подгумусовой части профиля в горизонте Bt наблюдается увеличение содержания элемента как за счет более высокого содержания илистых частиц, так и подщелачивания реакции среды почвенного раствора. В отличие от почв водораздела, для склоновых черноземов подверженных смыву характерен элювиальный тип профильного распределения Рb, с максимумом содержания в почвообразующей породе (19,7 мг/кг). Такое необычное поведение элемента в профиле смытых почв, возможно, связано с уменьшением содержания глинистого материала и органического вещества в верхней части профиля эродированных почв, процессами ландшафтной миграции с поверхностным стоком на склонах, а также, менее интенсивным биологическим накоплением Рb в смытых почвах.

Внутрипрофильное распределение обменного Рb характеризуется аккумулятивным типом, с максимальным содержанием элемента в слое 0–10 см (1,3–1,9 мг/кг), вследствие высокого содержания органического вещества. В нижних горизонтах обогащенных илистыми частицами и свободными карбонатами, которые прочно удерживают металл, содержание обменного Рb уменьшается до 0,7 мг/кг. Степень подвижности Рb составляет 12 %, вниз по почвенному профилю падает до 3 %.

Данные по валовому содержанию Рb и его обменным соединениям не превышают значения ПДК = 100 и 6 мг/кг соответственно [4], что свидетельствует об отсутствии загрязнения, во всех изучаемых почвах.

Выводы. Полученные данные свидетельствуют, что в условиях развития эрозионных процессов происходит существенное изменение морфологического строения почвенного профиля, потеря илистой фракции, гумуса, обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Уровень содержания Рb в черноземах выщелоченных близок к кларку почв, а относительно литосферы

происходит незначительное концентрирование данного элемента. Эрозия почв влияет на пространственное и внутрипрофильное распределение валового содержания Рb. В смытых черноземах выщелоченных отмечается более высокое содержание Рb в нижней части почвенного профиля по сравнению с верхними горизонтами, что обусловлено процессом смыва наиболее обогащенных этим элементом верхних частей профиля. В несмытых аналогах формируется 2 максимума аккумуляции Рb – верхний и нижний. Рb обладает более высокой степенью подвижности в верхних горизонтах смытых почв, что указывает на вероятность миграции данного элемента в ландшафте. Валовое содержание и количество подвижных соединений Рb во всех изученных черноземах не превышают ПДК, установленных для черноземных почв.

Список литературы

1. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.
2. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
3. *Кузнецов А.В.* Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства / А.В. Кузнецов, А.П. Фесюн, С.Г. Самохвалов и др. – М. : ЦИНАО, 1992. – 61 с.
4. *Обухов А.И.* Научные основы разработки ПДК тяжелых металлов в почвах. – Тяжелые металлы в окружающей среде / А.И. Обухова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1980. – С. 20–28.
5. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М. : Астрель, 2000, 1999. – 768 с.
6. *Соколова Т.А.* Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен : учебное пособие по некоторым главам химии почв / Т.А. Соколова, С.Я. Трофимов. – Тула : Гриф и К, 2009. – 172 с.
7. Спектрометр атомно-абсорбционный КВАНТ–Z.ЭТА. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ГКНЖ.0900.000Т0. – М., 1995. – 57 с.
8. *Kabata-Pendias A.* Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. – 4th Edition. – Boca Raton, FL : CRC Press, 2010. – 548 p.
9. *Stumm W.* Chemistry of the Solid-Water Interface / W. Stumm. – John Wiley & Sons, Inc. New York / Chichester / Brisbane / Toronto / Singapore, 1992. – 428 p.

УДК:504:054;504:064

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАНЦЕРОГЕНАМИ

Джувеликян Хачик Акопович

доктор биологических наук, профессор,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

Аннотация. Установлено, что основными источниками канцерогенов являются предприятия и автотранспорт. В городских почвах и снежном покрове вокруг предприятий и вдоль автодорог идет интенсивное накопление бензапирена.

Ключевые слова: загрязнение, канцерогены, почвы, снежный покров.

TECHNOGENIC ENVIRONMENTAL POLLUTION WITH CARCINOGENS

Dguvelikan Kh. A.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh state University, Voronezh*

Abstract. It is Established that the main sources of carcinogens are businesses and vehicles. In urban soils and snow cover around businesses and along the roads, there is an intensive accumulation of benzopyrene.

Keywords: Pollution, carcinogens, soil, snow cover.

Введение. В крупных городах с развитой промышленностью и автотранспортом в результате дымовых выбросов фабрик и заводов, а также выхлопных газов автотранспорта в окружающую среду поступает до 15 ПАУ (полициклические ароматические углеводороды), в частности 3, 4 бенз(а)пирен (БП).

БП представляет собой твердое кристаллическое вещество желтого цвета, малорастворимое в воде и хорошо – в органических растворителях. БП в научном мире рассматривается как стандарт для сравнения с канцерогенной активностью других химических агентов. Установлено, что концентрация БП в городских условиях значительно превышает такую в сельской местности.

БП, образуясь при температуре 400–700°C, как и другие ПАУ, адсорбируется на твердых частицах, выбрасываемых предприятиями и автотранспортом. Наиболее мелкие частицы (< 5 мк) долгое время находятся в воздухе и практически большой опасности для человека не представляют, а более крупные частицы сразу оседают на землю, загрязняя тем самым почвы, водоемы, растения и т.д. Основными загрязнителями внешней среды БП принято считать предприятия химической, металлургической, коксохимической промышленности и автотранспорт.

В биологически активных концентрациях БП присутствует в выхлопных газах автомобилей внутреннего сгорания. При сгорании 1 литра бензина в атмосферу попадает 50–80 микрограмм БП, а дизтоплива – от 2 до 170 микрограмм. Средне суточная ПДК в воздухе – 1 нанограмм в 1 м³, 0,15 мкг/м³ в воздухе рабочей зоны, 0,005 мкг/л – в воде и 20 мкг/кг почвы.

В результате многочисленных исследований канцерогенов в окружающей среде было установлено, что в большинстве случаев содержание канцерогенов в почвах, взятых в неиндустриализованных и малонаселенных областях, достигает не более 1–5 мкг/кг. Если эти величины услов-

но считать как «фоновые» или «природные», то результаты, полученные большинством исследователей, намного превышают эти пределы, и, вероятно, они привнесены в почвы из вне.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили атмосферный воздух, снежный и почвенный покров как в условиях города Воронежа, так и за его пределами. Отбор образцов почв проводился общепринятыми в почвоведении методами; образцы отбирались послойно через 10 см. Снег отбирался с поверхности. Методы исследования: полевые, камеральные и аналитические работы по отбору, описанию и анализу почв проводились согласно инструкции по обследованию почв при их загрязнении содержанием БП в снеге почвах-методом квазилинейчатых спектров с использованием эффекта Э.В. Шпольского в ОНЦ А.Н. России в Москве.

Идентификацию БП и количественный анализ фракции проводились по ранее разработанной методике, вошедшей в руководящий документ РД 52.04.186-89 (на правах ГОСТ) по квазилинейчатым спектрам люминесценции в замороженных растворах.

Проводимые нами исследования воздушного бассейна снежного и почвенного покрова г. Воронеж показали, что в атмосфере города находятся сотни тонн пылевых загрязнений. Учитывая при этом концентрацию ПАУ в загрязнениях атмосферного воздуха, можно предположить, что на почвы и снежный покров города в течение года оседает несколько десятков килограммов различных канцерогенных углеводородов.

Результаты исследования и их анализ. Как видно из результатов наших исследований послойное распределение БП в почве вдоль автомагистралей и в зоне влияния предприятий, а также за ее пределами носит различный характер. Максимальная его концентрация (276,6 мкг/кг) обнаружена на поверхности почвы у ТЭЦ-1, взятой у перекрестка, где высокая интенсивность потока автотранспорта. С уменьшением потока машин уменьшается и содержание БП (159,5 мкг/кг) в почве. На сравнительно высокой концентрации БП (135,4 мкг/кг) в типичном черноземе у ТЭЦ-2, вероятно, сказывается работа предприятия, в зоне которого брались образцы. В аналогичной почве Брикмановского парка, где и поток автотранспорта выше содержание БП на поверхности в 3 раза ниже (43,5 мкг/кг), чем в разрезе у ТЭЦ-2. Это объясняется, во-первых, тем, что растительность парка, где был заложен разрез, своей листовой поверхностью значительно задерживает все виды загрязнений (после опада листья убирают или сжигают).

С удалением от автодорог и предприятий концентрация БП в почве снижается и в контрольной почве (Ботсад ВГУ) достигает 2,0–3,3 мкг/кг,

т.е. на 1–2 порядка ниже, чем в почвах, залегающих вдоль автодорог и в зоне влияния предприятий.

Результаты, полученные нами, свидетельствуют о том, что в почвах, где обнаружено сравнительно высокое содержание БП, при выполнении определенных мероприятий (централизация отопительных систем, замена твердого топлива жидким, а жидкого – газом, интенсивное озеленение, санитарно-гигиенические души, уменьшение количества выбросов предприятий и автотранспорта, переход автотранспорта на неэтилированный бензин и т.д.) можно резко снизить количество этого вредного вещества.

Результаты определения БП в снеговом покрове г. Воронеж (табл. 1) показывают, что максимальная его концентрация (1450 мкг/кг снежной пыли) обнаружена на подъеме по улице Степана Разина, которая объясняется тем, что на этом отрезке улицы отмечена высокая интенсивность движения автотранспорта, небольшая скорость, частые перегазовки и остановки перед перекрестком. В таких условиях наблюдается максимальный выброс с выхлопными газами как оксида углерода, так и БП. Значительное содержание БП (157,3 мкг/кг пыли) обнаружено возле автозаправочной станции на Задонском шоссе, где высокие интенсивности и скорость движения автотранспорта (до 5500 машин в час в двух направлениях).

Таблица 1

**Статистические показатели содержания БП
в снежном покрове вдоль автодорог г. Воронеж в мкг**

Место отбора снеговых проб	М	m	Δ
Подъем по ул. Степана Разина	1450,0	17,0	47,3
АЭС на Задонском шоссе (бордюр)	157,3	1,8	5,0
АЭС по ул. Урицкого (50 м от дороги)	33,9	0,4	1,1
50 м от Задонского шоссе	27,7	0,8	2,2
20 м от ул. Ленинградской	27,7	0,6	1,7
50 м от Задонского шоссе	27,3	0,6	1,7
10 м от проспекта Труда	24,0	0,9	2,5
В бывшем Брикмановском парке (25 м от дороги)	13,7	1,9	5,3
В Ботаническом саду ВГУ	8,2	1,9	5,3

Выводы. Анализируя полученные нами результаты и сравнивая их с данными других исследований, мы пришли к выводу, что концентрация БП в почвах и снеговом покрове г. Воронеж значительно ниже, чем в других крупных городах. Такое состояние, возможно, объясняется тем, что в городе нет крупных нефтеперерабатывающих предприятий, которые наравне с автотранспортом являются основными загрязнителями окружающей среды БП, а также благоприятными климатическими условиями.

Список литературы

1. Галиулин Р.В. Оценка загрязнения почв бенз(а)пиреном и их биологической активности / Р.В. Галиулин и др. // *Агрохимия*. – 1993. – № 12. – С. 62–65.
2. Никифорова Е.М. Особенности загрязнения городских почв полициклическими ароматическими углеводородами в связи с влиянием печного отопления / Е.М. Никифорова и др. // *Почвоведение*. – 1993. – № 1. – С. 91–100.
3. Никифорова Е.М. Полициклические ароматические углеводороды в почвах валдайской возвышенности / Е.М. Никифорова, Т.А. Теплицкая // *Почвоведение*. – 1979. – № 9. – С. 89–101.
4. Шабад Л.М. Загрязнение атмосферного воздуха канцерогенным веществом: 3,4-бензапирен / Л.М. Шабад, П.П. Дикун. – Л., 1959. – 133 с.
5. *Commins B.T.* Observations from a ten-year study of pollution at a site in the city of London / B.T. Commins, R.E. Waller // *Atmosphere Environm.* – 1967, 1.1, 49.

УДК 504.3.054:504.3.064

РАДИОИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ Г. ВОРОНЕЖА

Джувеликян Хачик Акопович

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж*

Аннотация. Установлено, что используя метод нейтронно активационного анализа можно определить в промышленных выбросах города более 30 радиоизотопов.

Ключевые слова: активационный анализ, радиоизотопы, выбросы предприятия.

RADIOISOTOPE COMPOSITION OF INDUSTRIAL EMISSIONS IN VORONEZH

Dguvelikan Kh. A.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh state University, Voronezh*

Abstract. It is found that using the method of neutron activation analysis can determine over 30 radio-isotopes emissions in industrial cities .

Keywords: activation analysis, radioisotopes, emissions of pre-acceptance.

Введение. Используя современные методы определения вредных примесей в выбросах промышленных предприятий, можно установить микроколичества большинства элементов в этих выбросах. В большинстве случаев, при определении вредных ингредиентов используют метод спектрального и атомно-абсорбционного анализа. При микроколичествах тяжелых металлов и радиоизотопов в выбросах предприятий иногда используют метод нейтронно-активационного анализа (НАА).

Используя метод НАА, ряд авторов [1, 3] обнаружили в аэрозолях крупных индустриальных городов свыше 30 радиоизотопов большинства

химических элементов. Авторы отмечают, что по изотопному составу аэрозолей можно определить основные источники их выбросов.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования служили промышленные предприятия г. Воронежа, являющиеся основными источниками загрязнения. Для сбора выбросов этих предприятий использовался метод седиментации (осаждения) микрочастиц в специальные стеклянные сосуды (батареинные стаканы). Время сбора выбросов – 1 месяц. Затем эти выбросы взвешивались на аналитических весах, в специальных контейнерах вывозились на Нововоронежскую АЭС и облучались в канале реактора, а затем в свинцовых контейнерах доставлялись на кафедру ядерной физики ВГУ, где и проводился анализ.

Результаты исследований и их анализ. Проведенные исследования аэрозолей некоторых предприятий г. Воронежа методом НАА [1–3], позволили нам выделить 32 изотопа следующих элементов (табл. 1): Na²⁴, K⁴⁰, K⁴², So⁴⁶, Cr⁵¹, Mn⁵⁶, Mn⁵⁴, Fe⁵⁹, Co⁶⁰, Zn⁶⁵, As⁷⁶, Br⁸², Rb⁸⁶, Ag¹¹⁰, In¹¹⁴, Sb¹²², Sb¹²⁴, Te¹²³, Sn¹²⁵, Ba¹³¹, Cs¹³⁴, La¹⁴⁰, Ce¹⁴¹, Sm¹⁵³, Lu¹⁷⁷, Hf¹⁸¹, Ta¹⁸², W¹⁸⁷, Hg²⁰³ и Pa²³³.

Как видно из наших исследований [4], для времен остывания порядка нескольких часов наблюдаются линии Mn⁵⁶ (846, 7 кэВ), Na²⁴ (1368,5 кэВ, 1732 кэВ), K⁴² (1524 кэВ). На спектре с Шинного завода хорошо выделяется пик от Zn⁶⁹ (438,8 кэВ), а в спектре с завода электровакуумных приборов линия 564,1 кэВ от Sb¹²². Для времен остывания 3–5 дней проявляются линии Br⁸² (554 кэВ, 776 кэВ), La¹⁴⁰ (328,8 кэВ, 487 кэВ, 1596,2 кэВ), Hf¹⁸¹ (482 кэВ) и K⁴⁰ (1460,08 кэВ).

Из приведенных γ -спектров видно, что такие радиоизотопы, как Na²⁴, Sc⁴⁶, Mn⁵⁶, Co⁶⁰, Sb¹²², Ba¹³¹, Cs¹³⁴ и La¹⁴⁰ практически обнаруживаются во всех аэрозолях, что обусловлено их хорошими активационными характеристиками. Остальные изотопы наблюдаются в отдельных образцах, что позволяет отнести их к характерным признакам данных предприятий (табл.2).

В таблице 2 приведены данные по содержанию радиоизотопов в аэрозолях некоторых предприятий г. Воронежа. Эти результаты представлены в относительных единицах (имп) сек на мг образца.

Из таблиц 1 и 2 видно, что из общего числа аэрозолей, выбрасываемых на заводе Кузнечно-прессового оборудования им. М.И. Калинина, резко выделяются такие радиоизотопы как Mn⁵⁶, Fe⁵⁹, In¹¹⁴, Te¹²³ и Ta¹³², что характерно для заводов, в большом количестве использующих марганцовистые стали. Для аэрозолей ТЭЦ-2 характерно повышенное содержание большого числа элементов, что, по-видимому, связано с обогащением микроэлементами выбросов в процессе сжигания топлива.

Таблица 1

Радиозогонный состав аэрозолей некоторых предприятий г. Воронежа

№ п/п	Радиоизотоп	Энергия	Завод Кузнецко-прессового оборудования	Завод керамических изделий	Асфальто-бетонный завод	ТЭЦ-2	Завод электровакуумных приборов	Шпальный завод	Естественная аэрозоль
1	Na ²⁴	1368,5	2,4±0,08	0,39±0,07 (17,9±0,2)·10 ⁻³	2,35±0,08 0,17±0,04	8,7±0,2 0,50±0,09 (23,8±0,2)·10 ⁻³	52,2±0,5 — (0,036±0,02)·10 ⁻⁴	2,85±0,06 0,044±0,003 (2,5±0,2)·10 ⁻³ (2,8±0,4)·10 ⁻¹	4,34±0,06 0,234±0,031 (15,0±4,1)·10 ⁻³ (15,0±4,1)·10 ⁻³
2.	K ⁴²	1524,2	—	—	—	—	—	—	—
3.	Sr ⁸⁶	889,3	(5,6±0,1)·10 ⁻³	—	—	—	—	—	—
4.	Ce ¹³⁷	1297,0	—	—	—	—	—	—	—
5.	Ce ¹³⁷	320,1	(1,16±0,02)·10 ⁻³	(0,72±0,02)·10 ⁻³	(0,74±0,01)·10 ⁻³	(3,6±0,2)·10 ⁻³	—	—	—
6.	Mn ⁵⁶	846,8	41±0,5	5,3±0,7	6,4±0,4	13,6±0,7	5,2±2,4	3,2±0,3	7,85±0,31
7.	Fe ⁵⁹	1099,3	(16,2±0,2)·10 ⁻³	(2,47±0,08)·10 ⁻³	(9,2±0,5)·10 ⁻⁴	(7,5±0,1)·10 ⁻³	(5,0±1)·10 ⁻⁴	—	(0,15±0,05)·10 ⁻³
8.	Co ⁶⁰	1173,2	(2,5±0,1)·10 ⁻⁴	(5,2±0,3)·10 ⁻⁴	—	(11,2±0,5)·10 ⁻⁴	(22,0±0,1)·10 ⁻⁴	—	—
9.	Zn ⁶⁵	438,8	0,06±0,02	—	0,12±0,04	0,23±0,02 (2,4±0,9)·10 ⁻⁴	—	1,1±0,1	—
10.	Se ⁷⁵	264,7	—	—	—	—	—	—	—
11.	As ⁷⁶	657,4	—	—	—	(9±1)·10 ⁻²	—	—	—
12.	Br ⁸²	776,5	(3,1±0,4)·10 ⁻²	—	(0,7±0,3)·10 ⁻²	(1,2±0,7)·10 ⁻²	—	(2,3±0,8)·10 ⁻³	(8,2±2,1)·10 ⁻²
13.	Rb ⁸⁶	1076,9	—	(1,0±0,08)·10 ⁻⁴	(3,0±0,4)·10 ⁻⁴	(8,9±0,9)·10 ⁻⁴	—	—	(8,3±3,9)·10 ⁻⁴
14.	In ¹¹⁴	191,7	(9,0±0,5)·10 ⁻⁴	—	(1,9±0,5)·10 ⁻⁴	—	—	—	—
15.	Sb ¹²²	564,1	0,05±0,002	0,73±0,01	0,011±0,001	0,295±0,006 (0,6±0,1)·10 ⁻³	10,6±0,1	0,071±0,01	0,12±0,04
16.	Tc ¹²³	159,0	(2,1±0,8)·10 ⁻³	—	—	—	—	—	—
17.	Sn ¹²⁵	1066,7	—	—	—	—	—	—	—
18.	Ba ¹³¹	216,0	(1,0±0,2)·10 ⁻³	(0,8±0,64)·10 ⁻³	(0,9±0,2)·10 ⁻³	(3,0±0,3)·10 ⁻³	(2,5±0,3)·10 ⁻³	—	—
19.	Cs ¹³⁴	795,8	(15±6)·10 ⁻⁴	(13±0,9)·10 ⁻⁴	(0,6±0,2)·10 ⁻⁴	(20,4±0,9)·10 ⁻⁴	(26,4±0,8)·10 ⁻³	(1,0±0,3)·10 ⁻³	—
20.	La ¹⁴⁰	1596,5	(7,4±0,7)·10 ⁻²	(8,5±0,83)·10 ⁻²	(2,6±0,2)·10 ⁻²	(8,5±0,5)·10 ⁻²	(1,7±0,5)·10 ⁻²	(2,7±0,3)·10 ⁻²	(9,8±0,9)·10 ⁻²
21.	Ce ¹⁴¹	145,4	—	(1,4±0,3)·10 ⁻³	(3,2±0,1)·10 ⁻³	—	—	(0,6±0,3)·10 ⁻³	—
22.	Lu ¹⁷⁷	208,3	(3,9±0,8)·10 ⁻⁴	—	(3,8±0,7)·10 ⁻⁴	(14,8±1,3)·10 ⁻⁴	—	—	—
23.	Hf ¹⁸¹	482,2	(2,6±0,5)·10 ⁻³	—	(1,0±0,2)·10 ⁻⁴	(2,4±1,2)·10 ⁻⁴	—	—	—
24.	Ta ¹⁸²	1221,4	(7,6±1,2)·10 ⁻⁴	(1,5±0,3)·10 ⁻⁴	(1,0±0,2)·10 ⁻⁴	(2,3±0,3)·10 ⁻⁴	—	—	—
25.	W ¹⁸⁷	685,7	—	—	—	(7,1±1,6)·10 ⁻²	—	(0,42±0,19)·10 ⁻²	—
26.	Hg ²⁰³	279,2	(0,7±0,5)·10 ⁻⁴	—	—	(2,3±1,3)·10 ⁻⁴	—	—	—
27.	Pg ²³³	311,8	(1,1±0,1)·10 ⁻³	—	(2,0±0,1)·10 ⁻³	(8,6±0,1)·10 ⁻³	—	—	—

* 2,4±0,08 – импульс секунд на мг образца

Таблица 2

Характерные радионуклиды ряда промышленных предприятий г. Воронежа

Тип предприятия	Характерные изотопы для предприятий	Изотопы с повышенным содержанием	Изотопы с пониженным содержанием
Станкостроительный завод	Te^{123} , Lu^{177} , Hf^{181} , Hg^{203}	Mn^{56} , Ta^{182} , In^{114} , Te^{132} , Fe^{59}	–
Завод керамических изделий	Rb^{86} , Ce^{141}	–	–
Асфальтово-бетонный завод	Rb^{86} , Ce^{141} , Lu^{177} , Hf^{181} , Pa^{233}	–	Cs^{134}
ТЭЦ-2	Se^{75} , Rb^{86} , As^{76} , Lu^{177} , Hg^{181} , W^{187} , Hg^{203} , Pa^{233}	Cr^{51} , Se^{75} , As^{76} , Lu^{177} , W^{187} , Hg^{203} , Pa^{233}	–
Завод электровакуумных приборов	Sn^{125}	Na^{24} , Sb^{122} , Sn^{125} , Sc^{46} , Ba^{131}	–
Шинный завод	Ca^{47} , Ce^{141} , W^{187}	Zn^{60}	K^{42}

Для данного предприятия характерными признаками являются наличие в его аэрозолях Se^{75} , As^{76} и W^{187} , отсутствующих в выбросах остальных предприятий, а также Rb^{86} , Lu^{177} . Для аэрозолей завода электровакуумных приборов характерно резко повышенное содержание Na^{24} , Sb^{122} , Sb^{124} и Ba^{131} . К тому же в аэрозолях данного предприятия обнаруживается Sn^{125} , наличие которого во всех других образцах не обнаружено.

Аэрозоли Шинного завода характеризуются значительным содержанием в них радионуклидов цинка (Zn^{69}), в то время как содержание остальных невелико. Наличие большого количества цинка связано со значительным расходом его окиси в процессе производства резины.

Определение тех элементов, к которым НАА имеет низкую чувствительность, например, Be, В, Р и Pb, характерных для аэрозолей отдельных предприятий, проводилось с помощью спектрального анализа. Следует отметить, что полученные данные представлены в относительных единицах и могут служить только для сопоставления аэрозолей различных предприятий между собой.

При сравнении изотопов предприятий также необходимо учитывать радионуклидный состав аэрозолей чистого воздуха, взятого вдали от предприятий, т.е. естественный фон. Как видно из γ -спектров естественного аэрозоля для времени остывания 4–10 часов и 3–5 дней, наблюдаются линии Na^{24} , K^{42} , Mn^{56} , Br^{82} , Sb^{122} .

Учитывая скорость осаждения аэрозолей в чистых зонных и зонах промышленных предприятий видно, что вклад в содержание изотопов естественного аэрозоля составляет $\sim 10\%$ на объектах с интенсивным загрязнением.

Выводы. Обобщая вышеизложенное можно сделать вывод, что распределение элементов в промышленном центре и их взаимосвязь могут довольно точно подсказать нам у каких элементов главные источники загрязнения. Анализ наших и литературных данных показывает, что большинство изотопов многих элементов не оказывают видимого влияния на загрязнение почвы, растительность и живое, в то же время крайне нежелательно присутствие их в продуктах питания из-за своей токсичности изотопов таких элементов как As, Sb, Hg, Cd и др.

Результаты наших исследований указывают на возможность применения НАА с промышленными ядерными реакторами для определения источников и концентрации микропримесей в атмосфере.

Список литературы

1. Яно Н. Анализ активации атмосферных аэрозолей / Н. Яно, К. Маебаши, М. Хатори и др. // Сб. «Труды VIII всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям». – Л., 1970.
2. Dams R. Quantitative Relationships among Trace Elements over industrialized N.W. / R. Dams, I.A. Robbins, V.A. Ranw et al. Indiana, anal. Chem., 42, 861. – 1970.
3. Tetsuo Mamuro. Vatsuka Matsuba, Akira Mizonata et al. Neutron activation analysis of airborne Dust / Mamuro Tetsuo, Matsuba Vatsuka, Mizonata Akira et al. – Vol. 18. – Osaka, 1970.
4. Джувеликян Х.А. Экологическое состояние природных и антропогенных ландшафтов Центрального Черноземья : дисс. ... д-ра биол. наук / Х.А. Джувеликян. – Воронеж, 2007. – 387 с.

УДК 631.452

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Жукова Юлия Александровна

кандидат биологических наук,

ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: zhykss@gmail.com

Булгаков Дмитрий Сергеевич

доктор сельскохозяйственных наук,

ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: bulgakov.35@mail.ru

Козлов Даниил Николаевич

кандидат географических наук,

ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: daniilkozlov@gmail.com

Аннотация. Белгородская область является важным аграрным регионом. Почвенный покров области представлен различными подтипами черноземов, обладаю-

щими высоким агропотенциалом. Обобщив почвенные и многолетние климатические данные, была проведена оценка агроэкологического потенциала (АЭП) земель Белгородской области по административным районам в соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием. АЭП оценивался по почвенно-экологическому индексу (ПЭИ) И.И. Карманова. ПЭИ дает обобщенную оценку агроэкологических условий регионов в единой общероссийской шкале, учитывая неоднородность почвенного покрова и их климатические особенности.

Ключевые слова: лесостепная зона, почвенно-экологический индекс, природно-сельскохозяйственное районирование, чернозем.

ASSESSMENT OF AGROENVIRONMENTAL POTENTIAL ON THE EXAMPLE OF BELGOROD REGION

Zhukova I. A.

candidate of biological sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: zhykss@gmail.com

Bulgakov D. S.

doctor of agricultural sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: bulgakov.35@mail.ru

Kozlov D.N.

candidate of geographical sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: daniilkozlov@gmail.com

Abstract. Belgorod region is an important agricultural region. The soil cover of the region is represented by different subtypes of chernozems with a high agro-potential. Summarizing the soil and long-term climatic data, agroenvironmental potentials (AEP) of Belgorod region for the administrative districts according to natural and agricultural zoning were estimated. AEP was assessed by using soil-environmental index (SEI), suggested by I.I.Karmanov. SEI provides a generalized assessment of agro-environmental conditions of the regions in a unified Russian national scale, taking into account both the heterogeneity of soil and climatic characteristics.

Keywords: forest-steppe zone, soil-environmental index, natural and agricultural zoning, chernozem.

Территория Белгородской области, расположенная в Центрально-Черноземном регионе России, является важным аграрным регионом. Почвенный покров области широко представлен различными подтипами черноземов (более 75%), обладающими высоким агропотенциалом. В то же время территория области занимает южные отроги Среднерусской

возвышенности, что осложняет земледелие. Преобладание склонового типа рельефа, засушливость климата, ливневой характер выпадения осадков, засоление почвообразующих пород оказывают неблагоприятное воздействие на плодородие почв Белгородской области. Тем не менее, основными причинами деградационных процессов этих почв являются недостаточная культура земледелия, не всегда правильное использование и обработка почв, которые приводят к потере органического вещества, физической структуры, развитию водной эрозии, засолению, и как следствие, снижению урожайности культур.

Большая часть Белгородской области находится в лесостепной природной зоне. Лишь 3 района на юге по своим природным условиям относятся к степной зоне и не входят в лесостепь. Наша работа является частью исследования ресурсно-природного потенциала субъектов федерации в границах лесостепи Среднерусской провинции природно-сельскохозяйственного районирования территории России (СПрСх). В связи с этим, характеристика природных условий Белгородской области приведена только для лесостепной зоны, площадь которой составляет 24.0 тыс. км² (89% от общей площади). Сельскохозяйственные угодья занимают около 70%; на пашню приходится более 80% от с/х угодий [2].

Территория области находится в зоне умеренно-континентального климата со среднемноголетней температурой января 8.4°C, июня 20.0°C; суммой активных температур – от 2475 до 2700°C, увеличиваясь в южном направлении [4]. Количество осадков варьирует в пределах 470–500 мм и уменьшается к югу, также как и коэффициент увлажнения (0.79–0.90).

Как было отмечено выше, наиболее распространенными почвами области являются черноземы: типичные (около 45%), выщелоченные (больше 25%), обыкновенные (20%), оподзоленные (10%). Второй по распространению тип почв – серые и темно-серые лесные (15%). Оставшуюся территорию занимают пойменные, лугово-черноземные почвы, солонцы и солоды, не превышающие долю 5% от площади [3].

Учитывая почвенно-климатическую неоднородность Среднерусской провинции, в ней выделяются три подпровинции: западная (соответствует природно-сельскохозяйственной подпровинции – 5-2А), центральная (5-2Б) и восточная (5-2В). Лесостепная часть Белгородской области распространена в западной подпровинции.

На основе данных по почвенным материалам и климатическим многолетним характеристикам, нами была произведена оценка агроэкологического потенциала (АЭП) земель Белгородской области по административным районам в границах подпровинции. АЭП оценивался по

почвенно-экологическому индексу (ПЭИ), разработанному И.И. Кармановым. Индекс рассчитывается по уравнению, учитывающему 3 группы характеристик: физические свойства почв, климатические условия и агрохимические показатели [1].

$$\text{ПЭИ} = 12.5 * (2 - V) * П * Dc * (\sum t > 10^{\circ}\text{C} * (КУ - P) : (КК + 100)),$$

где V – плотность г/см^3 (в среднем 1 м), 2 – максимально возможная плотность, P – коэффициент на гранулометрический состав; Dc – коэффициент на дополнительные свойства, $\sum t > 10^{\circ}\text{C}$ – сумма активных температур выше 10°C , $КУ$ – коэффициент увлажнения, P – поправочный коэффициент, $КК$ – коэффициент континентальности.

В качестве почвенных характеристик для оценки ПЭИ использовались гранулометрический состав, содержание гумуса и почвообразующая порода; климатических – сумма температур выше 10°C , коэффициенты увлажнения и континентальности; агрохимических – содержание подвижных форм фосфора и калия в почве. Учитывались три доминирующих типа почв, составляющих в сумме не менее 80% от площади административного района. Анализ средних многолетних климатических данных позволяет избежать сильных отклонений отдельных метеорологических периодов, выбивающихся из общего характера климата.

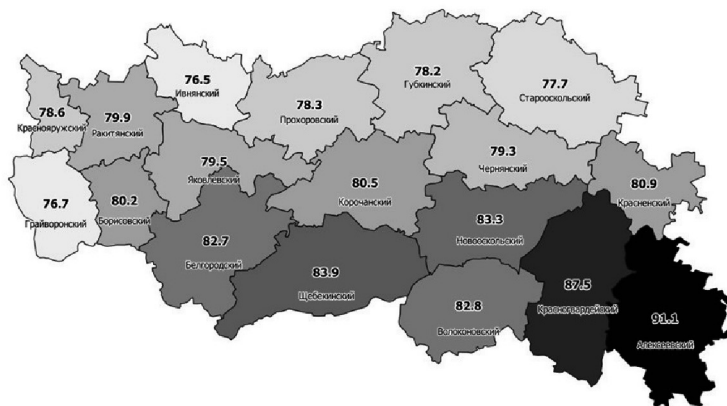


Рис.1. Величины ПЭИ административных районов Белгородской области в границах лесостепи СПрСх провинции

На рисунке 1 видно, что АЭП ранжируется в большей степени с северо-запада на юго-восток. Наибольшие величины ПЭИ относятся к юго-восточным районам области (Алексеевский, Красногвардейский) и составляют 91.1 и 87.5, соответственно. Доминирующими почвами здесь являются черноземы типичные (около 50%) с заметной долей черноземов обыкновенных (более 15%).

Остальные районы сохраняют общую тенденцию понижения величин ПЭИ в южном направлении, равномерно сменяясь от 77.7 до 83.9. Тем не менее, районы: Новооскольский, Белгородский, Щебекинский и Волоконовский, заметно выделяются своим агропотенциалом (ПЭИ > 82). На отдельных участках помимо преобладающих черноземов встречаются серые лесные почвы. Лишь двум районам на западе (Грайворонский, Ивнянский) соответствуют значения ПЭИ ниже 77. Почвенный покров этих районов состоит главным образом из черноземов типичных (более 50%) и выщелоченных (более 35%).

Агроклиматический потенциал (АКП), являющийся составной частью почвенно-экологического индекса, слабо варьирует (АКП=7.4–8) в пределах области. Тем не менее, АКП отражает фациальные особенности территории, меняющиеся с запада на восток. В целом, агроклиматический потенциал Белгородской области можно оценить как наиболее пригодный для выращивания ведущих сельскохозяйственных культур, таких, как озимая пшеница, подсолнечник, сахарная свекла.

ПЭИ дает обобщенную оценку агроэкологических условий на территории регионов в единой общероссийской шкале, учитывая как неоднородность почвенного покрова, так и их климатические особенности.

Список литературы

1. Карманов И.И. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра / И.И. Карманов, Д.С.Булгаков. – М. : Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. – 2012. – 122 с.
2. Регионы России. Социально-экономические показатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156
3. Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области и его рациональное использование / В.Д. Соловиченко, С.И. Тютюнов. – Белгород : Изд-во «Отчий край». – 2013. – 372 с.
4. Земельные ресурсы СССР. Природно-сельскохозяйственное районирование территории областей, краев, АССР и республик. – Ч. 1. – М. : ГосНИИ земельных ресурсов. – 1990. – С. 64–65.

УДК 631.445.4:631.41 (470.32)

ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ Ni, Pb, Co В ЧЕРНОЗЁМАХ

Йонко Ольга Антоновна

старший преподаватель,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: olga-jjonko@rambler.ru

Шаталова Юлия Юрьевна

студентка,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Юрова Евгения Анатольевна

студентка,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Аннотация. Изучено содержание и распределение валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Ni, Pb, Co) в типичных чернозёмах ЦЧР разной степени карбонатности. Установлена биогенная аккумуляция тяжелых металлов в гумусовом горизонте, их накопление в карбонатном горизонте и увеличение концентрации подвижных форм в ряду чернозем остаточно-карбонатный < чернозем карбонатный < чернозем типичный обычный.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, валовые формы, подвижные формы, никель, свинец, кобальт, кларк, окислительно-восстановительные условия.

EFFECT OF CARBONATES ON THE MOBILITY Ni, Pb, Co IN CHERNOZEM

Jonko O. A.

senior lecturer at Voronezh State University, Voronezh

E-mail: olga-jjonko@rambler.ru

Shatalova Y. Y.

student, Voronezh State University, Voronezh

E-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Yurova Y. A.

student, Voronezh State University, Voronezh

E-mail: bssoil@bio.vsu.ru

Abstract. Content and distribution of gross studied and mobile forms of heavy metals Ni, Pb, Co in typical chernozem of Central Black Earth Region, which is content different

quantity of carbonates. Established nutrient accumulation of heavy metals in humus horizon, their accumulation in a carbonate horizon and increase the concentration of mobile forms in a number of typical chernozem residually-carbonate-carbonate-typical chernozem typical chernozem ordinary.

Keywords: heavy metals, gross shapes, moving shapes, nickel, lead, cobalt, Clark, redox conditions

Тяжелые металлы, попадающие в биосферу главным образом в результате промышленных и транспортных выбросов, являются одним из самых опасных ее загрязнителей. Поэтому изучение их поведения в почвах и защитных возможностей почв является важной экологической проблемой современности.

Большинство ТМ обладает высокой биологической активностью, из-за чего вопросы профилактики неблагоприятного воздействия их на здоровье людей и животных требуют знания как степени токсичности и характера вызываемых нарушений в состоянии здоровья, так и гигиенических нормативов допустимого содержания ТМ в объектах внешней среды, в том числе в почвах и растениях. В связи с этим важно установить не только валовое содержание ТМ в почвах, но и выяснить степень их подвижности и доступности для живых организмов и на основе этого дать оценку экологического состояния зональных почв по содержанию ТМ.

Доступность элементов для растений, и непосредственно для человека определяется их подвижными формами. Поэтому содержание в почве подвижных форм тяжелых металлов – важнейший показатель, характеризующий санитарно-гигиеническую обстановку.

В настоящее время для большинства типов почв существуют данные, характеризующие содержание валовых форм и подвижных соединений тяжелых металлов. Исключения составляют карбонатные черноземы, для которых подобные сведения отсутствуют. В связи с этим наши исследования были посвящены изучению этой проблемы.

Нами было изучено содержание валовых и подвижных форм Ni, Pb, Co в карбонатных чернозёмах. Выбор именно этих элементов был сделан потому, что считаясь условно необходимыми и по всей видимости, не очень важными для растений и животных они очень опасны для здоровья человека даже при относительно низких концентрациях.

Объектом исследований были черноземы типичные разной степени карбонатности, а именно черноземы типичные обычные, карбонатные и остаточно-карбонатные. Все изученные почвы находились на большом расстоянии от локальных источников загрязнения. Почвообразующими

породами для данных почв послужили лессовидные суглинки без подсти- лания и подстилаемые меловыми отложениями, а также писчий мел.

Черноземы типичные обычных и карбонатных родов характеризуются хорошо развитым гумусовым горизонтом, с благоприятной комковато-зер- нистой и зернисто-комковатой структурой достаточно большой мощно- сти. Черноземы, сформировавшиеся на меловых отложениях залегают на склонах и, как правило, эродированы. Для них характерен менее мощный гумусовый горизонт, который из-за присутствия большого количества кар- бонатов более осветлен и имеет непрочную распыленную комковато-пыле- ватую структуру. Кроме того, уже с поверхности и по всему профилю в них наблюдается присутствие большого количества мелового щебня.

Наши исследования показали, что изученные почвы относятся к сред- не- и малогумусным (6,37–4,12% гумуса). Содержание гумуса уменьша- ется в ряду от черноземов типичных обычных к черноземам остаточно- карбонатным.

Все изученные почвы обладают достаточно хорошими физико-хими- ческими свойствами. Для них характерна высокая емкость катионного обмена от 40,37 до 46,97 ммоль(экв)/100г почвы. В составе обменных ка- тионов преобладает обменный кальций (38,51 ммоль(экв)/100г почвы). На долю магния в слое 0–10 см приходится 5,42 ммоль(экв)/100г почвы. С глубиной наблюдается постепенное уменьшение количества магния и в слое 140–150 см его содержится 3,51 ммоль(экв)/100г почвы. Соотно- шение обменных кальция и магния в чернозёмах обычных и карбонатных родов находится на уровне 7:1. Для остаточно-карбонатных чернозёмов характерно более высокое отношение на уровне 8,3:1, что свидетельству- ет о большей насыщенности ППК обменным кальцием.

Присутствие в почвенном растворе карбонатных и остаточно-карбо- натных черноземов углекислого кальция явилось причиной щелочной реакции по всему профилю, рН уже в слое 0–10 см составляет 7,9–8,4. Далее, в нижней части профиля, наблюдается её увеличение до 8,2–8,6. В отличие от черноземов карбонатных и остаточно-карбонатных, в чер- ноземе типичном обычном реакция верхней части профиля до глубины 40–50 см близка к нейтральной, и только с глубины 60–70 см становится слабощелочной, а ниже щелочной. Все изученные почвы имеют тяжёлый гранулометрический состав и по этому показателю относятся к тяжело- суглинистым.

Поскольку, изученные черноземы имеют приблизительно близкие физико-химические и химические свойства, но значительные различия в содержании карбонатов, стало возможным установить их влияние на подвижность Pb, Co и Ni.

Валовое содержание Pb, Ni, Co определяли методом спекания почвы с карбонатом натрия с дальнейшей обработкой HNO₃ (1:1) и H₂O₂ (конц.) с атомно-абсорбционным окончанием. Содержание подвижных форм Ni, Pb и Co в почвах определяли в ацетатно-аммонийном буферном растворе (рН 4,8), в соотношении почва раствор 1:10. Все определения проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре КВАНТ 2А, чувствительность определения 0,01 мкг/л, точность 4 %.

Никель. Кларк никеля в почве – 40 мг/кг. В почве он присутствует в двухвалентной форме. Значительная часть никеля находится в почвах в рассеянном состоянии в решетках алюмосиликатов; другая часть более рыхло связана с силикатами в результате обменной сорбции. В континентальных отложениях он присутствует, главным образом, в виде сульфидов и арсенитов, ассоциируется также с карбонатами, фосфатами и силикатами. Содержание этого элемента в почвах в значительной степени зависит от обеспеченности им почвообразующих пород. Наибольшие концентрации никеля наблюдаются в глинистых и суглинистых почвах и в почвах, богатых органическим веществом. Распределение никеля в почвенном профиле определяется, как правило содержанием органического вещества, аморфных оксидов и количеством глинистой фракции.

Наши исследования показали, что для типичных черноземов характерно небольшое биогенное накопление валового Ni в гумусовом горизонте, а основным источником этого элемента является почвообразующая порода, в связи с этим закономерности изменений его содержания в почвенном профиле мало связаны с распределением физической глины и гумуса. На контакте с карбонатными горизонтами почвенные растворы способны накапливать значительную долю Ni, поскольку Ni взаимодействует с карбонатами, образуя труднорастворимые соединения. В резуль-



Рис. 1. Содержание валовых форм Ni, мг/кг

тате этого образуется второй пик в профильном распределении валового Ni в и увеличивается на глубине 80–90 см на 10 % по сравнению с предыдущим слоем (рис. 1)

В черноземах типичных карбонатных родов по сравнению с обычными было зафиксировано более низкое содержание валового Ni. Это обусловлено малой мощностью лессовидных карбонатных суглинков, являющихся основным источником никеля, а так же близким залеганием к дневной поверхности меловых отложений, значительно обедненных им. Например, чернозем типичный карбонатный на лессовидном суглинке подстилаемом меловыми отложениями содержит в верхнем слое 19,3 мг/кг почвы, которое постепенно убывает вниз по профилю до 15,8 мг/кг в слое 100–110 см.

Наименьшее количество валового Ni было обнаружено в черноземах типичных остаточно-карбонатных на меловых отложениях, и составляет в верхнем слое 14,4 мг/кг почвы, что примерно в 3 раза меньше фонового содержания (рис. 1). На глубине 40–50 см обнаружено всего 9,0 мг/кг почвы, а в слое 70–80 см 0,3 мг/кг почвы этого элемента.

Наиболее подвижным никель оказался в черноземе типичном обычном. Этот показатель постепенно уменьшается вниз по профилю до глубины залегания геохимического барьера (карбонатного горизонта), где наблюдается резкое уменьшение подвижного никеля. Карбонатные и остаточно-карбонатные роды содержат наименьшее количество подвижного Ni (рис. 2)

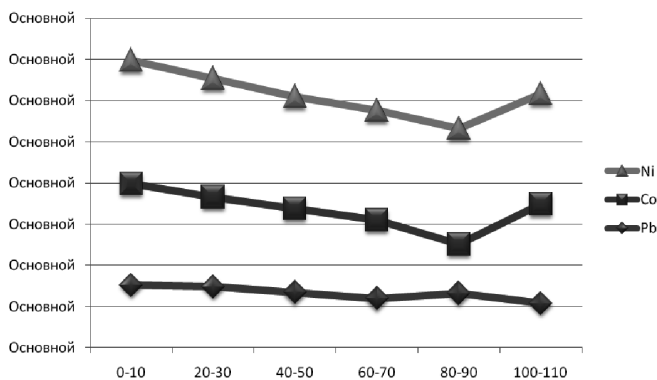


Рис. 2. Профильное распределение подвижных форм Pb, Co и Ni в черноземе типичном обычном

Самая низкая подвижность Ni была установлена в черноземе остаточно-карбонатном, что хорошо видно на рисунке 3. Причиной этого послужило обилие карбонатов по всему профилю, которые связывают укзанные металлы в нерастворимые формы.

Свинец. Кларк свинца в почве 16,0 мг/кг. По сравнению с другими тяжелыми металлами он наименее подвижен, причем степень подвижности элемента сильно снижается в карбонатных почвах. Естественное содержание свинца в почвах наследуется от материнских пород и тесно связано с их минералогическим и химическим составом.

Кислотно-щелочные условия контролируют, в числе других факторов, адсорбцию Pb почвами. В интервале pH 6,5–8,0 растворимость соединений свинца резко падает. Высокой адсорбционной способностью к Pb обладают глинистые минералы, особенно монтмориллонит и иллит.

Свинец особенно интенсивно сорбируется органическим веществом почв. С этим связано накопление преимущественно обменных форм Pb в органогенных горизонтах почв. Наибольшее количество валового Pb отмечается в верхних горизонтах за счет его биогенной аккумуляции.

Валовое содержание Pb в типичных черноземах обычных родов примерно близкое к фоновому и составляет в верхнем горизонте 21,0 мг/кг. По профилю этот элемент распределяется относительно равномерно, не значительно накапливаясь на границе с карбонатным горизонтом, где фиксируется пик его содержания 22,4 мг/кг почвы (рис. 4).

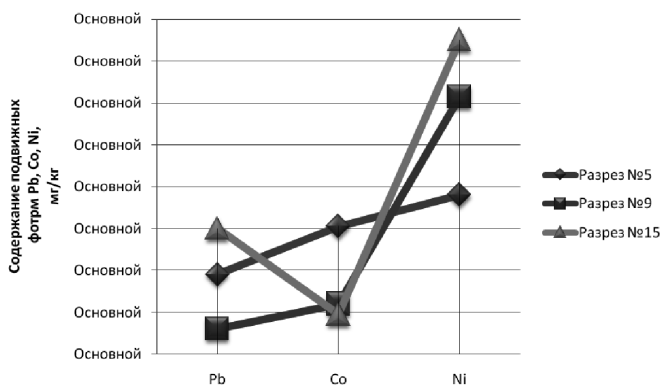


Рис.3. Содержание подвижных форм Pb, Co и Ni в черноземе типичном обычном, карбонатном и остаточно-карбонатном в слое 0–10см



Рис. 4. Содержание валовых форм Pb, мг/кг

Присутствие карбонатов с поверхности и подстилания почв меловыми отложениями в пределах полутораметровой толщи явилось причиной уменьшения содержания в них свинца, например, в слое 0–10 см этого элемента содержится 15,4 мг/кг почвы, что в некоторой степени обусловлено биогенной аккумуляцией. С глубиной содержание валового свинца постепенно уменьшается до 11,4 мг/кг почвы на глубине 100–110 см (рис. 4).

В черноземах типичных остаточно-карбонатных на меловых отложениях наибольшее содержание свинца так же зафиксировано в верхнем слое и составляет 11,3 мг/кг. В иллювиальном горизонте его количество резко уменьшается в 5 раз, что объясняется присутствием большого количества карбонатов на этой глубине.

Содержание подвижного свинца, а также никеля, наиболее высокое в гумусовом и наименьшее в карбонатном горизонте чернозема типичного обычного (рис. 2).

Кобальт (Co). Кларк кобальта в почве 40 мг/кг, где он содержится в двух- и трехвалентной форме. Вследствие способности кобальта менять валентность, его подвижность зависит от окислительно-восстановительных условий среды. Экспериментальные работы показывают, что подвижность кобальта растет с падением окислительного потенциала. Вследствие того, что подвижность кобальта обратно пропорциональна рН почвы, т. е. с увеличением рН снижается усвояемость кобальта растениями. При повышении рН почвы от 5,8 до 7,2 содержание подвижного кобальта уменьшается вдвое. Накопление кобальта в почвах обусловлено также, как Ni и Pb, количеством органического вещества. В связи с чем

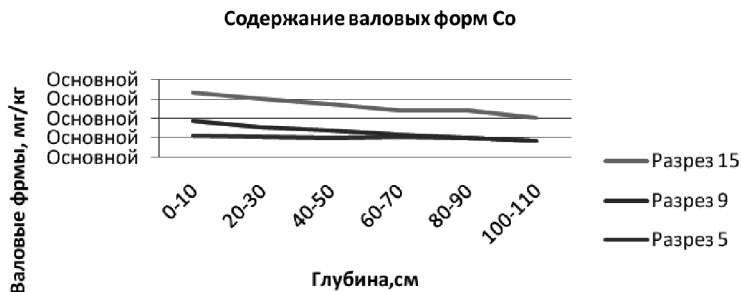


Рис. 5. Содержание валовых форм Ni, мг/кг

верхние горизонты почв всегда обогащены кобальтом. Накапливается кобальт в гумусовых горизонтах почв.

Анализ полученных нами данных показал достаточную близость закономерностей в содержании валовых форм кобальта в черноземах типичных разной степени карбонатности с содержанием никеля и свинца. На рисунке 5 видно, что в черноземе типичном обычного рода содержание валового кобальта близко к фоновому, составляя 14,3 мг/кг почвы. В профиле наблюдается постепенное снижение количества Со до 11,9 до глубины 80–90 см, где залегает карбонатный горизонт и наблюдается пик накопления этого элемента до 14,0 мг/кг почвы (рис. 5).

Характер профильного распределения подвижных кобальта в изученном ряду почв аналогичен распределению Ni и Pb (рис. 2, 3) и зависит от содержания карбонатов и pH.

Таким образом, изучение влияния карбонатов на содержание и распределение в профиле типичных черноземов валовых форм Pb, Ni и Со показало, что их связыванию и накоплению в почве способствует CaCO_3 . При формировании почв на меловых отложениях или при близком подстилании ими лессовидных суглинков наблюдается значительное снижение содержания валовых форм Pb, Ni и Со.

Концентрация подвижных форм изученных ТМ возрастает в ряду: чернозем остаточно-карбонатный < чернозем карбонатный < чернозем типичный обычный, что связано с уменьшением pH и содержанием карбонатов.

УДК 631.4

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППИРОВКА СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВОРОНО-ЦНИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ*

Левченко Екатерина Александровна

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: novichkova.ea@gmail.com

Козлов Даниил Николаевич

кандидат географических наук,

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: daniilkozlov@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты исследования почвенного покрова Приволжской возвышенности Тамбовской области. Проведена агроэкологическая группировка и картографирование земель Вороно-Цнинского междуречья по проявлению весеннего переувлажнения на основе дешифрирования разновременных космических снимков Landsat TM, ETM+ и OLI.

Ключевые слова: структура почвенного покрова, почвы Тамбовской области, гидроморфизм почв, агроэкологическая оценка и типология земель.

THE AGROECOLOGIC GROUPING OF SOIL COVER STRUCTURES OF VORONA-TSNA INTERFLUVE OF TAMBOV OBLAST

Levchenko E. A.

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: novichkova.ea@gmail.com

Kozlov D. N.

candidate of geographical sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: daniilkozlov@gmail.com

Abstract. The results of the investigation of soil cover of Volga Upland of Tambov oblast are presented. The agroecologic grouping and mapping of lands of Vorona-Tsna interfluve is conducted. The lands were grouped according to the manifestation of spring overmoistening on the basis of interpretation of multitemporal space images derived from Landsat TM, ETM+ and OLI satellites.

Keywords: soil cover structure, soils of Tambov oblast, hydromorphism of soils, agroecologic evaluation and typology of lands.

* Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ №16-35-00539.

Ведущим лимитирующим фактором сельскохозяйственного использования земель Тамбовской области является переувлажнение. Несмотря на продолжительную историю изучения гидроморфизма почв и почвенного покрова Окско-Донской низменности Тамбовской области (А.Б. Ахтырцев, Е.Н. Иванова, Ф.Р. Зайдельман, А.В. Трубников) на современных картах доминирующими почвами показаны черноземы выщелоченные и типичные [5], что соответствует представлениям середины прошлого века [4]. Доля черноземов в составе почвенного покрова лесостепных ландшафтов Приволжской возвышенности Тамбовской области так же завышена [3]. Искаженное представление о структуре почвенного покрова (СПП) негативно сказывается на использовании земельных ресурсов региона: применяются системы земледелия, не адаптированные к переувлажненным почвам, не реализуется агрономический потенциал угодий.

Цель исследования – агроэкологическая группировка и картографирование земель Вороно-Цнинского междуречья по проявлению весеннего переувлажнения, на основе дешифрирования разновременных космических снимков Landsat TM, ETM+ и OLI.

Факторами, определяющими широкое развитие гидроморфизма Приволжской возвышенности на пологоволнистых междуречных равнинах Цны и Вороны стали почвообразующие породы, климат и рельеф. Почвообразующие породы представлены тяжелосуглинистыми лесовидными суглинками, подстилаемые глинистыми донскими моренными или озерными отложениями. Атмосферное увлажнение носит циклический характер: во влажные годы может выпадать до 800 мм осадков, в сухие – менее 400 мм.

В пределах междуречья выделено три типа местности: 1) слабонаклонные плакорные равнины, расчлененные сетью ложбин, балок и долин малых рек с грунтовыми водами глубже 6 м; 2) слабонаклонные замедленно дренируемые равнины, расчлененные верховьями эрозионной сети с грунтовыми водами на глубине 4–6 м; 3) субгоризонтальные междуречные недренируемые равнины, не затронутые эрозионной сетью, осложненные западинами с застоем влаги после снеготаяния до 2–3 месяцев и залеганием пресных грунтовых вод гидрокарбонатно-кальциевого состава на глубинах от 1,5 до 3 м.

В отличие от классической методики выделения агроэкологических групп [1] на основе объединения элементарных почвенных структур (ЭПС) по сходству продуктивности и условиям их возделывания, макет карты групп ЭПС был составлен путем их прямой диагностики на основе визуального дешифрирования разновременных космических снимков [2]. В 2014–2016 гг. для верификации макета проведено детальное почвенно-топографическое обследование ключевых участков в трех типах местнос-

ти. Комбинации элементарных почвенных ареалов (ЭПА), выявленные при почвенной съемке, объединялись в ЭПС с их последующей агроэкологической группировкой.

Выделено три группы агроэкологически однородных для возделывания сельскохозяйственных культур: автоморфно-полугидроморфные, приуроченные к плакорному типу местности, полугидроморфные замедленно дренируемого и гидроморфные междуречного недренируемого типа местности (табл. 1).

Структура почвенного покрова *автоморфно-полугидроморфных* земель представлена пятнистостями луговато-черноземных обычных, выщелоченных и оподзоленных и пятнистостями луговато-черноземных обычных, выщелоченных, оподзоленных и слабосмытых почв. Для обеих комбинаций характерно доминирование луговато-черноземных почв (50–70%). Луговато-черноземные выщелоченные занимают отрицательные элементы микрорельефа (до 30 %), а луговато-черноземные оподзоленные встречаются только в днищах крупных ложбин (1 %). Кроме того, в пределах коротких прибалочных склонов с уклоном до 5° встречаются эродированные почвы. В нормальные и влажные по атмосферным осадкам годы на глубине 1–3 м формируется горизонт верховодки, обеспечивающий растения дополнительной влагой в течение вегетационного периода. В связи с дополнительным увлажнением почв нужно ожидать более высокого отклика от применения удобрений и других вложений, направленных на интенсификацию агротехнологий.

Таблица 1

Агроэкологическая группировка ЭПС Вороно-Цнинского междуречья

Агроэкологические группы	Типы местности		
	плакорный	замедленно дренируемый	междуречный недренируемый
автоморфно-полугидроморфные	пятнистость Чл1оЧл1вЧл1оп*		
	пятнистость Чл1оЧл1вЧл1эЧл1оп		
полугидроморфные		ЭПА ЛЗпго	
гидроморфные			пятнистость ЛчвЧл2оЛчм
			комплекс Чл2оЛчвВлос

* Подтипы почв: Чл1 – луговато-черноземная; Чл2 – лугово-черноземная; Лч – луговая; Вл – влажнолуговая; ЛЗпг – темно-серая лесная поверхностно-глееватая. Роды: о – обычная; в – выщелоченная; оп – оподзоленная; э – эродированная; м – омергелеванная; ос – осолодевшая.

В составе группы ЭПС слабонаклонных замедленно дренируемых равнин *полугидроморфных земель* отсутствуют эродированные почвы, а доля луговато-черноземных оподзоленных достигает 25%. На таких землях растения не испытывают недостатка почвенной влаги даже в засушливые годы. В крупных замкнутых депрессиях, аккумулирующих поверхностный сток талых и ливневых вод расположены ЭПА темно-серых лесных поверхностно-глеватых почв. Во влажные годы такие западины не пригодны к обработке, озимые в них погибают либо угнетены.

Подгруппа гидроморфных земель занимает междуречный недренируемый тип местности. Условия увлажнения и особенности химизма грунтовых вод сопряжены с выраженным микрорельефом, из-за чего для данной группы земель характерна повышенная контрастность почвенного покрова. Комплекс лугово-черноземных обычных, луговых выщелоченных и влажнолуговых осолоделых (до 5%) приурочен к субгоризонтальному участку с обилием западин, а пятнистость лугово-черноземных обычных, луговых выщелоченных и омергелеванных (10%) к участкам с сетью слабовыраженных ложбин. При их обработке наиболее ярко проявляется неоднородность сроков готовности почвы к посеву, невыравненность всходов, пестрота урожая, значительное снижение общей продуктивности в средние и влажные по осадкам годы.

Таким образом, на основе дешифрирования разновременных космических снимков возможно выделение переувлажненных агроэкологических групп земель лесостепной зоны. Для Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности характерны три группы земель – автоморфно-полугидроморфные, полугидроморфные и гидроморфные, обусловленные особенностями мезорельефа и эрозионного расчленения.

Список литературы

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий : методическое руководство / под ред. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Грибов В.В. Дистанционная диагностика полугидроморфных структур почвенного покрова Приволжской возвышенности лесостепной зоны / В.В. Грибов, Е.А. Новичкова, Д.Н. Козлов // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, часть II. – Москва–Белгород : Изд. дом «Белгород», 2016. – С. 297–298.
3. Левченко Е.А. Гидроморфные и полугидроморфные почвы лесостепи Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности: диагностические свойства и классификация / Е.А. Левченко, Д.Н. Козлов, М.А. Смирнова, Т.Н. Авдеева // Бюллетень Почвенного института, 2017.
4. Почвенная карта Тамбовской области, М 1:250 000 / М.Г. Шитиков, А.И. Малахова, А.К. Старков. – 1958.
5. Тамбовская лесостепь: природа и общество. – Тамбов : Издательский дом ТГУ имени Г.Р. Державина, 2013. – 320 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ МОЛДОВЫ: ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ИХ ОХРАНА

Лях Тамара Георгиевна

*доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
Институт почвоведения,
агротехники и охраны почв им. Н.А. Димо, г. Кишинев
E-mail: tamaraleah09@gmail.com*

Аннотация. В последние десятилетия высокоплодородные черноземы Молдовы подвержены интенсивной деградации из-за антропогенной деятельности, сокращения площадей лесных полос, разрушения гидротехнических противоэрозионных сооружений, нерационального использования земель и др., что привело к существенному снижению производительной способности почв. Сложившаяся ситуация вызывает интенсивное развитие процессов опустынивания и ведет к ухудшению экологической обстановки. На основе изучения факторов деградации разработан научно-обоснованный комплекс мероприятий, применяемый для улучшения деградированных почв Молдовы.

Ключевые слова: черноземы Молдовы, факторы деградации, охрана почв.

ECOLOGICAL STATE OF MOLDOVA'S OF CHERNOZEMS: USE AND PROTECTION PROBLEMS

Leah T. Gh.

*doctor of agricultural sciences, associate professor,
Institute of Soil Science,
Agrochemistry and Soil Protection «Nicolae Dimo», Chisinau
E-mail: tamaraleah09@gmail.com*

Abstract. In recent decades, highly productive chernozems of Moldova are subject to intensive degradation due to human activities, reducing the area of forest belts, failure of hydraulic erosion control, unsustainable land use et al., that led to a significant reduction in the productive capacity of these soils. This situation causes the rapid development of desertification processes and leads to deterioration of ecological environment. On the basis of the degradation factors research were developed an evidence-based of measures complex used to improve degraded soils.

Keywords: chernozem, degradation factors, soil protection

Введение. Многообразии природных условий привело к формированию на территории Республики Молдова сложного и комплексного почвенного покрова. Изменение климатических условий и растительности с севера на юг – к формированию горизонтальной зональности почвенного

покрова, которая сильно осложнена особенностями геоморфологического строения территории. Под современной и предшествовавшей лесной растительностью (высота 200–350 м) сформировались *серые и бурые лесные почвы, черноземы ксерофитно-лесные*. Под степной растительностью сформировались черноземы: *оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные*.

В пределах Центрально-Молдавской возвышенности наблюдается высотная дифференциация почв. Бурые и серые лесные почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы Центральной Молдовы, образовавшиеся в результате вертикальной зональности, отличаются от аналогичных почв севера Молдовы более контрастным режимом увлажнения и благоприятным температурным режимом, менее выраженной текстурной дифференциацией профиля. Особенностью почвенного покрова земельного фонда с.-х. назначения является преобладание в его структуре черноземов (78,4%), которые вместе с лугово-черноземными почвами (3,6%) занимают до 82% от общей площади, серые лесные занимают 6,5%, гидроморфные почвы – 8,7% [1].

Сложность структуры почвенного покрова, многообразие деструктивных воздействий природных факторов, хозяйственная деятельность человека обуславливают широкое развитие *процессов деградации* и разрушения земель с.-х. назначения. Черноземы как тип почв характеризуются относительно благоприятными агрономическими свойствами и обладают высоким естественным плодородием. Однако при нынешнем режиме эксплуатации подвержены процессам интенсивной деградации. Существует опасность, что при сохранении установившихся темпов проявления деградации, в ближайшее время черноземы могут исчезнуть как тип почв, что окажется настоящей экологической и экономической катастрофой для Молдовы.

Основными факторами деградации черноземов являются [2]:

– сильное проявление водной эрозии в результате интенсивной эксплуатации земель, без надлежащей противоэрозионной организации территории и при несоблюдении требований соответствующей агро-техники;

– дегумификация как следствие интенсивной минерализации органического вещества в распаханных почвах в условиях семиаридного климата и невозполнения его запасов путем внесения органических удобрений и соблюдения севооборотов (средние ежегодные потери гумуса в настоящее время составляют 1,3 т/га или 0,01%);

– разрушение почвенной структуры и переуплотнение пахотного слоя почв вследствие чрезмерных обработок и дегумификации;

– проявление в тяжелых почвах, и в почвах, имеющих иллювиальные и камбиковые горизонты (оглиненные и уплотненные), периодического временного переувлажнения;

– значительное содержание карбонатов в верхних горизонтах карбонатных и обыкновенных черноземов, как результат аридного климата юга Молдовы и проявления процессов эрозии.

В целом по Молдове качественное состояние почв удовлетворительное – средневзвешенный бонитет с.-х. земель равен 63 баллам. Почвы с бонитетом более 70 баллов занимают 48% от площади с.-х. земель. Эти почвы не подвержены процессам деградации или проявляются в слабой степени. Почвы среднего и удовлетворительного качества занимают 28% площади с.-х. земель и испытывают влияние процессов деградации в средней степени. Почвы низкого и очень низкого качества занимают 16% площади. Эти почвы подвергаются процессам деградации в средней и сильной степени, малопродуктивны в полеводстве, но рекомендованы для виноградников. Почвы низкого качества и непродуктивные занимают 8% площади с.-х. угодий. Освоение и улучшение таких почв связано с большими финансовыми затратами на коренную мелиорацию и восстановление плодородия.

Прослеживается четкая тенденция ухудшения качественного состояния почв Молдовы. Наличие 58% деградированных почв, служит базой развития ускоренных процессов деградации. Без принятия неотложных мер по защите и улучшению земель, при существующих темпах деградации, через несколько лет можно ожидать сильного изменения в качественном состоянии почв.

Деградирующими считаются почвы, в которых устойчивые негативные процессы антропогенного и природного характера привели к снижению их продуктивности или качества продукции и, соответственно, повышению затрат на восстановление уровня производства. Уровень деградации почв оценивается степенью их физической, химической и биологической деградации. Критерием деградации служит конкретная характеристика почв, свидетельствующая об ухудшении их свойств. За относительный эталон почвы, считающейся условно недеградированной, используются средние статистические параметры распаханых зональных полнопрофильных почв. Почвы, которые полностью сохранили бы свое первоначальное естественное плодородие, на территории республики не сохранились. Длительное их использование под пашню, даже без воздействия других деградационных процессов, приводит к потере около 30% их первоначального естественного плодородия [3].

Охрана и рациональное использование почвенных ресурсов являются для Молдовы самыми важными экологическими проблемами. На основании защитного комплекса почв и необходимых мер по охране окружающей среды для каждого с.-х. угодья нужно установить лимиты хозяйственной деятельности, направленные на обеспечение экологической стабильности агро-ландшафтов, которые предусматривают:

- максимально допустимую долю пашни, облесения и защиты территории;
- переориентирование структуры посевных площадей в сторону увеличения доли почвозащитных культур;
- строгость в определении состава и осуществления технологических операций в течение всего периода выращивания с.-х. культур;
- пределы использования минеральных удобрений, органических отходов и пестицидов на эродированных почвах;
- пределы с.-х. мелиорации и использования эрозионноопасных земель при переводе их в мелиоративную стадию.

Под влиянием и по мере увеличения нагрузки на естественные комплексы и постоянного нарушения защитных функций природы, возникает необходимость компенсаций этих нарушений путем создания более эффективных антропогенных комплексов или даже целых инженерно-технических систем. Однако более легкий путь – это предупреждение ошибок ещё на стадии определения целей использования территории, чем устранение их последствий.

Заключение. Производительную способность почв можно повысить не только применением агротехнических, агрохимических и других мер, но и путем оптимального размещения с.-х. культур с учетом их биологических требований к свойствам почв. Потенциальные возможности почв очень высокие. Необходимо только должным образом защищать их от процессов, ухудшающих качественное состояние, и рационально использовать их природные возможности.

Список литературы

1. Андриеш С.В. Программа освоения деградированных земель и повышения плодородия почв. Ч. I. Мелиорация деградированных почв / С.В. Андриеш и др. – Chisinau : Pontos, 2005. – 170 с.
2. Крупеников И.А. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения / И.А. Крупеников. – Chisinau : Pontos, 2008. – 288 с.
3. Синкевич З.А. Современные процессы в черноземах Молдавии / З.А. Синкевич. – Кишинев : Штиинца, 1989. – 218 с.

УДК 631. 423.4

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И УГЛЕВОДОРОДАМИ ПОЧВ УРБОЭКОСИСТЕМЫ ВОРОНЕЖА

Назаренко Наталья Николаевна

*кандидат биологических наук, доцент,
Воронежского государственного аграрного университета
имени императора Петра I, г. Воронеж
E-mail: talalajko@mail.ru*

Каверина Наталия Викторовна

*кандидат географических наук, доцент,
Воронежского государственного университета, г. Воронеж
E-mail: knataliy@mail.ru*

Свистова Ирина Дмитриевна

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежского государственного педагогического университета, г. Воронеж
E-mail: svistova@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены уровни содержания органических и неорганических загрязнителей в почвах города Воронежа. Допустимый уровень загрязнения почвенного покрова установлен в рекреационной и селитебной зонах города. Геохимически опасная обстановка сложилась в промышленной и транспортной зонах левобережной части города Воронежа.

Ключевые слова: городские почвы, тяжелые металлы, бенз(а)пирен.

ASSESSMENT OF POLLUTION OF HEAVY METALS AND HYDROCARBONS SOIL CITY OF VORONEZH

Nazarenko N. N.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh
E-mail: talalajko@mail.ru*

Kaverina N. V.

*candidate of geographical sciences, associate professor,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: knataliy@mail.ru*

Svistova I.D.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State Pedagogical University, Voronezh
E-mail: svistova@mail.ru*

Abstract. The evaluation of the content of organic and inorganic pollutants in soils of the city of Voronezh. The permissible level of contamination of the soil cover is installed in a recreational and residential areas of the city. Geochemical dangerous situation has developed in the industrial and transport areas of the left-bank part of the city of Voronezh.

Keywords: urban soil, heavy metals, pollution, benzo(a)pyrene.

Введение. Городские почвы выполняют ряд важнейших экологических функций и как любой компонент урбоэкосистемы подвергаются серьезным техногенным воздействиям. Приоритетными загрязнителями выступают тяжелые металлы (ТМ), нефтепродукты и полиароматические углеводороды – бенз(а)пирен (БП). Многие авторы [1, 2] считают эти поллютанты удобными индикаторными веществами при изучении загрязнения почв в силу того, что они довольно распространены и сравнительно легко определяются.

Цель нашей работы – оценить современный уровень содержания ряда тяжелых металлов и углеводородов в почвах городских зон Воронежа с разным уровнем урбаногенной нагрузки.

В национальной классификации почв России отсутствуют единые критерии диагностики почв урбанизированных ландшафтов, в связи с чем мы руководствовались классификацией антропогенно-преобразованных почв [3] и предложенной на ее основе почвенной картой Воронежа [4]. В процессе урбанизации почвенный покров города претерпел существенные изменения: *селитебная зона* – естественные поверхностно-преобразованные почвы (урбаноземы и реплантоземы); *промышленная и транспортная зоны* – антропогенные глубоко-преобразованные почвы (урбаноземы и индустрисемы). Почвы рекреационных зон города представлены ненарушенными естественными почвами, считаются условно чистыми, поэтому использовались нами для сравнения в качестве городского фона.

Объекты и методы. Пробы почвы отбирали из слоя 0–15 см в течение 2013–2015 гг. на участках, относящихся к разным функциональным зонам города отдельно в левобережной и правобережной части. Геохимический анализ отобранных образцов проведен на базе лаборатории Воронежского филиала ФБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу». В подготовленных почвенных образцах определяли валовые и подвижные формы ТМ (Cd, Pb, Zn, Cu) на атомно-абсорбционном спектрометре «СПЕКТР-5-4», концентрации БП определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии («Флюорат-02-2М»), нефтепродукты – методом хлороформ-гексановой экстракции.

Результаты и обсуждение. Анализ содержания неорганических загрязнителей (ТМ) в почве различных функциональных зон г. Воронежа представлен в таблицах 1–2.

Таблица 1

Содержание валовых форм ТМ в почвах г. Воронежа

Функциональная зона	Тяжелые металлы, мг/кг			
	Cd	Pb	Zn	Cu
	ПДК [5]			
	3,0	32,0	80,0	55,0
<i>Правобережная часть города</i>				
Рекреация (n = 4)	0,11	13,2	44,5	11,4
Селитебная (n = 5)	0,11	22,0	90,1	25,8
Промышленная (n = 5)	0,30	24,7	120,3	26,8
Транспортная (n = 7)	0,21	22,9	89,7	24,1
<i>Левобережная часть города</i>				
Рекреация (n = 3)	0,09	9,7	36,0	13,1
Селитебная (n = 5)	0,20	22,8	118,1	35,2
Промышленная (n = 6)	0,88	39,1	161,2	71,3
Транспортная (n = 5)	0,52	26,5	98,8	33,6

Жирным шрифтом выделены значения достоверно превышающие ПДК; n – количество точек отбора.

Таблица 2

Содержание подвижных форм ТМ в почвах г. Воронежа

Функциональная зона	Тяжелые металлы, мг/кг			
	Cd	Pb	Zn	Cu
	ПДК [5]			
	Менее 0,1	6	23,0	3,0
<i>Правобережная часть города</i>				
Рекреация (n = 4)	Менее 0,001	0,7	5,6	0,4
Селитебная (n = 5)	0,04	1,8	15,1	0,6
Промышленная (n = 5)	0,12	5,8	32,2	0,9
Транспортная (n = 7)	0,002	3,4	16,7	1,4
<i>Левобережная часть города</i>				
Рекреация (n = 3)	0,01	1,9	9,1	0,7
Селитебная (n = 5)	0,10	1,2	10,1	3,7
Промышленная (n = 6)	0,4	9,9	52,6	8,1
Транспортная (n = 5)	0,2	3,4	12,9	1,7

Жирным шрифтом выделены значения достоверно превышающие ПДК

В целом по правобережной части города можно отметить следующее: практически для всех валовых и подвижных форм исследуемых ТМ не обнаружено превышений ПДК, за исключением цинка в промышленных зонах. Однако, по сравнению с региональным фоном (рекреация) содержание всех валовых и подвижных форм ТМ значительно превышает. Особенно это касается промышленных и транспортных зон.

В пределах левобережной части города нами были выявлены более частые случаи превышения концентраций как валовых, так и подвижных форм ТМ. В селитебной зоне средние концентрации ТМ находятся на уровне ПДК, кроме цинка (превышение валовой формы в 1,5 раза). Подвижные формы всех ТМ здесь ниже значений ПДК и близки к городскому фону. Исключение составляют кадмий и медь (превышение над фоном в 10 и 5,2 раза соответственно). В транспортной и промышленной зоне левобережья по всем ТМ обнаружено превышение валовых и подвижных форм по сравнению с городским фоном. Для валовых форм свинца, цинка и меди обнаружены превышения ПДК.

Результаты исследования органических загрязнителей в почвах различных функциональных зон г. Воронежа представлены в таблице 3. В почвенном покрове Воронежа содержание БП значительно варьирует, изменяясь по функциональным зонам. Значения концентраций БП близкие к ПДК и ниже обнаружены в рекреациях и селитебных зонах города.

Таблица 3

Содержание органических загрязнителей в почвах г. Воронежа

Функциональная зона	Бенз(а)пирен, мг/кг	Нефтепродукты, мг/кг
	ПДК 0,02 [5]	ОДК 300 [5]
<i>Правобережная часть города</i>		
Рекреация (n = 4)	0,001	56
Селитебная (n = 5)	0,01	135
Промышленная (n = 5)	0,06	950
Транспортная (n = 7)	0,04	750
<i>Левобережная часть города</i>		
Рекреация (n = 3)	0,01	105
Селитебная (n = 5)	0,03	218
Промышленная (n = 6)	0,13	947
Транспортная (n = 5)	0,06	645

Жирным шрифтом выделены значения достоверно превышающие ПДК или ОДК

В городских зонах, испытывающих высокие техногенные нагрузки, отмечен максимум накопления БП. Существенный вклад в загрязнение вносят промышленные предприятия: в левобережной части города превышение значений ПДК составляет в 6,5 раз, а правобережной – в 3 раза. В транспортных зонах города концентрации несколько ниже, но по-прежнему высоки. Особенно это проявляется вблизи крупных транспортных развязок левобережья и центральной части правобережья.

Анализ содержания нефтепродуктов в городских почвах рекреации и жилой зоны показал отсутствие превышений ОДК (табл. 3). Наиболее высокие концентрации по-прежнему в зонах промышленного влияния и вблизи интенсивных по грузопотокам перекрестках. В настоящее время почвы промышленной и транспортной зоны города могут классифицироваться как загрязненные (превышение норматива – в 3,2 и 2,3 раза соответственно).

Заключение. Таким образом, функциональная структура города в сочетании с геохимическими условиями относится к важным факторам, определяющим уровень техногенного воздействия на почву. Допустимый уровень загрязнения почвенного покрова установлен в рекреационной и сельтебной зонах города, удаленных от промышленных объектов и крупных автодорог. Геохимически опасная обстановка сложилась в промышленной и транспортной зонах левобережной части города Воронежа.

Список литературы

1. Федорова А.И. Загрязнение поверхностных горизонтов почв г. Воронежа тяжелыми металлами / А.И. Федорова, Е.В. Шунелько // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. – 2003. – № 1. – С. 74–82.
2. Каверина Н.В. Нефтепродукты в почвах придорожных пространств / Н.В. Каверина // Вестник ВГУ. Сер. География и геоэкология. – 2002. – № 1. – С. 108–111.
3. Строганова М.Н. Городские почвы, генезис, классификации, функции / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Почва, город, экология ; под общ. ред. Г.В. Добровольского. – М., 1997. – С. 15–88.
4. Куролап С.А. Интегральная оценка экологического состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов, Л.А. Яблонских [и др.]. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 232 с.
5. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.

УДК 504.3.06

ГЕОБИОНООСФЕРНЫЙ ПОДХОД К СОХРАНЕНИЮ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН

Никитин Евгений Дмитриевич

доктор биологических наук, профессор,

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: z1110166@mail.ru

Щеглов Дмитрий Иванович

доктор биологических наук, профессор,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: dpoch@mail.ru

Никитина Ольга Георгиевна

кандидат биологических наук,

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Сабодина Евгения Петровна

кандидат философских наук,

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Аннотация. В статье обозначен геобионоосферный подход к сохранению почв и природных зон, особенно лесостепной и степной, испытавших чрезмерное антропогенное воздействие, что привело к сильному ослаблению их естественноисторических функций. Необходимо не только сохранение уцелевших естественных почв и экосистем степи и лесостепи, но и их воссоздание на значительных площадях, что предполагает, прежде всего, проведение почвенного и комплексного обследования территорий, выведенных после 90-х годов XX века из сельскохозяйственного использования. В ходе такого обследования весьма актуально выявление объектов – претендентов на включение в Красную книгу почв лесостепной и степной зон.

Ключевые слова: сохранение почв и экосистем, Красная книга почв, биосфера и ноосфера, охрана природы.

GEOBIONOOSPHERE APPROACH TO THE PRESERVATION OF SOILS OF FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONES

Nikitin E.D.,

doctor of biological sciences, professor,

Lomonosov Moscow State University, Moscow

E-mail: z1110166@mail.ru

Shheglov D.I.,

doctor of biological sciences, professor,

Voronezh State University, Voronezh

E-mail: dpoch@mail.ru

Nikitina O. G.,

*candidate of biological sciences,
Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Sabodina E. P.

*candidate of philosophical sciences,
Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Abstract. The article deals with geobionosphere approach to preservation of soils and native zones, especially forest-steppe and steppe, suffered excessive exposure to anthropogenic factors, that became the reason of the fall of there natural historic functions. It is necessary to save preserved natural soils and ecosystems of steppe and forest-steppe and also recreate them on the large territories. For this purpose soil and complex inspection of land, excluded from agricultural use after 90-s of XX cent., is required. In the process of this investigation is very actual to reveal objects that may be included in the Red book of soils of forest-steppe and steppe zones.

Keywords: soils and ecosystems preservation, Red book of soils, biosphere and noosphere, nature protection.

Эколого-почвенная проблематика давно стала одной из ведущих. Среди различных ее разделов важное место занимает зонально-региональный аспект. Для России, в связи с ее обширностью, он представляет повышенный интерес, особенно для черноземной центральной части страны. Естественно, что региональные особенности, как природные, так и социально-экономические, различных субъектов Федерации должны учитываться в полном объеме. Вместе с тем в той же мере важна реализация общих научно обоснованных принципов и положений рационального взаимодействия человека с природным комплексом, прежде всего с его почвенной составляющей, что во многом обуславливает как эффективность использования почвенных ресурсов, так и сбережение здоровой природной среды существования общества.

В то же время пока отсутствуют ясные принятые подавляющим большинством специалистов теоретические и методические разработки оптимального взаимодействия социума с окружающей средой, особенно с почвенным покровом. На VII Съезде почвоведов России (15–20.VIII. 2016) было обращено внимание на необходимость экстренного воссоздания почвенно-земельной службы страны и утверждения давно подготовленного закона об охране почв в связи с обострением экологических проблем различного уровня. Однако торможение практического осуществления как указанных, так и других подобных действий, продолжится и дальше, если не будут созданы необходимые предпосылки активизации эффективного сберегающего природо- и почвопользования (табл. 1).

Таблица 1

Система почвосохранивающих мероприятий (циф. по: [2])

Уровни сохранения почв			
Защита почв от прямого уничтожения и полной гибели	Защита освоенных почв от качественной деградации	Предотвращение негативных изменений освоенных почв	Восстановление деградированных освоенных почв
Виды сохранения почв			
Ограничение отведения новых земель под различные объекты	Защита почв от водной эрозии	Регулирование пищевого режима почв	Диагностирование патологии почв
Ограничение и запрещение открытых разработок полезных ископаемых	Защита почв от дефляции	Регулирование водного и теплового режима почв	Снятие дальнейшего действия факторов, вызывающих деградацию почв
Максимальное использование ранее выведенных из биосферы территорий и их участков	Предотвращение деградации почв из-за нерационального проведения мелиораций	Регулирование газового режима почв	Временное исключение деградированных земель из хозяйственного использования
Установление объективных пен на земли, отводимые под строения и др.	Предотвращение наземного и воздушного химического и радиоактивного загрязнения почв	Поддержание биохимической активности и сохранение полноценной биоты почв	Очищение загрязненных почв
Своевременное проведение рекультиваций и правяная ответственность за их невыполнение	Защита почв от биологического загрязнения	Регулирование фитического состояния почв и предотвращение их обесструктурирования и уплотнения	Биологизация почв и восстановление устойчивости их плодородия; внесение органических удобрений, травосеяние и др.
			Сохранение и восстановление естественных почв как компонента биосферы
			Резервирование целинных почв с целью ограничения их использования
			Полное соблюдение требований охраны почв особо охраняемых территорий
			Исключение части освоенных редких и эталонных почв из хозяйственного использования и их восстановление
			Соблюдение особого режима использования и охраны высокобонитетных и "опытных" почв
			Организация новых комплексов и почвенных заказников, заповедников, памятников природы и др.

Одной из таких предпосылок может служить реализация геобиоооферного подхода во взаимодействии социума с окружающей средой и ее компонентами, в первую очередь с почвенным покровом [1–3, 5–8]. Суть данного подхода заключается в корректной трактовке работ В.И. Вернадского по биосферной и ноосферной проблематике, их синтезе и развитии в русле идей самого Владимира Ивановича и его последователей.

Важнейшим направлением мысли Вернадского была констатация неразрывного единства биосферы и ноосферы: «Мы живем в исключительное время в истории нашей биосферы, когда создается новое ее состояние – ноосфера и когда геологическая роль человека начинает господствовать в биосфере и открываются широкие горизонты его будущего развития» [1, с. 250]. И далее: «В геологической истории биосферы перед человечеством открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление» [там же, с. 302].

Таким образом, гармонизацию взаимоотношений общества с почвой и природой в целом, к которому давно призывают все здравомыслящие ученые и мыслители, нельзя далее просто озвучивать [4]. Ее нужно настойчиво реализовывать на практике. Что это означает для почв и экосистем лесостепной и степной зон, в их центральных и других районах?

Прежде всего, необходимо признать, что лесостепь и степь в большинстве регионов были подвергнуты чрезмерной антропогенной нагрузке, поскольку во многих субъектах Федерации их освоенность составила 90 % и более. В то же время при сбалансированном природопользовании естественные экосистемы должны составлять в лесостепи 35–40 %, а в степи 40–60 % [2].

В настоящее время в связи с выведением из хозяйственного использования после 90-х годов XX века больших площадей почвенного покрова имеется возможность пополнить долю естественных экосистем и почв за счет тех переставших использоваться участков, где процессы восстановления зональных биогеоценозов продвинулись достаточно далеко.

Для этого необходимо почвенное обследование целого ряда районов с соответствующим картированием, экологической оценкой и выявлением перспективных для укрепления экологического каркаса полигонов – претендентов на включение в сеть особо охраняемых территорий (ООТ). Данное обследование должно тесно координироваться с почвенно-красноknижными работами, проведение которых в лесостепных и степных регионах России, особенно в центральной черноземной ее части, становится все более актуальным.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1987. – 340 с.
2. Добровольский Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – 365 с.; 2-е изд. – 2012. – 415 с.
3. Красная книга почв России / ред. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М. : МАКС Пресс, 2009. – 575 с.
4. Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя / Д. Медоуз, Й. Рандерс. – М., 2008. – 250 с.
5. Никитин Е.Д. Геоннтегралогия: гармонизирующее развитие и геобионосфера / Е.Д. Никитин. – М. : МАКС Пресс, 2016. – 208 с.
6. Научные и организационно-методические аспекты Красных книг почв степных и лесных регионов / Е.Д. Никитин, Д.И. Щеглов, О.Г. Никитина, Е.П. Сабодина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 3. – С. 95–100.
7. Прохоров Б.Б. Социальная экология / Б.Б. Прохоров. – М. : Изд. Центр «Академия», 2012. – 432 с.
8. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 300 с.

УДК 57.042

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ НА АКТИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Новоселова Евдокия Ивановна

*доктор биологических наук, профессор,
Бакирский государственный университет, г. Уфа
E-mail: novoselova58@mail.ru*

Волкова Ольга Олеговна

*аспирант,
Бакирский государственный университет, г. Уфа
E-mail: wolkova.olja@yandex.ru*

Аннотация. В статье приведен сравнительный анализ влияния внесения различных доз свинца и кадмия в дозы 5, 10, 20 и 40 мг/кг почвы на активность окислительно-восстановительных ферментов: каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы чернозема обыкновенного в условиях лабораторного опыта в годовой динамике на 3, 90, 180 и 360 сутки с начала эксперимента. Металлы вносили в виде растворенных в воде солей (Pb(CH₃COO)₂·3H₂O), Cd(CH₃COO)₂·2H₂O). В ходе исследований установлена обратная зависимость активности каталазы и полифенолоксидазы от дозы свинца и кадмия, и прямая зависимость активности пероксидазы.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, свинец, кадмий, каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF LEAD AND CADMIUM ON THE ACTIVITY OF REDOX ENZYMES OF ORDINARY CHERNOZEM

Novoselova Evdokia Ivanovna

*doctor of biological sciences, professor,
Bashkir state University, Ufa
E-mail: novoselova58@mail.ru*

Volkova Olga Olegovna

*post graduate student,
Bashkir state University, Ufa
E-mail: wolkova.olja@yandex.ru*

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the impact of introduction of different doses of lead and cadmium in doses of 5, 10, 20 and 40 mg / kg of soil on the activity of redox enzymes: catalase, peroxidase, black soil polyphenol oxidase of the ordinary in terms of laboratory practices in the annual dynamics of 3, 90 , 180 and 360 hours from the start of the experiment. Metals were added in the form of dissolved salts (Pb (CH₃COO)₂*3H₂O), Cd (CH₃COO)₂*2H₂O). The studies established an inverse relationship activity of catalase and polyphenol oxidase on the dose of lead and cadmium, and is a direct correlation of peroxidase activity.

Keywords: heavy metals, contamination, lead, cadmium, catalase, peroxidase, polyphenoloxidase

Введение. На территории Башкортостана черноземы являются наиболее ценным почвенным фондом, их общая площадь составляет 31,7 % территории республики. Они характеризуются целым рядом региональных особенностей, обусловленных сложным сочетанием природных условий почвообразования. К этим особенностям, прежде всего, относится укороченность профиля при достаточно высоком содержании гумуса [5], что делает их более уязвимыми по сравнению с аналогичными почвами других регионов России. Антропогенный прессинг на почвенный покров в таком промышленно развитом регионе, как Башкортостан, приводит к накоплению в почве поллютантов в очень больших концентрациях и как следствие к потере одного из важнейших ее свойств – плодородия [3]. Одним из приоритетных загрязнителей являются тяжелые металлы (ТМ), их токсичное действие во многом зависит от свойств почвы и особенностей поведения конкретного металла [2].

Исследования последних лет позволили предположить, что ферментативная активность почвы является отражением взаимодействия ТМ и микроорганизмов, а активность ферментов можно рассматривать в ка-

честве индикаторного показателя состояния антропогенных почв [1]. Известно, что важная роль на определенных этапах гумусообразования принадлежит окислительно-восстановительным ферментам: полифенолоксидазе и пероксидазе. Фермент каталаза, относящийся так же к этой группе энзимов, снижает перекисную токсичность почвы для живых организмов. Они реагируют на воздействие тяжелых металлов, обладающих сильными окислительно-восстановительными свойствами.

Объекты и методы. В лабораторных условиях в модельном опыте изучалось влияние свинца и кадмия на активность каталазы, пероксидазы, полифенолоксидазы чернозема обыкновенного среднесуглинистого (гумус – 8,6%; pH_{H_2O} 7,8) в годовой динамике.

Почву предварительно очистили от механических примесей, просеяли через сито (3 мм) и увлажнили до 60% от полной влагоемкости. Свинец и кадмий вносили в виде растворенных в воде солей ($Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$), $Cd(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$) в дозах 5, 10, 20 и 40 мг/кг почвы. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы определяли по методам Л. А. Карягиной, Н. А. Михайловской (1986), каталазы по методу А.Ш. Галстяна (1965), описанным Ф.Х. Хазиевым (2005) на 3, 90, 180 и 360 сутки с начала эксперимента [4].

Результаты и обсуждения. Проведенный эксперимент показал, что интенсивность процессов разложения перекиси водорода в образцах чернозема обыкновенного снижалась с ростом дозы свинца и кадмия относительно активности в не загрязненной почве в годовой динамике (рис. 1).

На 3 и 360 сутки сохранялось токсичное действие этих металлов на активность данного фермента, но не выявлена прямо пропорциональная зависимость “доза-эффект”. Явные различия в негативном влиянии между свинцом и кадмием на активность каталазы наблюдались на 90 и 180 сутки. В эти периоды кадмий проявил большую токсичность по сравнению со свинцом и процент снижения активности при его внесении составил 12–36% и 11–64%, свинца 8–20% и 11–25% соответственно.

Изучение влияния свинца и кадмия на активность полифенолоксидазы показало, что с ростом их дозы снижалась интенсивность превращения органических соединений ароматического ряда в компоненты гумуса (рис. 2). Причем в большей степени эти процессы замедлялись при загрязнении свинцом на 3, 90 и 180 сутки по сравнению с кадмием. На 360 сутки повысилась токсичность кадмия.

Внесение металлов в почву повышало активность пероксидазы в течение всего эксперимента (рис. 3). Стимулирующий эффект кадмия и свинца на активность фермента проявлялся по-разному. На 3, 90 и 180 сутки свинец интенсифицировал в большей степени процессы трансформа-

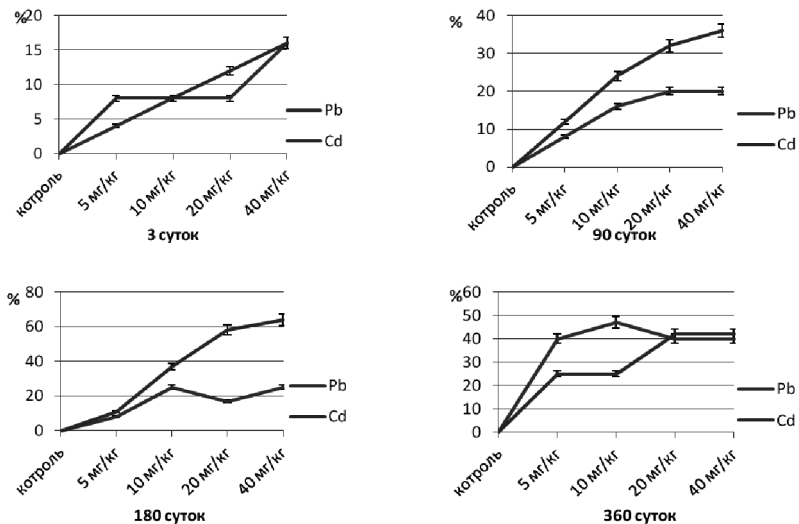


Рис. 1. Процент снижения активности каталазы в черноземе обыкновенном, загрязненном различными дозами свинца и кадмия

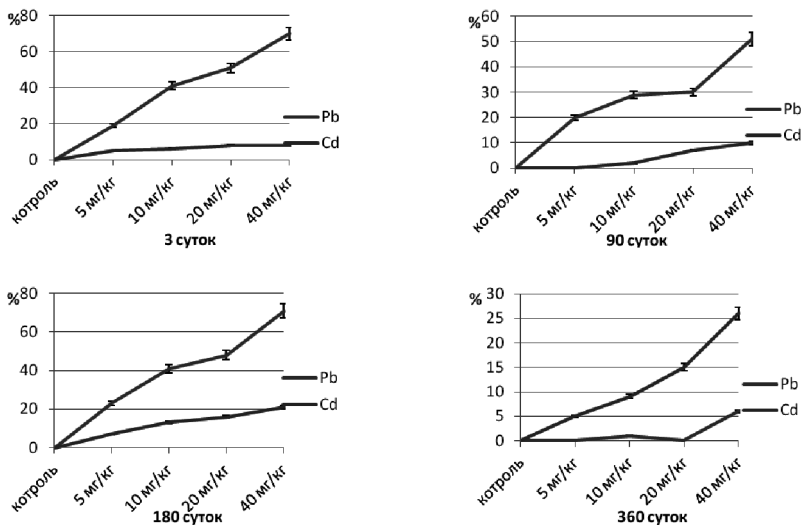


Рис. 2. Процент снижения активности полифенолоксидазы в черноземе обыкновенном, загрязненном различными концентрациями свинца и кадмия

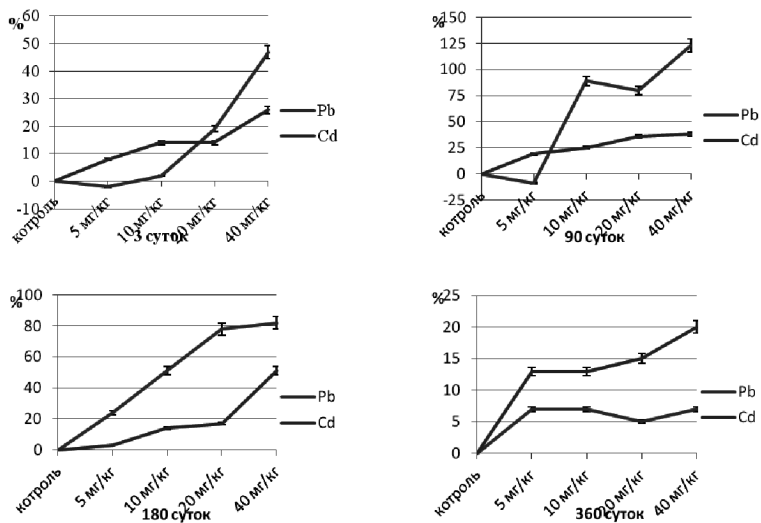


Рис. 3. Процент повышения активности пероксидазы в черноземе обыкновенном, загрязненном различными концентрациями свинца и кадмия

ции органического вещества, протекающие с участием этого фермента. На 360 сутки наблюдалась иная зависимость: активность пероксидазы была выше при внесении кадмия по сравнению со свинцом.

Выводы.

1. Внесение свинца и кадмия в чернозем обыкновенный повышало перекисную токсичность почвы для живых организмов, особенно при загрязнении кадмием.

2. Повышение активности пероксидазы и снижение полифенолоксидазы при внесении металлов в почву относительно не загрязненной является показателем изменения направленности процессов трансформации органического вещества в ней. Это влияние усиливалось с ростом дозы металлов.

3. Проведенные исследования дают возможность дальнейшего изучения активности этих ферментов в целях диагностики загрязненности почв тяжелыми металлами.

Список литературы

1. Галиулин Р.В. Ферментативная индикация загрязнения почв тяжелыми металлами / Р.В. Галиулин, Р.А. Галиулина // *Агрохимия*. – 2006. – № 11. – С. 84–96.
2. Максимов Е.В. Влияние антропогенных факторов химической природы на некоторые эколого-биохимические характеристики растений / Е.В. Максимов, А.А. Косицына, О.Н. Макурина // *Вестник СамГУ*. – 2007. – № 8. – С. 146–151.

3. Щелчкова М.В. Комплексное влияние тяжелых металлов на ферментативную активность и эффективное плодородие мерзлотной лугово-черноземной почвы / М.В. Щелчкова, Л.К. Стручкова, И.А. Федоров // Вестник СВФУ. – 2010. – Т. 7. – № 4. – С. 16–21.

4. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М. : Наука, 2005. – 252 с.

5. Хазиев Ф.Х. Почвы республики Башкортостан и регулирование их плодородия / Ф.Х. Хазиев. – Уфа : Гилем, 2007. – 288 с.

УДК:631.674.6:631.445.4

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КРЫМА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

Орёл Таисия Ивановна

кандидат сельскохозяйственных наук,

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта

E-mail: taisiyaorel@yandex.ru

Аннотация. Показаны изменения в составе и свойствах южного и предгорного чернозёмов Крыма в связи с многолетним капельным орошением водой различной минерализации. Отмечены изменения гранулометрического состава, структурного состояния, солевого режима изучаемых почв. Не обнаружено уплотнения почв и потеря гумуса при локальном увлажнении.

Ключевые слова: южный чернозём, предгорный чернозём, капельное орошение, засоление, ощелачивание.

DROP IRRIGATION OF CHERNOZEMS IN CRIMEA AND ITS RESULTS

Oryol T. I.

candidate of agricultural sciences,

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center RAS, Yalta

E-mail: taisiyaorel@yandex.ru

Abstract. The changes in content and characteristics of South and foothill chernozems of the Crimea connecting with long-years drop irrigation of different mineralization water are shown. The changes of granulometric composition, structure, salt regime of studied soils are given. Soil compaction and loss of humus wasn't been discovered during using local moistening.

Keywords: south chernozem soil, foothill chernozem, drop irrigation, salinization, alkalization.

Введение. На плодородных почвах в зонах с недостаточным увлажнением применяют орошение, при этом часто происходит изменение свойств почв. Орошение вызывает, как правило, ухудшение физических свойств почв, в частности черноземов: потерю комковато-зернистой структуры, развитие слитизации, уплотнение, снижение влагоёмкости и

аэрации [2, 4]. Часто происходит осолонцевание и ощелачивание, вымывание подвижных органических кислот и минеральных коллоидов в нижележащие горизонты, снижение содержания гумуса [5], накопление токсичных солей, выщелачивание карбонатов. Направление этих процессов зависит от исходного состояния почв, интенсивности подачи поливной воды, её состава и минерализации. В литературе встречаются противоречивые данные о влиянии разных способов орошения на физические или химические свойства почв и их состав. В работах по влиянию капельного орошения на почвы отмечается соленакопление в контуре увлажнения (при минерализации воды ≥ 50 г/л) с тенденцией прогрессирования в дальнейшем [1], ухудшение физических свойств.

Объекты и методы. Исследования были посвящены изучению изменений свойств южного и предгорного чернозёмов Крыма в связи с применением капельного орошения водой различной минерализации. Участок на южном чернозёме расположен в Степном Крыму (Красногвардейский р-н), на предгорном чернозёме – в Предгорном Крыму (Симферопольский р-н), где сады персика и яблони оснащены системами капельного орошения. Поливы назначались при снижении влажности почвы до 70–80% от НВ. Для орошения садов на чернозёме южном 6 лет использовали воду слабоминерализованную из артезианской скважины сульфатно-хлоридного, натриево-кальциевого состава (2,1 г/л), затем система орошения была переведена на полив водой Северо-Крымского канала (СКК) гидрокарбонатно-кальциевого состава (0,5 г/л). Для орошения сада на предгорном черноземе использовали воду артезианской скважины хлоридно-сульфатного, натриево-кальциевого состава (0,7–0,9 г/л).

Для изучения изменений состава и свойств почв при капельном орошении у штамба дерева закладывалась траншея глубиной 1,5 м, длиной 3 м. Стенка траншеи разбивалась на квадраты 25х25 см и из каждого отбирались образцы почв для анализов. О влиянии капельного орошения на почвы судили по различию в показателях состава и свойств их в зоне промачивания по сравнению с таковыми за ее пределами.

Результаты и обсуждение. После 10–12 лет орошения в контурах увлажнения изменились агрофизические свойства южного чернозёма. Произошло накопление 2–5% илистой фракции, тенденция к оглиниванию идет за счет средней пыли и мелкого песка. Более интенсивны процессы оглинивания в центре метрового слоя контура увлажнения. Наиболее агрономически ценных микроагрегатов размером 0,25–0,001 мм в пахотном горизонте стало на 8% меньше, чем в междурядье, что говорит о диспергации почвенных частиц в зоне, подверженной увлажнению. Изменилась и макроструктура почвы в верхнем горизонте: воздушно-сухих

агрегатов оптимального размера (10–0,25 мм) в контуре стало на 15–25% меньше, чем в том же горизонте междурядья. Снизились водопрочность агрегатов, водопроницаемость. Скорость впитывания в 1-й час наблюдений в междурядье составила 8,2–9,8 мм, в контуре увлажнения 1,6–1,8 мм/мин. Изменений плотности южного чернозема и содержания гумуса за весь период локального увлажнения не выявлено. В контуре промачивания возросло количество водорастворимого гумуса, которое имело нарастающий характер с глубиной, произошло перемещение вниз по профилю водорастворимой фракции гумуса.

Капельное орошение вызывает значительные изменения в солевом режиме южного чернозема. После 6 лет орошения минерализованной водой сульфатно-хлоридного, натриево-кальциевого состава в почве контура увлажнения сумма солей увеличилась от 0,9–1,3 до 1,5–1,8 мэкв/100 г почвы в зависимости от глубины. Количество хлора и натрия в орошаемой почве возросло в 3–4 раза, кальция в 1,5 раза. Тип засоления из хлоридно-сульфатного стал хлоридным, рН водной суспензии снизился на 0,2–0,5 ед. Присутствие гипса в поливной воде (5,8 мэкв/л) смягчило неблагоприятное воздействие вредных солей, снизило щелочность почвы. При переходе системы орошения на пресную воду Днепра начинается вымывание солей по профилю почвы. Под капельницей до глубины 100 см в центре контура увлажнения образовалась зона рассоления, сумма солей там менее 1,5, а до глубины 50 см менее 1 мэкв/100 г почвы. Наибольшей концентрации соли достигли по периметру зоны промачивания, образуя так называемый «солевой мешок». Это объясняется радиальным передвижением влаги в контуре увлажнения, которая, разбавляя соли, перемещает их от оси к периметру зоны промачивания. В результате удаления избытка солей увеличилась щелочность, величина рН водной суспензии в центре контура увлажнения на глубине 50–75 см достигла 8,7. Начавшийся процесс рассоления привёл к увеличению содержания щелочных солей.

При орошении минерализованной водой смещается равновесие в системе «ППК – почвенный раствор» и в составе оснований растёт доля Na с одновременным снижением Ca, происходит осолонцевание почвы. Необходимо предусматривать мероприятия по восстановлению катионного равновесия в ППК и улучшению структуры. Наиболее эффективно внесение фосфогипса в почву нормой, эквивалентной содержанию гипса в поливной воде.

При переходе на полив пресными водами в почвах, ранее засоленных минерализованными водами, происходит процесс рассоления, что усиливает осолонцевание почв, диспергацию верхних горизонтов. Необходимо внесение Ca-содержащих соединений нормой, эквивалентной количеству

поглощенного Na в почве. При дальнейшем использовании днепровской воды на южных чернозёмах растворимые соли вымывались, сумма их в контуре увлажнения не превышала 0,8 мэкв/100 г почвы, продолжался процесс осолонцевания, рН водной суспензии увеличился на 0,2–0,3. На участке, где 9 лет использовали только пресную воду Днепра, имело место незначительное накопление солей (на 0,2–0,3 мэкв/100 г почвы) в контурах увлажнения южного чернозема, появление соды в горизонтах глубже 60 см. В этом случае целесообразно вносить соединения, нейтрализующие соду (гипс, кальциевая селитра и др.).

За 13 лет капельного орошения предгорный чернозем не уплотнился, но в контуре увлажнения почва оказалась оструктурена хуже, чем в междурядье, водопрочность агрегатов не снизилась. В контурах увлажнения нет снижения гумуса по сравнению с междурядьями и на контроле. Содержание CaCO₃ в почве изменялось от 8–9% в верхних горизонтах до 21–27% на глубине 150 см. При орошении происходит перераспределение карбоната кальция по профилю с тенденцией снижения. Орошение за 13 лет вызвало накопление растворимых солей, содержащихся в поливной воде с последующим перемещением в сторону междурядий, где на глубине 75–150 см сумма солей достигает 3–3,5 мэкв/100 г почвы, из них токсичных составляют 1–1,5 мэкв/100 г почвы.

Выводы. В результате многолетнего капельного орошения на чернозёмах не обнаружено уплотнения, снижения запасов гумуса. Происходило изменение гранулометрического состава и ухудшение структуры почвы. В контуре увлажнения накапливаются соли, содержащиеся в поливной воде. Количество накапливающихся солей в контуре увлажнения зависело от минерализации поливной воды. При переходе на пресную воду происходит разбавление солей и перемещение их к периферии зоны промачивания с дальнейшим передвижением в нижние горизонты в результате инфильтрации. При рассолении в зонах орошения намечается процесс осолонцевания и ощелачивания почвы. Орошение черноземов капельным способом требует регулярного контроля качества поливной воды и происходящими в почве процессами для предотвращения ухудшения их свойств и потери плодородия.

Список литературы

1. *Гукова М.М.* Распределение в почве воды и солей при капельном орошении / М.М. Гукова, А.М. Пассат, М.П. Балан, С.А. Балюк // Вопросы освоения водных ресурсов в связи с опустыниванием. – М., 1963. – С. 88–93.
2. Об орошении черноземов / В.В. Егоров // Почвоведение. – 1984. – № 12. – С. 33–47.
3. *Ковда В.А.* Аридизация суши и борьба с засухой / В.А. Ковда. – М.: Наука. – 1974. – 272 с.

4. *Королев В.А.* Влияние орошения на физические и водно-физические свойства черноземов ЦЧО / В.А. Королев, В.И. Логошин, И.И. Ковалев // *Агрочесоведение и плодородие почв* : тез. докл. всес. конф. – Л., 1986. – С. 42–43.

5. *Приходько В.Е.* Содержание и состав гумуса в неорошаемых и орошаемых темнокаштановых почвах Саратовской области / В.Е. Приходько // *Почвоведение*. – 1984. – № 2. – С. 124–128.

УДК 631.46:579.0

МОНИТОРИНГ ЦЕЛИННЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ СТЕПЕННОГО ЗАУРАЛЬЯ

Плеханова Людмила Николаевна

кандидат биологических наук, доцент,

Институт физико-химических

и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пушкино

E-mail: dianthus1@rambler.ru

Аннотация. На территории Аркаимской долины, являющейся филиалом Ильменского государственного заповедника УрО РАН мониторинг черноземов ведется более 10 лет для групп площадок на залежных и целинных черноземах. Рассмотрены темпы разложения целлюлозы в ряду других показателей. Выявлены пики активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в весеннее-летний и раннеосенний периоды. Выявлены особенности самовосстановления залежных земель региона.

Ключевые слова: чернозем, залежные земли, самовосстановление, микробиологическая активность почв, целлюлазная активность почвы.

CHERNOZEMS MONITORING IN TRANS-URAL STEPPE

Plekhanova L. N.

candidate of biological sciences, associate professor,

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science

of the Russian Academy of Sciences (IPBPSS RAS), Pushchino

E-mail: dianthus1@rambler.ru

Abstract. Dynamics of cellulose decomposition activity of chernozems in Trans-Ural steppe are investigated (on example of reserve Arkaim valley in Chelyabinsk region). Cellulose rate of decomposition of soil biota depends by the nature of the plant cenosis. Peaks of activity of cellulolytic microorganisms identified in the spring-summer and early-autumn periods. As objects of studies were the soils with natural vegetation as well as unploughed soils. The observations carried out during last 10 years after introduction reserved mode. Identified features of self-repair unused lands in the region.

Keywords: cellulose decomposition, natural reconstruction, agricultural treatment, unploughed soils, cellulase activity of the soil, anthropogenic impacts.

Степь и лесостепь среди природных зон России подверглись наиболее сильной антропогенной трансформации. Многолетние наблюдения за последовательными изменениями биологической активности почв дают представления о направлении и возможных результатах изменений микробиоценозов при антропогенном воздействии, позволяя выработать стратегию природопользования в нарушенных местообитаниях. Скорость деградации целлюлозы в почве может служить индикаторным показателем общей биологической активности в почвах, что отражает восстановление почвенных микроорганизмов при снятии антропогенного пресса.

В Аркаимской долине, являющейся филиалом Ильменского заповедника, распространены черноземы слабосформированные с петрофитной растительностью, черноземы обыкновенные и южные под разнотравно-ковыльно-типчачковыми степями на покровных суглинках неоген-четвертичных поверхностей. Зональные почвы (разновидности черноземов) развиваются преимущественно на делювиальных глинах и средних-тяжелых суглинках, но ареал черноземов выщелоченных – легкосуглинистые и супесчаные почвы. По площади черноземные почвы занимают 47,4% территории [4, 5].

Почвенный покров следует считать документом всей истории степного ландшафта. Процессы почвообразования в условиях многократных перестроек природно-климатической обстановки степного Зауралья не прерывались, а лишь переходили из одних форм в другие. Наиболее яркие свидетельства в профиле современных почв имеют отношение к неогеновой солончаковой стадии, позднплейстоценовому криогенному этапу и голоценовому почвообразованию. Исследователями подчеркивается языковатость, солонцеватость-солончаковатость, значительный возраст и многообразные реликтовые свойства в профиле черноземов Зауралья [3, 4, 6].

Мониторинг природной среды в Аркаимской долине охватывает задачи фонового мониторинга, как зонального степного эталона, внесенного в Кадастр Красной книги почв [5], и задачи регенерационного мониторинга экосистем после заповедания [7]. На территории долины массивы пахотных черноземных почв, распаханых в 60-е гг. XX века переведены в залежи в связи с введением заповедного режима. Целинный участок является эталоном степного Зауралья, являясь фоном при некоторых палеопочвенных работах [8] на близлежащих объектах. Определение целлюлазной активности основывалось на учете остаточной массы нерасщеплённой целлюлозы (аппликационный метод) [1, 2]. Закладка опытов проводилась в пяти повторностях для каждого срока экспозиции. Учитывались ежедневные климатические показатели, предоставленные метеорологической станцией музея-заповедника «Аркаим». Применя-

лись методы традиционного химического анализа почв, сравнительно-географический и почвенно-археологический методы. Результаты опыта обработаны с помощью факторного дисперсионного анализа. Исследована восстановительная микробиологическая активность автоморфных участков [7], в сравнении с изменением гумусных свойств [9]. На залежах наблюдается положительная динамика целлюлазной активности на черноземах супесчаных. Залежные угодья по значениям биологической активности медленно приближаются к целинным участкам. Зафиксированная среднегодовая целлюлозоразлагающая активность почвы залежи на глубине 0–10 см достигла целинных значений в 2007 году, через 25 лет после прекращения сельхозиспользования; на глубине 10–20 см достигла целинных значений чуть раньше, в 2006 году, через 24 года после прекращения сельхозиспользования.

Список литературы

1. Мишустин Е.Н. Определение биологической активности почвы / Е.Н. Мишустин, А.Н. Петрова // Микробиология. – 1963. – Т. 32, – Вып. 3. – С. 479–483.
2. Почвенный и биотический мониторинг заповедных экосистем. – М. : КМК Scientific Press LTD, 1996. – 105 с.
3. Плеханова Л.Н. Природно-антропогенная эволюция почв речных долин степного Зауралья во второй половине голоцена : автореф. дис. ... канд. биол. наук / МГУ им. М.В. Ломоносова. – М, 2004. – 24 с.
4. Плеханова Л.Н. Древние нарушения в почвах / Л.Н. Плеханова // Природа. – 2010. – № 3. С. 37–43.
5. Плеханова Л.Н. Некоторые результаты работ по созданию Красной Книги почв Челябинской области / Л.Н. Плеханова // Вестник ЧелГУ. № 8(189)/2010. Экология. Природопользование. – Вып. 4. – С. 29–35.
6. Плеханова Л.Н. Палеопочвенные исследования курганов эпох бронзы и раннего железа (II тыс. до н.э. – I тыс. н.э.) в степном Зауралье / Л.Н. Плеханова, В.А. Демкин, Д.В. Манахов // Вестн. Моск.ун-та. – Сер.17. – 2005. – № 4. – С. 3–9.
7. Плеханова Л.Н. Некоторые результаты биомониторинга почв заповедника «Аркаим» Челябинской области / Л.Н. Плеханова, И.В. Иванов, А.М. Ермолаев // Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в адаптивном земледелии : сб. науч. тр. ЧНИИСХ. – Челябинск, 2003. – С. 237–253.
8. Плеханова Л.Н. Эволюция почв и осадконакопление в поймах рек степной зоны / Л.Н. Плеханова, И.В. Иванов, О.А. Чичагова // Проблемы эволюции почв : тез. докл. IV Всерос. конф. – М., 2001. – С. 135–136.
9. Приходько В.Е. Изменение состояния гумуса почв степного Зауралья в заповедном режиме / В.Е. Приходько, Е.В. Манахова, Д.В. Манахов, Л.Н. Плеханова, Ю.В. Захарова // Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение. – 2006. – № 3. – С. 10–17.

УДК 631.468.514.239

КОЛЕБАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ НА ПАШНЯХ СТЕПНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Русанов Александр Михайлович

доктор биологических наук, профессор,

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

E-mail: soilec@esoo.ru

Булгакова Марина Александровна

кандидат биологических наук,

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

E-mail: biosu@mail.ru

Аннотация. Многие столетия почвенные зоологи описывают роль дождевых червей как основных структурообразователей почвы. Питаясь разлагающимися растительными остатками дождевые черви формируют комплексные соединения гуминовых кислот с минеральными компонентами почв. Помимо этого, прокладывая многочисленные ходы в почвенном профиле, дождевые черви регулируют воздушный и тепловой режимы почв, их плотность и водопроницаемость. В работе представлены результаты поиска соотношений между характеристиками популяции дождевых червей и структурным составом почв.

Ключевые слова: чернозем, агроценоз, Lumbricina, биологическая диагностика, уплотнение почв.

FLUCTUATIONS IN THE NUMBER OF EARTHWORMS ON ARABLE STEPPE PREDURALIE

Rusanov A. M.

doctor of biological sciences, professor,

Orenburg State University, Orenburg

E-mail: soilec@esoo.ru

Bulgakova M. A.

candidate of biological sciences,

Orenburg State University, Orenburg

E-mail: biosu@mail.ru

Abstract. Many centuries soil zoologists describe the role of earthworms as the main builders of the soil. Feeding on decaying plant residues in earthworms form complex compounds of humic acids with mineral components of soils. In addition, paving the numerous passages in the soil profile, earthworms regulate air and thermal regime of the soil, the density and water permeability. The results of the search of relations between the characteristics of the population of earthworms and the structural composition of the soil.

Keywords: chernozem, agrocenosis, Lumbricina, laboratory diagnosis, soil compaction.

Введение. В рациональном землепользовании важную роль играет биологическая диагностика, так как она позволяет предопределить течение грядущих изменений протекающих в почве еще на ранних стадиях. Биодиагностика помогает сформировать перечень необходимых агрохимических мероприятий до того, как изменение свойств почв достигнет необратимой стадии [4]. В последние годы активно применяется зоологический мониторинг свойств почв, так среди беспозвоночных, используемых в качестве биоиндикаторов, чаще всего учитывают чернотелок, щелкунов, жуужелиц и дождевых червей.

Деятельность червей в особенности важна для агроценозов, так как они испытывают не только дефицит привносимой в почву органики, но и ежегодное уплотнение почв агротехникой. Люмбрициды являются «естественным плугом» сохраняющим то структурное состояние почвы, которое необходимо для высокой продуктивности сельхозугодий [1].

Дождевые черви являются типичными сапрофагами и мало зависят от видового состава фитоценоза, однако изменение климатических факторов и структурно-агрегатного состава почвы может спровоцировать изменения в комплексе люмбрицид [3, 5].

Исследования проводили на черноземе обыкновенном: пашне и залежи – условно принятой за целину. Работы велись в 2015–2016 г. Структурно-агрегатный состав почв определяли путем сухого просеивания на стандартном наборе сит по методу Н.И. Саввинова. Учет дождевых червей проводился по методике зоологических площадок М.С. Гилярова путем ручного разбора проб.

Результаты и их обсуждение. Для сельскохозяйственных почв в первую очередь необходима оценка структурно-агрегатного состояния, так как при распашке почвы увеличивается содержание глыбистой фракции, снижается количество агрономически ценных агрегатов, а за счет увеличения содержания эрозионно-опасных фракций и микроагрегатов (диаметром от 2 мм и менее 0,25 мм) уменьшается водопрочность и пористость структурных отделностей.

В связи с заменой естественных фитоценозов на агроценоз сокращается количество свежего растительного опада, что также ведет к ухудшению структурно-агрегатного состояния сельскохозяйственных почв.

Сравнивая участки целины и пашни, отмечалось сокращение количества агрономически ценной фракции в связи с повышением содержания микроагрегатов на пашне (до 10,8 %), в то время как на целине данный показатель составлял 5,7 %. Суммарная доля агрономически ценных агрегатов в слое 0–40 см для пашни – 65,2 %, для целины – 74,7 %.

Различие в соотношении указанных фракций приводит к изменению

коэффициента структурности, который варьирует в зависимости от глубины. На целине коэффициент структурности в слое 0–40 см равен 2,96, а на пашне – 1,87.

На целине большую часть структурных отдельностей составляли комковатые и зернистые агрегаты (5–3, 3–2 и 2–1 мм). На пашне повысилась доля пылеватых отдельностей (0,5–0,25 мм) и мелкозернистых (1–0,5 мм). На фоне описанных данных отмечалось сокращение доли наиболее ценных агрегатов (7–5, 5–3, 3–2 мм) на пашне.

Истончение подстилки, формирование неогоризонтов, иссушение и перегрев верхних слоев почв, увеличение числа пылеватых фракций и «забивание» межагрегатного пространства, изменение состава фитоценозов – все это ухудшает водный и воздушный режимы почв и оказывают депрессионное воздействие на почвообитающие организмы.

Дождевые черви не только рыхлят почву, но структурируют её, уничтожают патогенную микрофлору, обогащают почву минеральными веществами, увеличивают площадь соприкосновения почвенных частиц с воздухом, благодаря чему кислород проникает в глубокие слои грунта и почва увлажняется и аэрируется. С поверхности почвы дождевые черви уносят в ходы кусочки растительного опада насыщая тем самым нижележащие слои дополнительной органикой.

За годы исследований на выбранных площадках чернозема обыкновенного было зарегистрировано 3 вида дождевых червей: *Dendrobaena octaedra*, *Eisenia nordenskioldi*, *E. fetida*. При этом на целине отмечен 51 экз/м² червей, на пашне – 20 экз/м². Помимо различия в общей численности дождевых червей на целине и пашне изменялось и соотношение видов. На целине основу комплекса дождевых червей составлял влаголюбивый сапрофаг *Dendrobaena octaedra* (82 %) и в некоторых случаях *Eisenia nordenskioldi* (8 %). На пашне помимо указанных видов отмечалось единичное присутствие *E. fetida* (4,5 %), который характеризуется хорошей адаптацией к изменениям свойств культурных почв.

Заключение. После выведения пашни из сельскохозяйственного использования территория приобретает статус залежи. Оставленные на полях пожнивные остатки вместе с восстановлением видового состава естественной травянистой (злаковой) растительности обеспечивают ежегодное образование фитомассы, незаменимого условия интенсификации процессов улучшения всей совокупности физических свойств деградированной пашни. В свою очередь восстановление структурно-агрегатного состава почв, водопроницаемости, воздушно-тепловых режимов формируют благоприятные условия для возвращения в верхний корнеобитаемый слой почвы присутствующих на целине видов дождевых червей.

Список литературы

1. *Атлашините О.П.* Влияние свойств почвы на распространение и численность дождевых червей / О.П. Атлашините // Тр.АН Лит.ССР. – 1960. – № 3. – С. 55–64.
2. *Булгакова М.А.* Влияние помета крупного рогатого скота на плотность популяции Lumbricidae (на примере чернозема типичного) / М.А. Булгакова, Е.А. Булгаков // Вестник ОГУ. – 2013. – № 6. – С. 96–98.
3. *Карпачевский Л.О.* Роль биодиагностики в почвенных исследованиях / Л.О. Карпачевский. – М. : Наука, 1976. – 112 с.
4. *Русанов А.М.* Состав и численность почвенной мезофауны пастбищных экосистем степной зоны Урала / А.М. Русанов, М.А. Булгакова // Экология. – 2016. – №1. – С. 56–61.
5. *Русанов А.М.* Почва как фактор восстановления растительности естественных пастбищ / А. М. Русанов // Экология. – 2011. – № 1. – С. 34–42.
6. *Стриганова Б.Р.* Питание почвенных сапрофагов / Б.Р. Стриганова. – М. : Наука, 1980. – 224 с.

УДК 631.4

ЦИФРОВЫЕ КАРТЫ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ – ПУТЬ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЧЕРНОЗЕМОВ

Сахабиев Ильназ Алимович

*научный сотрудник, лаборатория экологии почв,
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань
E-mail: ilnasoil@yandex.ru*

Рязанов Станислав Сергеевич

*научный сотрудник, лаборатория экологии почв,
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, г. Казань
E-mail: erydit@yandex.com*

Аннотация. Способы составления почвенных картограмм, используемый в инструкциях 60–70-х годов прошлого века, на сегодняшний день устарели. Современные методы цифровой почвенной картографии позволяют довольно успешно производить карты плодородия почв, обладающие минимально допустимой погрешностью. Получены карты пространственного распределения свойств черноземов территории государственного сортоиспытательного участка, которые могут быть использованы для выявления процессов деградации и корректной оценки состояния плодородия черноземов, мониторинга почвенного покрова и рационального использования земель.

Ключевые слова: пространственная вариабельность, цифровая почвенная картография, оценка плодородия, государственные сортоиспытательные участки.

DIGITAL MAPS OF SOIL FERTILITY – A PATH TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF CHERNOZEMS

Sahabiev I. A.

*research associate, laboratory of soil ecology,
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of
Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
E-mail: ilnassoil@yandex.ru*

Ryazanov S. S.

*research associate, laboratory of soil ecology,
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of
Tatarstan Academy of Sciences, Kazan
E-mail: erydit@yandex.com*

Abstract. Methods of agrochemical mapping proposed in the instructions of the 60–70-ies of the last century are outdated. Modern techniques of digital soil mapping allow producing of detailed maps of soil fertility properties with high accuracy. Interpolated maps of the spatial distribution of the chernozem soil properties for national crop testing field were produced using geostatistical techniques. These maps can be used for soil monitoring and sustainable soil management, particularly for identification of soil degradation processes and adequate assessment of the agricultural chernozems fertility.

Keywords: spatial variability, digital soil mapping, fertility assessment, national crop testing fields.

Антропогенная деятельность, активно нарастающая в последние десятилетия, оказывает негативное воздействие на состояние одних из самых плодородных почв Евразии – черноземов. Эрозия почв, чрезмерное использование синтетических удобрений и средств защиты растений напрямую истощают плодородие черноземов. Изменение климата также вносит вклад в трансформацию плодородия черноземов. В связи с этим возрастает необходимость в количественных оценках изменения плодородия почв по всему участку агропроизводства. Подобная оценка обычно предоставляется в виде почвенных карт и картограмм плодородия почв.

Способы составления почвенных картограмм, используемые в инструкциях 60–70-х годов прошлого века, на сегодняшний день устарели. На смену им пришли методы построения непрерывных интерполяционных поверхностей содержания элементов питания. Развитие компьютерной техники, наличие программных продуктов с открытым исходным кодом (SAGA GIS, QGIS), а также доступных языков программирования

и статистической обработки данных (язык R) позволяет использовать различные методы построения карт, в том числе методы геостатистики, многомерной статистики, классификационные и регрессионные деревья, случайные леса и т.д. [1, 4].

К сожалению, практиками все еще не в полной мере освоены весь массив доступных на сегодняшний день методов построения цифровых карт [3]. Широко используемые из-за своей относительной легкости детерминистические методы построения интерполяционных поверхностей (обратные взвешенные расстояния, радиальные базисные функции) не позволяют в должной мере учитывать пространственную вариабельность почвенных свойств, из-за чего зачастую картограммы включают в себя значительную погрешность. Уменьшение погрешности при построении почвенных карт является залогом рационального использования почв и устойчивого развития сельскохозяйственных территорий.

На примере Заинского сортоиспытательного участка Республики Татарстан, преобладающими почвами которого являются выщелоченные черноземы различной степени эродированности, были построены цифровые карты содержания гумуса, легкогидролизуемого азота, физической глины, подвижных форм фосфора и калия, значений pH водной вытяжки (рис. 1). При построении карт были применены широко используемые в цифровой почвенной картографии методы геостатистики и интерполяции [1].

Поэтапно работа заключалась в следующем:

- 1) были отобраны 60 объединенных проб с глубины 10–20 см пахотного горизонта почв;
- 2) с помощью вариограммного анализа была количественно оценена степень автокорреляции исследуемых переменных;
- 3) произведен выбор наилучшей статистической модели, позволяющей наиболее точно описать детерминированную часть пространственной вариабельности свойств почв. Детерминированная часть описывалась с помощью множественного регрессионного анализа с использованием вспомогательных данных, полученных из цифровой модели рельефа SRTM1 с пространственным разрешением 30 м;
- 4) оценена точность набора моделей с помощью статистических показателей, таких как усредненная ошибка, среднеквадратичная ошибка, соотношение дисперсии прогнозируемых значений к дисперсии наблюдаемых значений;
- 5) произведена интерполяция с помощью регрессионного кригинга, сочетающего в себе описание детерминированной части вариабельности данных с помощью регрессионного моделирования с последующим описанием стохастической части вариабельности на основе вариограммного анализа остатков регрессии [2].

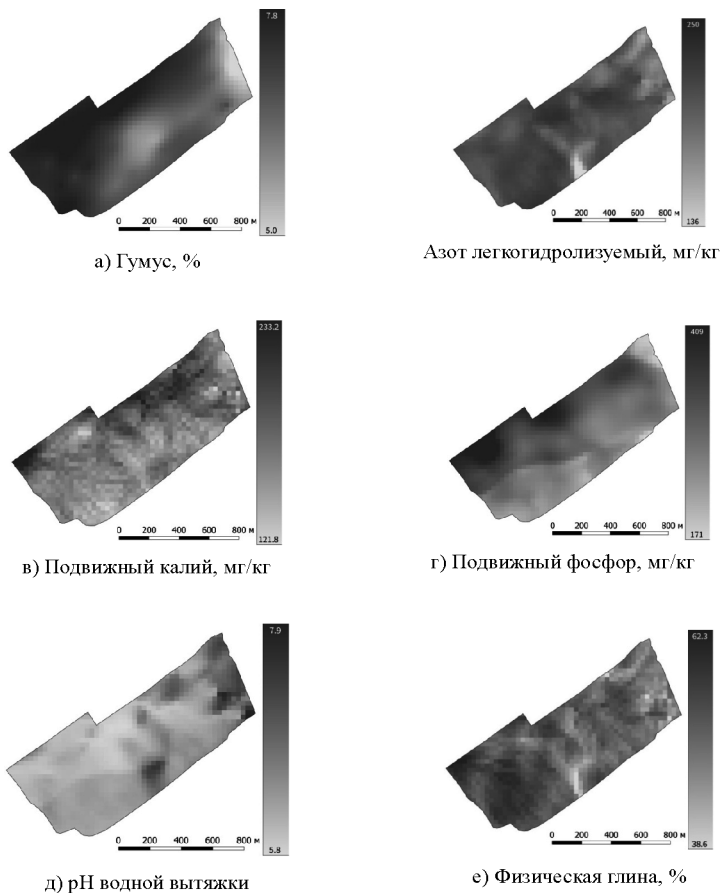


Рис. 1. Цифровые карты почвенного плодородия Зайновского сортоучастка

Полученные карты могут быть использованы для выявления процессов деградации и корректной оценки состояния плодородия черноземов, мониторинга почвенного покрова и рационального использования земель.

Список литературы

1. Сахабиев И.А. Исследование пространственной изменчивости свойств почв с использованием геостатистического подхода / И.А. Сахабиев, С.С. Рязанов // Российский журнал прикладной экологии. – 2015. – № 2. – С. 32–37.

2. Hengl T. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging / T. Hengl, G.B.M. Heuvelink, A Stein // *Geoderma*. 120. – 2004. – P. 75–93.

3. Oliver M.A. A tutorial guide to geostatistics: Computing and modelling variograms and kriging / M.A. Oliver, R. Webster // *Catena*. 113, 2014. – P. 56–69.

4. Ryazanov S.S. Comparison of terrain-based drift models to improve the quality of soil predictive mapping at a field scale / S.S. Ryazanov, I.A. Sahabiev // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2016. – № 4 (36). – С. 21–33.

УДК 63.54

ЗДОРОВЬЕ ПОЧВЫ – НОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ; УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ И КОЛИЧЕСТВЕННОСТЬ В ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ

Семенов Александр Михайлович

*доктор биологических наук,
МГУ им. М.В. Ломоносова г., Москва
E-mail: amsemenov@list.ru*

Глинушкин Алексей Павлович

*доктор биологических наук, профессор,
ВНИИ фитопатологии, р.п. Большие Вяземы
E-mail: glinale@gmail.com*

Соколов Михаил Сергеевич

*академик РАН, доктор биологических наук, профессор,
ВНИИ фитопатологии, р.п. Большие Вяземы
E-mail: sokolov34@mail.ru*

Аннотация. Обсуждается новая характеристика почвенной экосистемы (ПЭ) – здоровье почвы (ЗП). Приводятся методы определения ЗП, параметры и методы защиты здоровья ПЭ. Сравниваются агроэкосистемы интенсивного и органического земледелия (ИЗ, ОЗ), уместность стимулирования супрессирующей активности ПЭ. Приводятся возможные пути диагностики и терапии почвы современных агроэкосистем.

Ключевые слова: здоровье почвы, почвенная экосистема, агроэкосистема, параметры здоровья почвы, защита и терапия

SOIL HEALTH – A NEW FEATURE OF SOIL ECOSYSTEM; VERSATILITY AND QUANTITATIVELY IN DIAGNOSIS AND THERAPY

Semenov A. M.

*doctor of biological sciences,
Lomonosov Moscow State University, Moscow
E-mail: amsemenov@list.ru*

Glinushkin A. P.

*doctor of biological sciences, professor,
Russian Research Institute of Phytopathology, w.s. Bolshye Vyazemy
E-mail: glinale@gmail.com*

Sokolov M. S.

*doctor of biological sciences, professor,
Russian Research Institute of Phytopathology, w.s. Bolshye Vyazemy
E-mail: sokolov34@mail.ru*

Abstract. Discusses a new feature of soil ecosystems (SE) – soil health (SH). Provides methods to determine the SH, options and methods of protection of soil health. Compares argo-ecosystems to convention and organic farming (CA, OF), the relevance of stimulating suppressive SE activity. Describes the possible ways of diagnosis and therapy of the soil of modern agro-ecosystems.

Keywords: soil health, soil ecosystem, agrosystem, soil health parameters, protection and therapy.

Введение. Предлагается использовать понятие *почвенная экосистема* (ПЭ) или экосистема почвы (ЭП) вместо традиционного понятия просто – почва. Современная социальная система в своей техногенно преобразованной агроэкосистеме использует интенсивные технологии (convention agriculture), органические (organic agriculture) и/или переходные, смешанные (low input) [8]. Необходимо обсудить проблемы, связанные с современным содержанием и эксплуатацией почвенной экосистемы, здоровьем почвы, диагностики и терапии современных ПЭ.

Почва как экологическая система. Предлагается рассматривать почву как *продукт* длительной взаимной ассимиляционно-диссимиляционной деятельности микроорганизмов, растений и трансформированного минерально-органического вещества. *Современная почва* – это органоминеральный природный *продукт*, возникший при определённых природно-климатических условиях и поддерживаемый непрерывным микробно-растительным взаимодействием в изначально количественно доминирующем неорганическом веществе. Этот продукт, включающий биоту, мортмассу и метаболиты, подвергающийся непрерывным энзиматическим и химическим трансформациям, аккумулирует биофильные элементы. В этом продукте протекают важнейшие биологические и физико-химические процессы – биогеохимические *циклы элементов* и *микроорганизмов* [3]. Именно *биологическая составляющая* ПЭ обеспечивает важнейшие для биоты Земли функции. К нормально функционирующей ПЭ правомерны и применимы такие характеристики, как *здоровье почвы*

и/или *патология почвы*. Только при таком понимании почвы правомерна такая биолого-экологическая характеристика, как здоровье почвы.

Категоризация почвенной экосистемы. Современную глобальную ПЭ подразделяется на *природную* и *антропогенную* (агроэкосистему). Главнейший фактор адекватного функционирования природной ПЭ – минимальное вмешательство социума. В современных условиях необходимо четко классифицировать агроэкосистемы. Агроэкосистемы управляются по *интенсивным технологиям* (convention agriculture), *органическим технологиям* (organic agriculture), и/или по *переходному типу* (low input) [4]. Восстанавливать разрушенные агроэкосистемы – посредством их перевода на определённый срок в сферу природных экосистем.

Интенсивное земледелие (ИЗ). В XX веке первичным стало – convention agriculture, в русскоязычной литературе – *интенсивное земледелие* (ИЗ). Его характеристики – внесение в почву: минеральных удобрений, пестицидов, применения генетически-модифицированных организмов (ГМО). Интенсивное земледелие привело к нарушению или даже разрушению почв агросистем.

Органическое земледелие (ОЗ). В повседневном представлении органическое земледелие – это возделывание почвы для получения приемлемой величины качественного урожая *без использования* неорганических удобрений, пестицидов и ГМО. **Микробное разнообразие ПЭ актуально для ОЗ, но не для ИЗ.** Сформулированы официальные требования, условия и характеристики, присущие органическому земледелию – IFOAM (международная организация, регламентирующая органическое земледелие), подготовлен закон, регламентирующий ОЗ в РФ.

Здоровье почвы – новая характеристика почвенной экосистемы. «Здоровье почвы – это биологическая категория, отражающая состояние динамики активности биотического компонента в органо-минеральном комплексе почвы; эта биологическая категория характеризуется адекватной, соответствующей природно-климатической зоне, активностью биотических процессов (синтеза и гидролиза), их устойчивостью к нарушающим воздействиям (биотическим и абиотическим), «замкнутостью» циклов биофильных элементов и циклов микроорганизмов. Здоровая почва агроценозов характеризуется еще и соответствием своего качества нормативным показателям и адекватным (для природно-климатической зоны) плодородием [3, 5, 2]. Такое определение здоровья почвы, применимое к любой почве (исключая аномальную), не противоречит содержательной сути известных характеристик, интегрирует физико-химические показатели качества почвы и почвенное плодородие.

Методы определения здоровья ПЭ. В соответствии с законом волнообразного развития микробных популяций и микробных сообществ (МС) в почве предложен гетеротрофный параметр здоровья почвы (ГПЗП) [<http://bankpatentov.ru/node/62779>, 2, 5, 3]. Ключевыми положениями метода, является обязательность: сравнительность, *нативность почвенных образцов, инициация развития МС почвенной экосистемы, динамичность наблюдений и определений.* Конкретный пример расчета параметра здоровья почвы приведен в публикациях [2, 5].

Параметр здоровья почвы для оценки самообеспечения биофильными элементами. Среди показателей ЗП важный показатель – способность ПЭ к самообеспечению биофильными элементами. Азот является ключевым элементом. Традиционный подход, определять *азотфиксирующей-аммонифицирующей приток* и денитрифицирующую-нитрифицирующую потерю азота ПЭ для оценки самообеспечения ПЭ азотом – неприемлем. Предлагается судить о состоянии и направленности вектора активности процесса N-обеспечения ПЭ по активности МС почвы после нарушающего воздействия в виде обогащения ПЭ минеральными соединениями *биофильных элементов* [3]. Подход показал приемлемую корректность, чувствительность и воспроизводимость [3].

Супрессивная активность ПЭ, контроль «патогенеза» в ПЭ. Супрессивность почвы определяют, как совокупность её биологических, физико-химических и агрохимических свойств, ограничивающих *выживаемость* и *паразитарную* активность почвенных фитопатогенов или другой, вредной для человека биоты [1, 6]. Разрабатываются и предлагаются методы определения общей и специфической супрессивности почвы по ограничению роста фитопатогенов [1, 7]. Определение и поддержание супрессивности почвы очень актуально в ОЗ и менее в ИЗ [3, 8].

Поддержание и сохранение здоровья почвы в агросистемах. Для поддержания и сохранения здоровой ПЭ, особенно в системах ОЗ, обязательны ряд условий. Эти условия в основном выяснены, сформулированы и обобщены в публикациях [4, 8].

Способы диагностирования ПЭ, восстановление и «терапия». Лечение применимо практически только к индивиду. ПЭ – это биологическое сообщество, в том числе микробное. Для «лечения» нужен диагноз. Есть трудно диагностируемые и лечимые и даже «неизлечимые» болезни. Предлагается для диагностирования и лечения ПЭ использовать те же параметры, которые уже разработаны для определения ЗП [8]. Поскольку существуют очень тяжелые, даже «неизлечимые» болезни ПЭ, для лечения остаётся тотальная фумигация.

Список литературы

1. Глинушкин А.П. Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве / А.П. Глинушкин, М.С. Соколов, Е.Ю. Торопова. – М. : Агрорус, 2016. – 288 с.
2. Семенов А.М. Способ определения параметра здоровья в образцах почвы, компостов и других твердых субстратах / А.М. Семенов, Е.В. Семенова // Современные проблемы гербологии и оздоровления почв : материалы Международной научно-практической конференции посвященной 85-летию со дня рождения Д.И. Чканикова (21–23 июня 2016). – Большие Вяземы. – 2016. – С. 291–298.
3. Семенов А.М. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки / А.М. Семенов, М.С. Соколов // Агрохимия. – 2016. – № 1. – С. 3–16.
4. Семенов А.М. Органическое земледелие и здоровье почвенной экосистемы / А.М. Семенов, А.П. Глинушкин, М.С. Соколов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 8. – С. 5–8.
5. Семенов А.М. Диагностика здоровья и качества почвы / А.М. Семенов, В.М. Семенов, А.Х.К. Ван Бругген // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 4–20.
6. Филипчук О.Д. Использование супрессивности почвы в защите растений от корневых инфекций / О.Д. Филипчук, М.С. Соколов, Т.В. Павлова // Агрохимия. – 1997. – № 8. – С. 81–92.
7. Торопова Е.Ю. Способ определения супрессивности почвы. Патент / Е.Ю. Торопова, А.А. Кириченко // RU 2568913. – URL <http://www.findpatent.ru/patent/256/2568913.html> (дата обращения 18.12.2016).
8. Van Bruggen A.H.C. Soil health and soil borne diseases in organic agriculture / A.H.C. Van Bruggen, A.M. Semenov // In: Plant diseases and their management in organic agriculture / Eds. Finckh M.R., van Bruggen A.H.C., Tamm L. 2015. USA: APS PRESS, 424 p.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ

Середина Валентина Петровна

*доктор биологических наук, профессор,
Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: seredina_v@mail.ru*

Акинина Анастасия Нургалиевна

*аспирант, Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: an.akinina@mail.ru*

Гагарина Татьяна Юрьевна

*магистрант, Национальный исследовательский
Томский государственный университет, г. Томск
E-mail: t.y.gagarina@gmail.com*

Аннотация. В работе дана характеристика содержания и закономерностей пространственного поведения подвижных форм тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr) в черноземных почвах Кузнецкой котловины. Определена средняя

удельная активность равновесных естественных радионуклидов, ^{137}Cs и ^{90}Sr . На основании свойств исследуемых почв (содержание физической глины, карбонатов, органического вещества, полуторных оксидов, величины pH) рассчитан уровень их инактивирующей способности по отношению к поллютантам.

Ключевые слова: Кузнецкая котловина, черноземные почвы, подвижные формы тяжелых металлов, радионуклиды, загрязнение.

ECOLOGICAL STATUS OF CHERNOZEMIC SOILS OF THE KUZNETSK BASIN

Seredina V. P.

*doctor of biological sciences, professor,
National Research Tomsk State University, Tomsk
E-mail: seredina_v@mail.ru*

Akinina A. N.

*postgraduate,
National Research Tomsk State University, Tomsk
E-mail: an.akinina@mail.ru*

Gagarina T. Yu.

*master,
National Research Tomsk State University, Tomsk
E-mail: t.y.gagarina@gmail.com*

Abstract. The authors characterize of content and regularity of spatial behavior of mobile forms of heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr) on chernozemic soils of the Kuznetsk Basin. The authors determine specific activity of equilibrium natural radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr . On the basis of characteristics of studied soils (content of physical clay, carbonates, organic substance, sesquioxides, pH value) the author calculates the level of their inactivating ability towards pollutants.

Keywords: Kuznetsk Basin, chernozemic soils, mobile forms of heavy metals, radionuclides, pollution.

Введение. Кузнецкая котловина характеризуется высокой концентрацией разнообразных сырьевых ресурсов, обуславливающих создание на их базе крупнейших добывающих и перерабатывающих комплексов, которые служат источниками техногенного воздействия на компоненты окружающей среды, особенно на почвы. В связи с преобладанием в почвенном покрове высокоплодородных черноземных почв, территория остается основной сельскохозяйственной зоной региона. Бесконтрольный отвод земель для открытых угольных разработок привел к нарушению и полному уничтожению уже более 100 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

дий с образованием техногенных ландшафтов. Специфическая деградация и отчуждение земель происходит не только на территориях горных отводов, но и на прилегающих естественных ландшафтах. В частности, это связано с неблагоприятным влиянием токсикантов, способных осаждаться на поверхность почв с угольной и промышленной пылью. В связи с этим, целью работы является оценка содержания и закономерностей распределения подвижных форм ТМ в ненарушенных, но подверженных техногенному воздействию черноземных почвах Кузнецкой котловины, выявление факторов и условий, влияющих на их поведение, а также определение средней удельной активности равновесных естественных радионуклидов (ЕРН), ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Объекты и методы. Объектами исследования послужили черноземные почвы лесостепной зоны Кузнецкой котловины (подтипы оподзоленных и выщелоченных), приуроченные к опорным пунктам экологического мониторинга Кемеровской области. Мониторинговые площадки располагаются на границах санитарно-защитных зон промышленных предприятий. Подвижные формы ТМ вытеснялись ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8 с последующим их определением атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре AS-3. Определение радионуклидов проводилось в соответствии с методикой измерения радиоактивности в счетных образцах с использованием программного обеспечения сцинтилляционного спектрометрического комплекса «Прогресс». Буферная способность по отношению к загрязнителям рассчитана на основании основных свойств исследуемых почв и оценена в баллах.

Результаты и обсуждение. Тяжелый гранулометрический состав исследуемых почв, в частности, высокое содержание физической глины (55,0 %) и ила (28,0 %) в значительной мере определяют содержание и подвижность ТМ. Их максимальная концентрация наблюдается в более тяжелых по гранулометрическому составу иллювиальных горизонтах, выступающих в качестве сорбционных геохимических барьеров на пути миграции металлов (Pb, Cu, Co), связанных с растворимыми формами гумусовых кислот.

Реакция среды и ОВП во многом определяют формы нахождения химических элементов и их валентность, способность мигрировать в ландшафтах и в почвенном профиле, усваиваться растениями и выноситься с природными водами. Черноземные почвы Кузнецкой котловины приурочены к элювиальному ландшафту лесостепного типа с рН раствора от 5,5 до 7,5, в связи с чем в условиях окислительной обстановки можно выделить две ассоциации ТМ: слабоподвижные (Pb, Cd, Ni, Cu, Co,

Cr, Mn) и подвижные (Zn) [1]. Выявлено влияние щелочного барьера, возникающего на участках резкого повышения pH среды в слабокислой геохимической обстановке. При увеличении значения pH в карбонатных горизонтах происходит накопление катионогенных химических элементов, активно мигрирующих в кислой и слабокислой среде (Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd).

Наряду с щелочным гумусовые горизонты также являются геохимическим барьером на пути миграции элементов за счет процессов комплексообразования. Преобладание гуминовых кислот в групповом составе гумуса способствует образованию сложных гетерополярных солей с ионами тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Mn, Co), биогенно аккумулирующихся в верхней части почвенного профиля.

В связи с недостаточностью информации о радионуклидном составе почв Кузнецкой котловины, их изучение и анализ являются весьма актуальным для такой промышленной зоны, где, в связи с осуществлением интенсивной добычи полезных ископаемых, происходит техногенное изменение величины естественного радиационного фона за счёт перераспределения природных и антропогенных радионуклидов в почвенном покрове.

Средние показатели удельной эффективной активности для ЕРН составляют 65,3 Бк/кг, для ^{137}Cs – 4,24 Бк/кг, ^{90}Sr – 0,62 Бк/кг. Содержание радионуклидов находится на уровне ниже фоновых значений, следовательно, по классификации норм радиационной безопасности России, их можно отнести к I классу безопасности ($A_{\text{эфф}}$ до 370 Бк/кг), в соответствии с которым почвы признаются безопасными с экологической точки зрения. Проведение мероприятий по снижению содержания ЕРН, ^{137}Cs и ^{90}Sr не требуется.

Проведена оценка важного показателя эколого-геохимического состояния почвенных экосистем – буферной способности [2], которая основывается на данных об инактивирующем влиянии свойств и состава почвы (содержание гумуса, карбонатов, физической глины, полуторных оксидов, величины pH). Установлено, что степень буферности исследованных черноземов к элементам, подвижным как в щелочной, так и в кислой среде, оценивается повышенными показателями (в среднем 37 баллов), что свидетельствует о достаточно высокой инактивирующей способности. В связи с этим, можно полагать, что черноземы Кузнецкой котловины обладают высоким запасом прочности по отношению к загрязнению их поллютантами.

Заключение. Таким образом, на сегодняшний день техногенные ландшафты, образованные при угледобыче, – мощный фактор воздействия на почвенный покров. Степень подвижности тяжелых металлов в

изученных почвах Кузнецкой котловины определяется гранулометрическим составом, содержанием органического вещества, окислительно-восстановительным потенциалом, реакцией среды почвенного раствора. Характер распределения радионуклидов в почвенном профиле аналогичен характеру распределения тяжелых металлов. Анализ загрязненности исследуемой территории тяжелыми металлами и радионуклидами, свидетельствует о сравнительно благоприятной экологической обстановке изученного региона.

Список литературы

1. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири / А.И. Сысо. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. – 274 с.

2. Середина В.П. Особенности поведения подвижных форм тяжелых металлов в почвах Кузбасса / В.П. Середина, С.В. Овсянникова, А.Н. Шайхутдинова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – №10 (185). – С. 233–236.

УДК 631.4:004.9

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ В СИСТЕМЕ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ

Сизов Василий Викторович

кандидат биологических наук,

ФГБНУ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: vosiz@mail.ru

Оглезнев Александр Корнилович

кандидат биологических наук,

ФГБНУ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: korneich-pochvoved@yandex.ru

Аннотация. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (ЕГРПР) является государственным почвенным информационным ресурсом, обеспечивающим нормативно-технические характеристики почв территории России на федеральном уровне. Для почв Центрально-черноземных областей разработан региональный реестр, проведена оценка качества и кадастровая оценка почв.

Ключевые слова: ЕГРПР, региональный реестр, оценка качества, кадастровая оценка, нормативная урожайность, зерновой эквивалент.

**QUALITY ASSESSMENT AND CADASTRAL ESTIMATION
OF SOILS OF THE CENTRAL CHERNOZEM-ON DOMAINS
IN THE UNIFIED STATE REGISTRY SOIL RESOURCES
OF RUSSIA SYSTEM**

Sizov V. V.

*candidate of biological sciences,
V.V. Dokuchaev soil institute, Moscow
E-mail: vosiz@mail.ru*

Ogleznev A. K.

*candidate of biological sciences,
V.V. Dokuchaev soil institute, Moscow
E-mail: korneich-pochvoved@yandex.ru*

Abstract. Unified state register soil resources of Russia represents state soil information resource, providing legal and technical characteristics of the soil in Russia at the federal level. For the Central Chernozem-on domains soils regional register has been developed, quality assessment and inventory estimation of soils was carried out.

Keywords: USRSR, regional register, quality assessment, inventory estimation, regulatory yields, grain equivalent.

Оценка качества почв и их кадастровая оценка являются непременными составляющими этапами при разработке программ повышения плодородия почв, при выделении ценных и особо ценных земель, оценке пригодности под различные виды сельскохозяйственных угодий, принятии административных решений по эффективному управлению земельными ресурсами, рациональному налогообложению земель. Для этих целей целесообразно использовать утвержденный МСХ РФ в 2013 г. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (ЕГРПР), являющийся государственным почвенным информационным ресурсом, обеспечивающим нормативно-технические характеристики почв территории России на федеральном уровне [2]. Базовой основой ЕГРПР является цифровая почвенная карта РСФСР М 1:2,5 млн (Фридланд, 1988). Список почв ЕГРПР насчитывает 205 разновидностей, которые включают единицы различного классификационно-таксономического ранга. На региональном уровне необходимо уточнение федерального списка почв, его детализация и расширение путем введения дополнительных названий почв. Процесс гармонизации почвенной номенклатуры ЕГРПР и региона реализуется с помощью корреляционных таблиц названий почв федерального и регионального уровней, что служит основой для разработки региональных реестров почвенных ресурсов [5, 6].

Целью настоящей работы являлось адаптация ЕГРПР к региональным почвенным условиям с целью составления гармонизированного единого списка почв (регионального реестра), оценки качества и кадастровой оценки почв сельскохозяйственных угодий пяти Центрально-черноземных областей (Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская). На базе почвенной карты Центрально-черноземного экономического района СССР масштаба 1:600000, составленной институтом ЦЧОгипрозем в 1983 г., проведена корреляция с номенклатурой ЕГРПР. На основании этого, после обобщения и гармонизации составлен единый список основных типов почв Центрально-черноземных областей (ЦЧО) (табл. 1), который фактически является региональным реестром. Список состоит из 12 больших групп почв высших классификационно-таксономических рангов, соответствующих номенклатуре ЕГРПР, со своими идентификационными номерами (ID).

Оценка качества почв проводилась по единой утвержденной методике [1, 3]. Критериями оценки качества почв служили: нормативная урожайность зерновых культур, зерновой эквивалент, бонитет и кадастровая стоимость. Зерновой эквивалент является комплексным интегральным показателем качества земель. Кадастровая оценка проводилась по методике, утвержденной Минэкономразвитие в 2012 г. [1], доходным методом на основе расчетных данных по нормативной урожайности зерновых и нормативным затратам на возделывание и уборку сельскохозяйственных культур; коэффициент капитализации 0,1. Для расчетов и ведения базы данных (БД) использовался программный продукт на базе СУБД ACCESS [4], который был апробирован на массовых материалах 4-го тура земельно-оценочных работ 1980–86 г.г. Разработана региональная (по областям) атрибутивная БД земель сельскохозяйственного назначения в форме электронных таблиц Excel. Обобщенный фрагмент БД всего региона ЦЧО представлен в таблице 2.

По рассчитанному критерию (нормативная урожайность) наиболее продуктивными являются черноземы типичные (ID 118) и выщелоченные (ID 117) наименее продуктивными солоды (ID 179), солонцы (ID 181), и светло-серые лесные почвы (ID 102). Средние значения критериев качества и кадастровая стоимость для всего региона ЦЧО достаточно высокие. По областям качество почв, определяемое зерновым эквивалентом, для черноземов типичных наиболее высокое в Курской области (56,7 ц/га), наиболее низкое в Тамбовской (45,7), в Белгородской (53,1), в Липецкой (53,8), в Воронежской (53,1) областях. Кадастровая стоимость черноземов типичных в Курской области наибольшая и составляет 97416 руб/га, в Белгородской 87225, Липецкой 85366, Воронежской 70181;

Таблица 1

**Корреляция региональной номенклатуры
и ЕГРПР для основных типов почв ЦЧО**

№	Почвенная карта ЦЧО М 1:600000, ЦЧО Гипрозем 1983	ID	ЕГРПР
1	Светло-серые лесные	102	Светло-серые лесные
2	Серые лесные	103	Серые лесные
3	Темно-серые лесные	104	Темно-серые лесные
4	Черноземы оподзоленные	116	Черноземы оподзоленные
5	Черноземы выщелоченные	117	Черноземы выщелоченные
6	Черноземы типичные	118	Черноземы типичные
7	Черноземы обыкновенные	119	Черноземы обыкновенные
8	Черноземы южные	120	Черноземы южные
9	Лугово-черноземные	136	Лугово-черноземные
10	Аллювиальные пойменные	193	Пойменные луговые
11	Солонцы, солоды	179	Солоды
12		181	Солонцы

Таблица 2

ID	Название почвы по ЕГРПР	Нормативная урожайность зерновых, ц/га	Зерновой эквивалент, ц/га	Бонитет, балл	Кадастровая ст-ть, руб/га
102	Светло-серые лесные	12,8	21,4	27	9035
103	Серые лесные	24,4	35,8	38	14563
104	Темно-серые лесные	32,9	44,2	55	40809
116	Черноземы оподзоленные	35,1	51,9	74	76280
117	Черноземы выщелоченные	35,9	49,7	71	57953
118	Черноземы типичные	38,5	52,6	79	76034
119	Черноземы обыкновенные	32,3	45,3	60	41852
120	Черноземы южные	29,7	42,3	53	27322
136	Лугово-черноземные	20,8	35,9	38	27863
193	Пойменные луговые	–	28,0	19	44394
179	Солоды	6,2	2,4	13	11132
181	Солонцы	11,8	22,9	7	5664
	Средние значения	33,9	47,1	64	57365

в Тамбовской наименьшая – 43771 руб/га. В дальнейшем работа с такой БД заключается в периодической актуализации.

Список литературы

1. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации / под общей редакцией П.М. Сапожникова, С.И. Носова. – М. : «ООО НИПКЦ Восход-А», 2012. – 160 с.

2. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. – М. : Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. 2014. – 768 с.

3. Оценка качества и классификация земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве (практическое пособие). Коллективная монография. – М. : Федеральное агентство кадастра объектов недвижимости. ФГУП «Госземкадастръемка»–Висхаги. – 2007. – 131 с.

4. Программное обеспечение расчета показателей качества и классификации земель сельскохозяйственного назначения / С.И. Носов, А.К. Оглезнев и др. ; Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660854. – М., 2015.

5. *Сизов В.В.* Детализация Единого государственного реестра почвенных ресурсов России с целью формирования региональной базы данных почв сельскохозяйственных угодий / В.В. Сизов, А.К. Оглезнев // Роль почв в биосфере и жизни человека : Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв; Москва, Россия, МГУ имени М.В. Ломоносова, 5–7 октября 2015 г. – М. : Макс Пресс, 2015. – С. 112–114.

6. *Сизов В.В.* Оценка качества и кадастровая оценка почв Владимирской области на основе Единого государственного реестра почвенных ресурсов России. Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства : коллективная монография / В.В. Сизов, А.К. Оглезнев. – Федер. гос. бюджет. науч. учреждение «Владимир. науч.-исслед. ин-т сел. хозяйства». Суздаль, 2016. – С. 272–278.

УДК 631.452

СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В ПОЧВАХ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Цапко Юрий Леонидович

доктор биологических наук

E-mail: tsapkoul@i.ua

Десятник Карина Александровна

кандидат биологических наук

E-mail: karina.desyatnik@i.ua

Калиниченко Вячеслав Николаевич

Национальный научный центр

«Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», г. Харьков

Аннотация. Обоснована экономическая и экологическая эффективность создания в черноземе оподзоленном пространственной неоднородности путем локального внесения органоминерального удобрения в подпахотный слой. Установлено поло-

жительное влияние пространственной неоднородности почвенного слоя на условия корневого питания растений, водный, воздушный и температурный режимы исследуемой почвы. Освещены преимущества технологии локального окультуривания в повышении плодородия почв перед существующими традиционными технологиями и показана перспектива такой технологии для воспроизводства плодородия почв с минимальным воздействием на их экологические функции.

CREATION OF SPATIAL HETEROGENEITY IN SOILS AS AN EFFECTIVE WAY OF THEIR FERTILITY REPRODUCTION

Tsapko Y. L.

doctor of biological sciences

E-mail: tsapkoul@i.ua

Desyatnik K. A.

candidate of biological sciences

E-mail: karina.desyatnik@i.ua

Kalinichenko V. N.

National Scientific Center

«Institute of Soil Science

and Agrochemistry research named after A.N. Sokolovsky», Kharkiv

Abstract. The article deals with economic and environmental efficiency of creation in podzolized chernozem the spatial heterogeneity by local application of organic-mineral fertilizer in the subsurface layer. The positive effect of soil layer spatial heterogeneity on conditions of root nutrition of plants, water, and air and soil temperature regimes was studied. The advantages of local domestication in technology of improving the fertility of soil over the existing traditional technologies and also the prospect of this technology for the reproduction of soil fertility, with minimal impact on their ecological functions were shown.

Keywords: local amelioration, podzolized soils, fertility.

Введение. В зоне Лесостепи широко распространены черноземы оподзоленные, характерной особенностью которых является относительно низкое содержание органического вещества в гумусовом горизонте и глубокое залегание карбонатов. На этих почвах получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур высокого качества достигается путем окультуривания, сбалансированного применения органических, минеральных удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов. За счет положительного действия известковых мелиорантов улучшаются их физико-химические, агрохимические и физические свойства. Прежде всего, оптимизируется кислотно-основное равновесие, улучшается водно-воз-

душный режим, повышается содержание биологически активного кальция и гумуса, увеличивается содержание водостойких агрегатов и т.д.

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства актуальными являются ресурсосберегающие и экологически безопасные способы окультуривания почв. В этом контексте в данной статье рассматриваются современные инновационные приёмы окультуривания чернозема оподзоленного базирующиеся на локальном внесении удобрений и мелиорантов в подпахотный слой почвы. основополагающей идеей работы было создание пространственной неоднородности в почвах, которая способствует эффективному воспроизводству их плодородия.

Традиционные технологии окультуривания почв базируются на создании в пахотном горизонте почвы гомогенного слоя, состоящего из почвы, удобрений, мелиорантов, растительных остатков и т.д. В таких условиях, антропогенный почвенный процесс может развиваться как в сторону развития положительных свойств почвы, так и в сторону их ухудшения. Первое направление обусловлено поступлением в почву удобрений и мелиорантов, рациональных способов их обработки, ограниченное применение средств защиты растений. Второе направление довольно часто проявляется при нарушениях агротехнологий, например, при избыточном внесении физиологически кислых минеральных удобрений через подкисление почв, особенно с низкой буферной ёмкостью. Кроме этого, сплошная гомогенизация пахотного слоя, без дополнительных затрат энергии практически невозможна и негативно влияет на экологическую составляющую почв. Дело в том, что каждый проход сельскохозяйственной техники и каждый оборот пласта почвы, сдвиг кислотно-основного равновесия по всей толще почвенного слоя, резкое изменение питательного режима пагубно воздействуют на почвенные микроорганизмы и мезофауну.

В приведенном выше контексте привлекает внимание работа [1], где приводятся факты того, что даже в целинных почвах часто отсутствует гомогенизация верхнего слоя почвы, а ее пространственная неоднородность обусловлена дифференциацией количества органического вещества в разных частях почвенного тела.

В культурном земледелии гетерогенность пахотного слоя достигается при локальном внесении удобрений и мелиорантов [2]. Однако при этом, со всей очевидностью, проявляется непродолжительность действия такой неоднородности из-за того, что питательные вещества вносят неглубоко, а уже через год их перепахивают.

Эти недостатки нивелируются при создании в почве пространственной неоднородности при применении технологии локального окультуривания почв, разработанной в ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии

имени А. Н. Соколовского» [3]. Главной особенностью технологии локального окультуривания почв является объединение локального внесения удобрений и мелиорантов с последующей их заделкой ниже пахотного слоя почвы [4]. Таким образом, в соответствии с этой технологией, на границе обрабатываемого (пахотного) и необрабатываемого (подпахотного) горизонтов почвы создают локальные, универсальные по питанию растений ленты (зоны) диаметром 7–10 см с расстоянием между центрами 30–35 см.

Локальные ленты формируют с помощью заранее приготовленного органоминерального удобрения (ОМУ) состоящего из перегноя или другой органики с высокими адсорбционными и буферными свойствами, с добавками минеральных удобрений и кальцийсодержащих мелиорантов. Дозы ОМУ зависят от запрограммированного уровня эффективного плодородия и продолжительности его последствия, и в среднем составляют 5–10 т/га. Технология локального окультуривания почв позволяет мелиорировать не весь пахотный слой почвы (около 2800–3200 т/га), а лишь его небольшую часть (180–220 т/га), что дает возможность экономить денежные средства и материальные ресурсы на обработке почвы и внесении удобрений.

Объекты и методы. Установление влияния способов окультуривания чернозема оподзоленного тяжелосуглинистого на изменение почвенных показателей осуществляли путем проведения мелкоделяночных полевых опытов и лабораторно-аналитических исследований. На вариантах традиционной технологии удобрения и мелиоранты (навоз 5 т/га + $N_{60}P_{60}K_{40}$ + известь 3,8 т/га) вносили по отдельности вразброс с последующим запахиванием в пахотный горизонт. Органоминеральное удобрение (навоз 5 т/га + $N_{30}P_{30}K_{20}$ + известь 0,4 т/га) по технологии локального окультуривания вносили локально за один раз. Общая площадь опытной делянки составляла 265 м², посевная площадь одной делянки – 5 м² (2х2,5), учетная – 3 м², размещение делянок стандартное в 4 яруса. Повторность четырёхразовая. Сельскохозяйственная культура – сахарная свекла сорт Украинский МС-70.

Результаты и обсуждение. На черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом установлено, что окультуривание данной почвы способствует ее насыщению основаниями (табл. 1). Установлено, что на контрольном варианте этот показатель в мае находился на уровне 78,7 %, а в октябре 80,3 %. Применение традиционной технологии окультуривания почвы увеличивает степень насыщенности основаниями почвенно-коллоидного комплекса, соответственно, до 83,3 % и 90,3 %. Локальное окультуривание способствует еще большему увеличению этого показателя в локальных лентах, до 88,1 в начале вегетации и 91,7 % в ее конце.

Полученные нами данные свидетельствуют о тесной связи между содержанием кальция и углерода органического вещества. В локальных зонах содержание углерода органического вещества, в сравнении с контролем, увеличивается практически в 2 раза, тогда как при применении традиционной технологии этот показатель увеличился только в 1,2–1,3 раза. Кроме этого, создание пространственной неоднородности способствует и повышению pH почвенного раствора в локальных зонах, что благоприятно сказывается на почвенной биоте.

В почвенном разрезе на варианте технологии локального окультуривания установлено, что в локальных зонах сосредоточена значительная часть корневых волосков, а именно в 6,5 раз больше, чем между зонами и, в 2,5 раза больше чем в горизонте 5–15 см, в котором известь и удобрения заделаны традиционно вразброс. Полученный эффект целиком закономерный, потому что корни растений развиваются лучше там, где на-

Таблица 1

Изменение физико-химических показателей в корнесодержащем слое чернозема оподзоленного под влиянием разных технологий окультуривания (над чертой май, под чертой – октябрь)

Варианты	Глубина отбора почв. образцов, см	Углерод органического вещества, %	pH вод	Поглощенные основания, мг-экв/100 г			Степень насыщенности основаниями, %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	
Контроль, без удобрений	0–20	<u>2,2</u> 2,3	<u>5,8</u> 5,9	<u>18,0</u> 19,0	<u>3,5</u> 3,5	<u>21,5</u> 22,5	<u>78,7</u> 80,3
Традиционная технология, навоз – 50 т/га + N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀ + известь 3,8 т/га (вразброс)	0–20	<u>2,7</u> 3,0	<u>6,0</u> 6,1	<u>22,0</u> 31,2	<u>4,5</u> 4,1	<u>26,5</u> 35,3	<u>83,3</u> 90,3
Локальное внесение ОМД в подпахотный слой, навоз – 5 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀ + известь 0,4 т/га (локально)	25–35 (в зоне)	<u>4,3</u> 4,6	<u>6,2</u> 6,5	<u>20,8</u> 29,0	<u>3,7</u> 4,1	<u>24,5</u> 33,1	<u>88,1</u> 91,7
НСР _{0,5}	–	0,09	–	0,10	0,09	0,11	–

ходится большая часть питательных элементов, и вообще, где созданы более комфортные условия.

Растения через собственные корни весьма активно воздействуют на почву, разрыхляя ее и способствуя улучшению аэрации и водопроницаемости, а также накоплению гумуса. Сосредоточение и разветвление корней в локальных зонах, как в биологическом реакторе, интенсифицирует саморегуляторные функции в почве. Ферменты, фитогормоны, органические кислоты и другие вещества, которые растения выделяют в почву, активизирует деятельность почвенной микрофлоры, что способствует минерализации органических веществ почвы и удобрений с освобождением при этом минеральных соединений, которыми питаются растения. В то же время, остатки корней и микроорганизмов вместе с продуктами жизнедеятельности последних являются источником накопления гумуса.

Таким образом, искусственно созданная пространственная неоднородность в корнеобитаемом слое почвы положительно влияет не только на условия корневого питания растений, но и способствует процессу ее эффективного окультуривания. При этом в локальных зонах в условиях существенной экономии удобрений, мелиорантов и энергоносителей культурный почвообразовательный процесс функционирует в положительном агроэкологическом направлении. Особенно чётко это проявляется на агрофизических свойствах почвы в локальных зонах, где за счет повышенного содержания органики, возрастает водоудерживающая способность. Об этом свидетельствуют наблюдения за содержанием полевой влаги в бездождевой период вегетации растений (табл. 2).

Таблица 2

**Среднее содержание полевой влаги
в черноземе оподзоленном тяжелосуглинистом (июнь–июль)**

Варианты опыта	Глубина отбора почв. образцов, см	Содержание влаги, %
Контроль, без удобрений	30	14,7
Традиционная технология, навоз – 5 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₃₀ + известь 3,8 т/га (вразброс)	30	17,1
Локальное внесение ОМД в подпахотный слой, навоз – 5 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀ + известь 0,4 т/га (локально)	30 между зонами	17,8
Локальное внесение ОМД в подпахотный слой, навоз – 5 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀ + известь 0,4 т/га (локально)	30 в локальных зонах	21,5
НСР ₀₅		1,4

В самый жаркий и сухой период вегетации растений содержание влаги в локальных зонах было на 6,8 % больше чем на контрольном варианте и на 4,4 % чем на варианте с традиционной технологией окультуривания почвы.

Результаты наших исследований коррелируют с исследованиями, проведенными А. В. Смагиным и др. [5] в которых была показана зависимость возрастания энергии влагоудержания от концентрации органического углерода в почвах.

Об эффективности гетерогенизации питательных элементов в почве свидетельствуют исследования, проведенные И.И. Ивановым и др. [6]. В этой работе авторы экспериментально доказали, что одним из позитивных моментов пространственного распределения питательных веществ в верхних слоях почвы является улучшение поступления гормонов из корневой системы в продуктивную часть растений.

Особенно и то, что на границе пахотного и подпахотного горизонтов почвы на глубине 25–30 см, именно там где расположены локальные зоны, создается благоприятный температурный режим. При температуре воздуха в тени около 33 °С днем и 15 °С ночью наименьшие колебания температуры отмечены на глубине 30 см (табл. 3).

Высокая биогенность локальных зон почвы во многом обусловлена уменьшением соотношения между ее минеральной и органической (перегнойной) частями. Это соотношение при использовании технологии локального окультуривания достигается при внесении лишь 5–10 т/га ОМУ. Для достижения такого же соотношения в гомогенной почве созданной с помощью традиционного окультуривания необходимо вносить как минимум в 15 раз больше органо-минерального удобрения, около 150 т/га.

Необходимо отметить, что гетерогенизация почвы через локализацию корневого питания не только снижает непродуктивные потери питательных веществ из комфортных зон, но и положительно влияет на экологозащитные функции почв. Например, если почва загрязнена тяжелыми металлами или другими токсикантами, то сосредоточение большей части активных корней в локальных зонах существенно сокращает поступление

Таблица 3

**Динамика температурного режима чернозема оподзоленного, °С
(измерения проведены в сухую солнечную погоду в июле)**

Период измерения (время суток)	Глубина измерения, см					
	на поверхности почвы	10	15	20	25	30
5 ⁰⁰ –6 ⁰⁰	15,2	16,0	17,0	17,3	18,0	18,0
13 ⁰⁰ –14 ⁰⁰	35,0	27,5	23,7	22,3	21,0	20,1
17 ⁰⁰ –18 ⁰⁰	29,2	26,4	23,0	22,7	22,4	21,2

поллютантов в растения. Также этому способствует и сокращение общего объема активной поглотительной зоны, а также относительная “чистота” самой локальной зоны. Срок действия локальных зон 4–5 лет, хотя благодаря развитию в них процессов саморегулирования они могут функционировать более длительное время, а следующее локальное внесение ОМУ по технологии локального окультуривания будет способствовать созданию комфортного внутрпочвенного экрана.

Эффективность технологии локального окультуривания чернозема оподзоленного тяжелосуглинистого подтверждается и урожаем сахарной свеклы (табл. 4).

Полученные данные свидетельствуют о практически одинаковых урожаях сахарной свеклы при применении разных технологий окультуривания чернозема оподзоленного. Однако необходимо понимать, что использование технологии локального окультуривания позволяет экономить удобрительные ресурсы, внося в почву значительно меньше органических удобрений (в 10 раз), извести (почти в 10 раз) и на 25–35 % сократить внесение минеральных удобрений, в сравнении с традиционной технологией окультуривания. Отметим и значительную экономию горюче-смазочных материалов, которая достигается при внесении органико-минеральных удобрений, когда при создании локальных зон их вносят за один проход сельскохозяйственной техники, в отличие от многоразовых проходов при традиционных технологиях.

Выводы.

1. Создание в корнеобитаемом слое чернозема оподзоленного пространственной неоднородности путем локального внесения высококачественной

Таблица 4

Урожай сахарной свеклы при разных технологиях окультуривания чернозема оподзоленного

Варианты опыта	Урожай, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль, без удобрений	31,7	–	–
Традиционная технология, навоз – 50 т/га + N ₄₀ P ₄₀ K ₃₀ + известь 3,8 т/га (вразброс)	38,6	6,9	21,8
Локальное внесение ОМД в подпахотный слой, навоз – 5 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀ + известь 0,4 т/га – локально (растения над локальными зонами)	38,9	7,2	22,7
Локальное внесение ОМД в подпахотный слой, навоз – 5 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₂₀ + известь 0,4 т/га – локально (растения между локальными зонами)	37,8	6,1	19,2
НСР ₀₅		1,2	

твенного органоминерального удобрения положительно влияет на условия корневого питания растений, водный, воздушный и температурный режимы исследуемой почвы.

2. Сосредоточение и разветвление корней в локальных зонах, как в биологическом реакторе, интенсифицирует саморегуляторные функции в почве когда, отмершие корни вместе с остатками микроорганизмов и продуктами их жизнедеятельности способствуют накоплению гумуса, который способствует обеспечению питательными элементами растений.

Список литературы

1. *Фокин А.Д.* О роли органического вещества почв в функционировании природных и сельскохозяйственных экосистем / А.Д.Фокин // Почвоведение. – 1994. – № 4. – С. 40–45.
2. *Фатеев А.И.* Локальный способ внесения удобрений. Почвенно-агрохимические аспекты / А.И. Фатеев. – Харьков, 2002. – 159 с.
3. Пат. 55356 Україна, МКИ 7 А01В 79/02 Спосіб меліорації ґрунтів та пристрій для його здійснення / Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л., Бриль В.В., Калініченко В.М., Горякіна В.М.; заявник та власник Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». – № 2002043302; заявл. 22.04.02; опубл. 17.03.03, Бюл. № 3.
4. *Трускавецький Р.С.* Локальне окультурювання ґрунтів як ефективний прийом гармонізації їх основних функцій / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко, Н.Ф. Чешко, В.М. Калініченко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2011. – Вип. 75. – С. 85–90.
5. *Смагин А.В.* Влияние органического вещества на водоудерживающую способность почв / А.В. Смагин, Н.Б. Садовникова, Т.В. Назарова // Почвоведение. – 2004. – № 3. – С. 312–321.
6. Влияние гетеро- и гомогенного распределения элементов питания в среде на поступление цитокинов и абсцизинов с пасокой в надземную часть растений кукурузы // Агрехимия. – 2000. – № 3. – С. 25–29.

УДК 631.6.02

ВЫБОР ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ КРАСНЫХ КНИГ ПОЧВ В РЕГИОНАХ ПОВСЕМИСТНОЙ РАСПАШКИ

Чернова Ольга Владимировна

*кандидат биологических наук,
Институт проблем экологии
и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва
E-mail: ovcher@mail.ru*

Безуглова Ольга Степановна

*доктор биологических наук, профессор,
Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: lola314@mail.ru*

Аннотация. Создание Красных книг почв субъектов Российской Федерации позволит сохранить естественное разнообразие почв значительно нарушенных регионов.

При выделении эталонов предложено ориентироваться на провинции почвенно-экологического районирования как территории, характеризующиеся сходным составом и структурой почвенного покрова. Характеристики почв охраняемых территорий могут использоваться в качестве эталонных для аналогичных пахотных почв.

Ключевые слова: Красная книга почв, эталонные объекты, охраняемые природные территории.

CHOICE OF STANDARD OBJECTS OF SOILS' RED DATA BOOKS OF AGRICULTURAL TRANSFORMED REGIONS

Chernova O. V.

*candidate of biological sciences,
Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences, Moscow
E-mail: ovcher@mail.ru*

Bezuglova O. S.

*doctor of biological sciences, professor,
Southern Federal University, Rostov-on-Don
E-mail: lola314@mail.ru*

Abstract. The compilation of Red Book of soils is believed to be promoted for conservation of soil diversity of greatly disturbed regions. The choice of standard soils should be made with due account for the provinces of the soil-ecological zonation as territories characterized by similar soil cover. It is proposed to use the characteristics of soils of protected areas as a standard objects for similar arable soils.

Keywords: Red Data Book of soils, standard objects, protected areas.

Введение. В последние десятилетия сформировалось самостоятельное направление исследований, охватывающее вопросы особой охраны ценных почвенных объектов и проблемы создания Красной книги почв. Основная задача Красных книг почв – создание системы эталонных участков в пределах ареалов типичных для региона почв и приуроченных к охраняемым природным территориям. Объекты Красной книги должны репрезентативно представлять почвенный покров страны или региона, служить объектами мониторинга и образцами для сравнения с антропогенно-преобразованными аналогами [2].

Объекты исследования. На значительно измененных антропогенной деятельностью территориях сложно найти ненарушенные природные комплексы. В Ростовской области, согласно данным Росстата на 2013 г., сельскохозяйственные угодья занимают 87,7% территории, причем 69% от этой площади приходится на пашню. Покрытые лесом земли занимают всего 2,6% безводной площади области, все особо охраняемые при-

родные территории федерального и регионального уровней занимают лишь около 0,6% безводной площади области. Основная масса охраняемых территорий области имеет совсем небольшую площадь, а наименее исследованным их компонентом является почвенный покров, о котором часто имеется лишь минимальная информация.

Целью нашей работы было составление перечня типичных для области почв высоких таксономических уровней, представители которых должны быть отнесены к эталонам Красной книги почв Ростовской области. Далее встала задача подбора в пределах охраняемых территорий участков типичных для области почв под естественной или восстановленной растительностью для создания почвенных эталонов и изучения этих почв.

Высокая распаханность территории Ростовской области обусловила тот факт, что многие охраняемые территории приурочены к овражно-балочным системам с эродированными почвами, поэтому выбор участков для заложения опорных разрезов потребовал значительной предварительной работы. На первом этапе на основе карты Почвенно-экологического районирования Российской Федерации М.: 1:2,5 млн. [3] был определен таксономический перечень почв, эталонные представители которых должны быть включены в Красную книгу почв Ростовской области (табл. 1). Изучены доступные архивные материалы крупномасштабных почвенных обследований, проанализирована картографическая и описательная информация по растительному и почвенному покровам ООПТ, расположенных в пределах Предкавказской и Южно-Русской провинций черноземов обыкновенных и южных, что позволило подобрать 7 охраняемых природных территорий областного подчинения, расположенных в пяти административных районах области: «Разнотравно-типчачково-ковыльная степь» (Чертковский р-н), «Фоминская дача» (Миллеровский р-н), «Кундрюченские пески» и «Раздорские склоны (Усть-Донецкий р-н), «Персиановская заповедная степь» (Октябрьский р-н), «Хороли» и «Разнотравно-типчачково-ковыльная степь» (Зерноградский р-н), в пределах которых была возможность подобрать почвенные эталоны для включения в Красную книгу почв области. Проведено почвенное обследование указанных ООПТ, под минимально нарушенными растительными ассоциациями заложены и описаны почвенные разрезы, по профилям которых отобраны образцы для определения объемной массы горизонтов, а также основных химических и физико-химических характеристик. Вблизи опорных разрезов с площадок 10x10 м по регулярной сетке отобрано по 15 образцов из слоя 0–20 см для определения естественного варьирования концентраций микроэлементов и содержания органического углерода.

Эталоны Красной книги почв Ростовской области

Провинции почвенно-экологического районирования	Основные эталоны	Локальные эталоны	Эталонные комплексы
Н1 Предкавказская провинция черноземов обыкновенных и южных мицелярно-карбонатных мощных и сверхмощных малогумусных	– черноземы обыкновенные мицелярно-карбонатные; – черноземы южные мицелярно-карбонатные	– лугово-черноземные; – луговые; – аллювиальные; – дерновые песчаные	
Н2 Южно-Русская провинция черноземов обыкновенных среднемощных малогумусных и южных средне- и маломощных малогумусных и слабогумусированных	– черноземы обыкновенные; – черноземы южные		
О2 Донская провинция темно-каштановых и каштановых почв	– каштановые; – темно-каштановые	– лугово-каштановые; – луговые; – аллювиальные; – дерновые песчаные; – солончаки	– солонцовые комплексы
Р1 Прикаспийская провинция светло-каштановых и бурых почв, солонцовых комплексов, песчаных массивов и солончаков	– светло-каштановые; – бурые (пустынно-степные)		

Результаты и обсуждение. Исследована естественная вариабельность содержания органического углерода и валовых концентраций ряда микроэлементов (Cr, Ni, As, Sr, Co, Zn, Pb, Cu, Ti) в поверхностном слое (0–20 см) естественных почв, различающихся типологически, по гранулометрическому составу, сформированных на разных почвообразующих породах и под разными растительными ассоциациями. Проведен статистический анализ полученных данных.

Определение содержания гумуса в почвах ООПТ выявило более высокую гумусированность их поверхностных горизонтов (на 0,5 – 1,7%) по сравнению с пахотными аналогами. В максимальной степени это проявляется в черноземах обыкновенных под разреженным широколиственным лесом.

Установлено, что концентрации микроэлементов в почвах большинства ООПТ превышают условные фоновые значения, использующиеся при об-

следовании почв области [1]. Содержание мышьяка превышает установленные предельно допустимые концентрации (ПДК) и даже ориентировочные допустимые количества (ОДК) для почв соответствующего гранулометрического состава, а содержание никеля находится на уровне значений ОДК. В поверхностных дерновых горизонтах наблюдается концентрирование микроэлементов, но в тяжелых по гранулометрическому составу материнских породах (красно-бурой и желто-бурой глинах) их концентрации также повышенные, и только в элювии песчаника содержание микроэлементов низкое. Выявлена региональная особенность почв Ростовской области: богатство материнских пород микроэлементами обуславливает их высокое содержание в почвах, а высокое содержание гумуса в дерновом горизонте дополнительно способствует их накоплению в поверхностном слое.

Выводы. Для оценки загрязнения черноземов пахотных земель Ростовской области тяжелыми металлами имеющиеся нормативы не применимы. Предлагается использовать региональные фоновые концентрации, установленные для аналогичных целинных почв с учетом природного варьирования характеристик.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592

Список литературы

1. Акимцев В.В. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области / В.В. Акимцев, А.В. Болдырева, С.Н. Голубев // Микроэлементы и естественная радиоактивность. – Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 1962. – С. 37–42.
2. Добровольский Г.В. Принципы выбора эталонных объектов при создании Красной книги почв России / Г.В. Добровольский, Чернова О.В., О.В. Семенюк, Л.Г. Богатырев // Почвоведение. – 2006. – № 4. – С. 387–395.
3. Урусевская И.С. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации М: 1:2500000 / И.С. Урусевская, И.О. Алябина, В.П. Винокова, Л.Б. Востокова, Е.И. Дорощеева, С.А.Шоба, Л.С. Щипихина. – 2013.

УДК631.445.4(571.51)

ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ*

Шпедт Александр Артурович

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail :shpedtaleksandr@rambler.ru*

Кратасюк Валентина Александровна

*доктор биологических наук, профессор,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: valkrat@mail.ru*

Римацкая Надежда Валерьевна

*научный сотрудник,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: shmanko_nadya@mail.ru*

Байгина Елизавета Маратовна

*аспирант,
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: nfsu2betti@mail.ru*

Аннотация. В статье отражены генезис, свойства и плодородие черноземов Красноярского края. Приводятся современные оценки состояния черноземов, их трансформация в условиях интенсивного использования.

Ключевые слова: почва, чернозем, почвенный профиль, агрохимические свойства почв, эрозия почв, оценка почв.

GENESIS, PROPERTIES AND FERTILITY OF CHERNOZEMS KRASNOYARSK KRAI

Shpedt A. A.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Siberian federal university, Krasnoyarsk
E-mail: shpedtaleksandr@rambler.ru*

Kratasyuk V. A.

*doctor of biological sciences, professor,
Siberian federal university, Krasnoyarsk
E-mail: valkrat@mail.ru*

* Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (проект №16-14-10115)

Rimatskaya N. V.

*Research associate,
Siberian federal university, Krasnoyarsk
E-mail: shmanko_nadya@mail.ru*

Baygina E. M.

*Ph.D. student, Siberian federal university, Krasnoyarsk
E-mail: nfsu2betti@mail.ru*

Abstract. Genesis, properties and fertility of chernozems of the Krasnoyarsk region is reflected in article. The modern estimates of properties of chernozems and their transformations in the conditions of intensive use are given.

Keywords: soil, chernozem, soil profile, agrochemical properties of soils, erosion of soils, estimate of soils.

Введение. На основании обширного экспедиционного и аналитического материала установлено, что в пределах земледельческой части Красноярского края выделяется четыре подтипа чернозёмов: оподзоленный, выщелоченный, обыкновенный и южный. Они не образуют выраженных почвенных поясов, и представлены разными родами, видами и разновидностями: от малоплодородных укороченных малогумусных, часто карбонатных, до высокоплодородных, среднемощных и мощных, тучных [2]. Данные почвы приурочены к шести природным округам: Ачинско-Боготольскому, Красноярскому, Канскому, Назаровскому, Чулымо-Енисейскому и Южно-Минусинскому.

Черноземы Красноярского края обладают хорошими физическими, водно-физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами. Это самые плодородные почвы региона. Температурный режим черноземов определен как резко континентальный и более напряженный, по сравнению с западно-сибирскими и особенно европейскими аналогами [2]. Жесткий температурный режим определяет ряд провинциальных особенностей красноярских черноземов: укороченный гумусовый горизонт, повышенная гумусированность, низкая биологическая активность, карманность, наличие признаков мерзлотного оглеения, слоистая текстура, повышенная эффективность азотных удобрений. Качество гумуса отличается более узкими значениями отношений C:N и углерода ГК:ФК.

Для данных почв характерна комплексность почвенного покрова и литологическая неоднородность почвообразующих пород. Одно из проявлений комплексности и пестроты почвенного покрова это наличие затеков, языков или карманов на границе гумусового и иллювиального горизонтов. Такие образования формируются под влиянием резкой засухи летом и сильного промерзания зимой, что приводит к растрескиванию почвы.

Согласно современным оценкам [1] в структуре почвенного покрова Красноярского края на долю черноземов и лугово-черноземных почв приходится всего около 2,0%, то есть площадь черноземных почв весьма ограничена.

Объекты и методы. Объектами изучения стали черноземы и агрочерноземы Канского природного округа Красноярского края. Почвенные разрезы на пашне, залежи и целине были заложены в 2015 г. в ОПХ «Солянок» Рыбинского района, на пологом юго-западном склоне, крутизной 2–4°. Из каждого генетического горизонта отбирались почвенные образцы.

В почвенных образцах определяли содержание гумуса, подвижных гумусовых веществ (ПГВ), $pH_{КС}$, а также новый показатель биоломинесценции – величину остаточного свечения T (%), согласно которой выполнена оценка интенсивности загрязнения почвы: $T > 80\%$ – образец не загрязнен; $50\% < T < 80\%$ – образец загрязнен; $T < 50\%$ – образец сильно загрязнен [6].

Результаты и обсуждение. Естественный природный процесс почвообразования в черноземных почвах существенно изменяется при вовлечении их в сельскохозяйственное использование, что обусловлено систематической механической обработкой почвы, сменой растительности, применением удобрений и др. Так, пребывание черноземов под разными видами угодий повлияло на строение почвенного профиля и их агрохимические показатели (табл. 1). В почве под пашней отсутствуют дерновый и иллювиально-карбонатный горизонты, присутствующие в залежном и целинном черноземах. Это связано с ежегодной вспашкой почвы и более интенсивным здесь вымыванием карбонатов вниз по профилю. В распаханном черноземе карбонаты появляются в 3-м полуметре, в залежном и целинном черноземе – с глубины 70–72 см. Наиболее высокое содержание гумуса фиксировалось в черноземе целинного участка, что позволило охарактеризовать его как тучный. В агрочерноземе залежного участка гумуса существенно меньше, а самые низкие его значения характерны для распаханного агрочернозема. Распределение гумуса во всех профилях – резко-убывающее.

Содержание подвижных гумусовых веществ, характеризующее эффективное плодородие почвы, в темногумусовом и агротемногумусовом горизонтах высокое и очень высокое. Наиболее существенное его количество фиксировалось в почве целины. В иллювиальных горизонтах содержание подвижных соединений резко уменьшается, и не превышает во всех случаях 100 мг С/100 г почвы. Отношение углерода ГК:ФК первой фракции характеризует доступность гумусовых веществ минерализации. В верхних горизонтах тип гумуса, как правило, фульватно-гуматный. С глубиной, в иллювиальных горизонтах тип гумуса меняется на гуматно-фульватный и далее на фульватный (табл. 1).

Таблица 1

Строение профиля и свойства черноземов

Индекс горизонта, его мощность	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	pH _{KCl}	ПГВ, мг С/100г				Т	Тср.
				сумма	ГК	ФК	ГК:ФК	%	
Агрочернозем глинисто-иллювиальный среднемошный сильно гумусированный тяжелосуглинистый на глин. Пашня (мн. травы)									
PU, 0–20	0–10	5,78	5,76	431	242	189	1,28	24,2	42,3
	10–20	5,35	5,70	388	210	178	1,18	29,2	
AU, 27–43	27–43	4,92	5,57	336	147	189	0,78	35,4	
ABI, 43–55	43–55	2,47	5,35	135	41	94	0,44	45,5	
BI, 55–120	55–75	1,52	5,06	82	31	51	0,61	63,7	
	75–120	1,09	4,47	40	20	20	1,00	55,7	
Агрочернозем дисперстно-карбонатный маломощный сильно гумусированный тяжелосуглинистый на карбонатном тяжелом суглинке. Залежь 10 лет									
AU (PU), 0–26	0–12	6,31	5,44	304	168	136	1,24	36,9	67,0
	12–26	5,99	5,64	304	179	125	1,43	38,0	
ABI, 26–52	35–40	2,37	5,77	50	25	25	1,00	75,0	
BCA, 52–140	70–80	0,77	7,19	19	9	10	0,90	85,5	
	115–125	0,77	7,25	19	9	10	0,90	99,7	
Чернозем глинисто-иллювиальный маломощный тучный тяжелосуглинистый на карбонатной глин. Целина									
AU, 0–34	0–7	9,40	5,83	568	348	220	1,58	32,7	63,0
	15–30	7,48	5,92	283	115	168	0,68	56,9	
ABI, 34–45	34–45	2,26	5,52	103	31	72	0,43	49,7	
BI, 45–67	50–65	1,62	5,62	82	20	62	0,32	64,2	
BCA, 67–120	72–82	1,41	7,11	50	10	40	0,25	95,5	
	100–110	1,20	7,29	40	10	30	0,33	78,8	

Величина остаточного свечения возрастает (в 2,6–2,9 раза) вниз по профилю почв. Аккумуляция всевозможных загрязнений, наиболее сильно происходит в верхней части почвы, поэтому низкие значения остаточного свечения отмечались в верхнем (0–7, 0–10, 0–12 см) слое почвы, при этом почва пашни оказалась самой загрязненной. Хозяйство интенсивно использует повышенные дозы минеральных удобрений и пестициды, поэтому почвы сельскохозяйственных угодий, особенно пахотных, загрязнены агрохимикатами. Агрочернозем пашни оказался сильно загрязненным на протяжении всего профиля. Среднее значение Т здесь самое низкое. В профиле черноземов залежи и целины, с глубины 70–80 см загрязнение не фиксировалось, а в целом почвы оценены как загрязненные.

Благодаря наличию черноземов Красноярский край является одним из главных производителей товарного и продовольственного зерна в СФО. Согласно современным оценкам [5] почвенно-экологический индекс черноземов разных подтипов изменяется от 36,7 до 50,3 баллов. Наибольшим количеством баллов оценены высокогумусные глинисто-иллювиальные черноземы, а наименьшим – черноземы текстурно-карбонатные. Для сравнения – черноземы Краснодарского края имеют индексы равные 100 баллам. Таким образом, красноярские черноземы уступают в плодородии краснодарским почвам в 2–3 раза.

На территории региона интенсивно развивается водная, ветровая и комплексная эрозия. Эрозии разных видов и интенсивности подвержено 1249,5 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из них: дефляции – 663,9 (53,1%), водной эрозии – 397,2 (31,8%), комплексной – 188,4 тыс. га (15,1%) [3]. Наличие эрозии стало результатом взаимодействия природных факторов и хозяйственной деятельности человека, выразившейся в сведении лесных массивов, сплошной распашке землепользования, без учета ландшафтных особенностей и внедрения противоэрозионных мероприятий. Созданные в 60-е годы XX в. лесные полосы находятся в неудовлетворительном состоянии и не способны обеспечить защиту почвенного покрова от эрозии.

В регионе остро стоит проблема загрязнения почв водорастворимым фтором, выбрасываемом в атмосферу Красноярским алюминиевым заводом. Химической деградации подвержены десятки тыс. га плодородных глинисто-иллювиальных и дисперстно-карбонатных черноземов [4]. Так, с 1995 г. средневзвешенное содержание водорастворимого фтора в почвах сельскохозяйственных угодий ряда хозяйств увеличилось в 1,7–1,9 раза, достигнув 33–39 мг/кг, при ПДК равном 10.

Список литературы

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. <http://egrpr.esoil.ru/register.php>
2. Крупкин П.И. Черноземы Красноярского края : монография / П.И. Крупкин. – Красноярск : КрасГУ, 2002. – 332 с.
3. Лисунов В.В. Обработка почвы в Восточной Сибири / В.В. Лисунов. Новосибирск : РАСХН. Сиб. отделение, 2002. – 276 с.
4. Танделов Ю.П. Фтор в системе почва–растение / Ю.П. Танделов. – Красноярск, 2012. – 146 с.
5. Шпедт А.А. Оценка почв земледельческой части Красноярского края / А.А. Шпедт, Н.Ю. Жаринова, Г.Ю. Ямских, С.В. Александрова // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны : тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Ч. 2. – Москва–Белгород : Издательский дом «Белгород», 2016. – С. 259–260.
6. Esimbekova E. Application of enzyme bioluminescence in ecology E. Esimbekova, V. Kratasyuk, O. Shimomura // Bioluminescence: Fundamentals and Applications in Biotechnology. – Volume 1. Springer Berlin Heidelberg, 2014. – P. 67–109.

УДК 502.1

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ АГРАРНЫХ И НАТИВНЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ*

Яшин Иван Михайлович

*доктор биологических наук, профессор,
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: ivan.yashin2012@gmail.com*

Васенев Иван Иванович

*доктор биологических наук, профессор,
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: ivvasenev@gmail.com*

Джанчаров Турмушбек Мурзабекович

*кандидат биологических наук, доцент,
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва*

Рамазанов Сабир Рамазанович

*соискатель, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва
E-mail: rsr005@yandex.ru*

Аннотация. Эволюция черноземов Среднего Поволжья обусловлена глобальными (аридизация климата, засухи, пожары, особенно масштабные в 2010 г.) и локальными («чистые» пары, осолонцевание) факторами. На плакорах долины реки Большой Кольшлей (один из притоков реки Медведицы) установлена гибель фаций берез и дуба. Отмечено, что она связана с эволюцией черноземов при близком залегании засоленных пород и, вероятно, аллелопатией степных трав.

Ключевые слова: эволюция черноземов, аридизация климата, засухи, пожары, засоление, осолонцевание, гуматы и фульваты натрия, водная миграция, сорбционные лизиметры.

THE EVOLUTION OF CHERNOZEMS IN AGRICULTURAL AND NATIVE ECOSYSTEMS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Yashin I. M.

*doctor of biological sciences, professor,
RTSAU named in honour of K.A. Timiryzev, Moscow
E-mail: ivan.yashin2012@gmail.com*

Vasenev I. I.

*doctor of biological sciences, professor,
RTSAU named in honour of K.A. Timiryzev, Moscow
E-mail: ivvasenev@gmail.com*

* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ, а также Президента РФ.

Dzhancharov T. M.

*candidate of biological sciences, associate professor,
RTSAU named in honour of K.A. Timiryzev, Moscow*

Ramazanov S. R.

*Ph.D. applicant,
RTSAU named in honour of K.A. Timiryzev, Moscow
E-mail: rsr005@yandex.ru*

Abstract. The evolution of chernozems in The Middle Volga Region is caused by global (climate aridization, droughts, fires, particularly large in scale in 2010) and local (“ideal” pairs, alkalinization) factors. Death of birch and oak facies was discovered on the watershed of the Bolshoy Kolyshley River (one of the Medveditsa River tributaries). It has been established that it was connected with the evolution of chernozems situated in proximity to saline rocks, and, probably, with the allelopathy of steppe grasses.

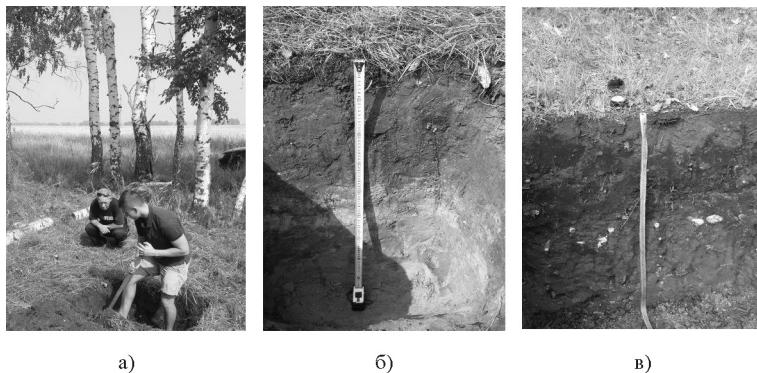
Keywords: evolution of chernozems, climate aridization, droughts, fires, salinization, alkalinization, sodium humates and fulvates, water migration, sorption lysimeters.

Объекты и методы исследований. Мониторинг экологического состояния черноземов в аграрных, пойменных, степных и лесостепных экосистемах учебно-опытного хозяйства РГАУ-МСХА «Муммовское» Аткарского района Саратовской области проводится нами с 2006 г. Использовали комплекс методов экологических исследований: полевые маршрутные изыскания, экспериментальное моделирование, хроматографию и сорбционные лизиметры [3, 5, 7]. Реакции взаимодействия щелочных растворов из золы растений с почвой моделировали в широких и коротких колонках [6].

Результаты и их обсуждение. При фильтрации в модельном опыте щелочных растворов из золы растений в образце гумусового горизонта чернозема катионы натрия замещают обменно поглощенные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} . Гумусовые вещества теряют устойчивость и гидрофилизуются. Гуматы кальция трансформируются в низкомолекулярные гидрозолы гуматов и фульватов натрия. Их структура упрощается, появляются мономеры. Они и мигрируют в черноземе в форме натриевых солей в сезон дождей, пока не достигнут карбонатно-кальциевого барьера миграции или осадков $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в древнем аллювии. Установлено, что в пахотном черноземе выщелоченном (**не деградированном**) на долю ГК приходится $71 \pm 1,7\%$ $\text{C}_{\text{орг}}$, а на долю ФК – $29 \pm 2,4\%$. В черноземоподобной почве (степь – выбитое пастбище) доля $\text{C}_{\text{орг}}$ ФК составляла $57\text{--}59 \pm 1,9\%$, гуминовые кислоты в осадке не обнаружены, остальная масса $\text{C}_{\text{орг}}$ $41\text{--}43\%$ в таком «черноземе» – гумин.

В экспедициях 2015–2016 гг. (весна–осень) выявлены четкие признаки деградации профилей черноземов, сукцессии биоты (наступление степи на фации леса) и гибель березы, дуба (рис. 1а). Напомним, в 2010, 2014, 2015 гг. в этом регионе были изнуряющие засухи, крупные пожары, что негативно сказалось на урожайности культур. Экологическая ситуация в исследуемых ландшафтах не устойчивая. Дым от пожаров включает тонкодисперсные частицы золы, сажи. А они содержат и суперэкоотоксиканты – тяжелые металлы, диоксины, которые попадают в почвы, биоту, воды, загрязняя их. Рассмотрим возможные причины гибели древесных фаций, на плакоре: дефицит в почве доступной влаги и щелочная реакция гор. А₁; не исключается также аллелопатическая роль водорастворимых органических веществ (ВОВ), выделяемых степными травами и сформировавшихся везде плотный травянистый покров (и дернину), в частности, и под деревьями (рис. 1 а). Кроме жидких ВОВ, аллелопатическими функциями обладают и газообразные компоненты трав, в частности, терпеноиды [5].

На стационарной площадке, в фации дуба, иллювиальный горизонт чернозема пока не нарушен. Здесь много крупных корней, а в гумусовом горизонте их почти нет (рис. 1в). С агрономической точки зрения гор. А₁ – самый плодородный, а древесных корней почти нет. По-видимому,



*Рис. 1. Лесостепная экосистема на коренном берегу реки Большой Колышлей:
а – почвенный разрез среди березовой опушки, испытавшей длительную засуху в 2010 г;
б – профиль деградированного чернозема солонцеватого легкосуглинистого на засоленных песках с щебнем опок (залегающих на глубине 72–78 см) в парцелле «А»;
в – профиль чернозема солонцеватого в дубовой не деградированной фации – на восток, в 450 м от разреза б (фото И.М. Яшина, 26.07.2016)*

аридизация климата в регионе является фактором, резонансно «запускающим» цепочку взаимосвязанных процессов в черноземах [2, 3].

Результаты полевых опытов позволили уточнить суждение П.А. Костычева о том, что гумусовые вещества вообще не могут мигрировать в черноземах [5]. Но уже в работе [3], на черноземах выщелоченных Тамбовской области, учхоз имени М.И. Калинина, была установлена миграция **ВОВ г/м² за 1 год**: от 1,3 из опада дуба и березы (в лесополосе) до 0,6 – в гор А₁ на глубине 30 см [3, табл. 5]. При этом в почвенных растворах мигрировали преимущественно гумусовые вещества (фульваты и гуматы – разные по природе соли), элюируемые из активированного угля сорбционных колонок 1% NH₄OH. По сведениям [1] миграция ВОВ (по сорбции в колонках оксидом алюминия) в подтипе обыкновенного чернозема учхоза «Муммовское» – не более 2,4 г/м² за 1 год. В 2006 г. лизиметрические опыты в пойменной экосистеме на лугово-черноземной почве, с высокой биомассой луговых трав, выявили очень большой масштаб миграции ВОВ из гор. А₁ 0–7 см – около 100 г/м² C_{орг} за период июнь–октябрь. При лабораторном фракционировании ВОВ на угле по схеме W. Forsyth – И.М. Яшина (1974) и диагностике их состава были обнаружены преимущественно индивидуальные органические вещества (полифенолы, органические кислоты и их соли), элюируемые из активированного угля колонок 90% водным ацетоном и водой. Характерно, что вещества полифенольного характера с ионами Fe(III) образуют почти черного цвета растворы, которые при нисходящей миграции глубоко пропитывают мелкозем лугово-черноземной почвы, увеличивая ее мощность и определяя динамику свойств.

Выводы:

1. Изучена направленность процессов деградации черноземов с учетом гидрохимического состава поверхностных вод в катене: плакор – пойма – воды реки. Состав верховодки (притеррасная пойма реки), грунтовых вод лугово-черноземной почвы и поверхностных вод реки Большой Колышлей (у д. Ершовка), диагностированный в мае 2016 г., оказался следующим (мг/л): **50,1±5,5 – 44,6±4,9 – 107±16**; величины ВОВ по показателям ХПК – **59,0±14 – 84,8±8,5** – и в реке **28,8±6,9**; концентрация мобильных форм Fe-органических соединений – **5,5±1,4 – 2,4±0,6** – и в реке – **0,3±0,0**. Сухой остаток речной воды высокий – **559±50 мг/л**; величина pH – **6,9±0,2**. Активный вынос ионов Ca²⁺ указывает на современное осолонцевание и деградацию гумусовых веществ в профилях черноземов Среднего Поволжья.

2. Гидрогели гидроксидов Fe в слоях древнего аллювия речных долин – современные барьеры миграции для ионов тяжелых металлов, ВОВ

и микроэлементов. В смешанных образцах $\text{Fe}(\text{OH})_3$ было обнаружено следующее валовое содержание тяжелых металлов и микроэлементов (мг/кг): PbO – 34,7; ZnO – 44,2; NiO – 23,8; CdO – 1,9; в засоленной породе PbO – 2,4 мг/кг, в речной воде концентрация мобильных форм свинца составила 0,4 мг/л.

3. Рассмотренный в работе *методологический прием*, можно использовать и для *выделения препаратов гуминовых и фульвокислот из черноземов*, поскольку он базируется на учете почвенно-экологических процессов, коллоидно-химических свойств гумусовых веществ, пептизирующей роли катионов Na^+ в условиях периодического промачивания почв и нисходящей водной миграции.

Список литературы

1. Поддубный Н.Н. О миграции водорастворимого органического вещества в пахотных и целинных черноземах обыкновенных / Н.Н. Поддубный, З.П. Кирюхина // Доклады ТСХА. – 1971. – Вып.169. – С. 116–118.
2. Щербаков А.П. Основные условия и закономерности современного антропогенеза черноземов России / А.П. Щербаков, Ф.И. Козловский, И.И. Васнев // Антропогенная эволюция черноземов. – Воронеж : ВГУ, 2000. – С. 391–409.
3. Яшин И.М. Водорастворимые органические вещества почвы – их состав и миграция : автореф. ... дис. канд. биолог. наук / И.М. Яшин. – М. : ТСХА, 1974. – 17 с.
4. Яшин И.М. Выделение из почв мобильных групп гумусовых соединений водным раствором нейтральной соли / И.М. Яшин // Актуальные вопросы агрономического почвоведения : в сб. – М. : МСХА, 1989. – С. 48–61.
5. Мониторинг процессов миграции и трансформации веществ в почвах / И.М. Яшин. – М. : РГАУ-МСХА, 2013. – 183 с.
6. Яшин И.М. Эволюция черноземов в условиях лесостепи Саратовской области / И.М. Яшин, И.И. Васнев, Д.С. Ворников, Т.М. Джанчаров // Агроэкология. – 2014. – № 1. – С. 28–33.
7. Яшин И.М. Методы экологических исследований / И.М. Яшин, И.И. Васнев, В.А. Раскатов. – М. : РГАУ-МСХА, 2015. – 183 с.

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ЛЕСНЫХ И АГРОЭКОСИСТЕМАХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Цветнова Ольга Борисовна

*кандидат биологических наук, доцент,
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, г. Москва
E-mail: tsvetnova@mail.ru*

Щеглов Алексей Иванович

*доктор биологических наук, профессор,
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, г. Москва
E-mail: shcheglov@mail.ru*

Аннотация. Рассматриваются особенности современного радиоэкологического состояния лесных и агроэкосистем Тульской области зоны чернобыльских выпадений. Показаны уровни загрязнения и особенности пространственного распределения техногенных радионуклидов в почвах исследуемых фитоценозов. Установлено, что в настоящее время на большей части территории области не отмечается превышения установленных нормативов по уровням загрязнения ^{137}Cs . В черноземах оподзоленных пространственное перераспределение ^{137}Cs в основном определяется течением биогеохимических процессов под различными типами лесонасаждений, а в агроценозах – системой ведения агротехнических мероприятий.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs , лесные и агроэкосистемы, пространственное перераспределение.

MODERN RADIOECOLOGICAL SITUATION IN FOREST AND AGRO-ECOSYSTEMS OF TULA REGION

Tsvetnova O. B.

*candidate of biological sciences, associate professor,
Moscow state M. V. Lomonosov University, Moscow
E-mail: tsvetnova@mail.ru*

Shcheglov A. I.

*doctor of biological sciences, professor,
Moscow state M. V. Lomonosov University, Moscow
E-mail: shcheglov@mail.ru*

Abstract. It have been discussed the features of modern radioecological situation of forest and agricultural ecosystems of Tula region in the zone of the Chernobyl fallout. It was shown the levels of contamination and the characteristics of spatial distribution of

radionuclides in the soils of the studied phytocoenoses. It was found that currently in the most parts of the territory of the region there were no excess of established standards for levels of ^{137}Cs contamination. The modern spatial redistribution of ^{137}Cs in the podzolized chernozem of Tula region is determined by the biogeochemical processes under different types of forest vegetation, and in agroecosystems by the system of agrotechnical activities.

Key words: radioactive contamination, ^{137}Cs , forest and agricultural ecosystems, spatial redistribution.

Введение. Тульская область является территорией с напряженной радиозоологической обстановкой в связи с высокой концентрацией промышленности, широким распространением угледобывающих предприятий, а также загрязнением естественными и искусственными радионуклидами. Высокие концентрации естественных радиоактивных элементов в почвах Тульской области обусловлены урановыми аномалиями, связанными с угленосными визейскими отложениями, а также наличием аномалий радона в почвах и подземных водах, в том числе и в источниках водоснабжения [1]. Загрязнение почв Тульской области техногенными радионуклидами определяется чернобыльскими радиоактивными выпадениями 1986 года. Последнее существенно изменило радиозоологическую обстановку на территории области.

Целью настоящих исследований явилась оценка современных уровней и структуры полей загрязнения почв ^{137}Cs под различными насаждениями на территории Плавского района Тульской области. По данным на 1986 г., плотность загрязнения почв ^{137}Cs в этом районе превышала 185 kBк/м^2 , что относит его к одному из наиболее загрязненных [2].

Объекты и методы. Настоящие исследования проводились в 2014–2016 г. Объектами послужили черноземы оподзоленные тяжело (средне) суглинистые на покровных карбонатных суглинках под различными искусственными разновозрастными (70-летними) 2 бонитета насаждениями дуба, березы и сосны, а также под посевами яровой пшеницы на участке агроценоза. Данные участки были расположены вблизи друг от друга на одном типе мезорельефа. Здесь были заложены стационарные пробные площади (размером $25 \times 25 \text{ м}$), на которых по равномерной сетке с шагом – 5 м, по глубинам 0–5, 5–10, 10–15 производился отбор минеральных слоев почв, а в лесных биогеоценозах (БГЦ) – также и подстилки. Определение удельной активности ^{137}Cs осуществлялось на сцинтилляционном гамма-спектрометре с обработкой амплитудного спектра импульсов с помощью программы ПРОГРЕСС (погрешность – 10%).

Результаты и обсуждения. Проведенные исследования показали, что, по данным на 2016 год, несмотря на относительную близость расположения участков, этот показатель колеблется от 123,7 кБк/м² в почвах агроценоза до 266,8–345,2 кБк/м² в почвах лесных экосистем, что обусловлено особенностями влияния лесных БГЦ на распределение первичных выпадений. Так, по данным ряда авторов, при аэральном выпадении на лесные массивы поступает примерно на 30% больше активности, чем на прилегающие необлесенные участки [3, 4].

В настоящее время в исследуемых лесных насаждениях наибольшая плотность загрязнения почв ¹³⁷Cs отмечается в дубраве, наименьшая – в березняке. На наш взгляд, это связано с неодинаковой интенсивностью протекания биогеохимических процессов под различными типами насаждений. Наиболее ярко влияние типа фитоценоза проявляется на изменение плотности загрязнения ¹³⁷Cs в различных слоях почвенной толщи. В начальный период после выпадений основные запасы ¹³⁷Cs во всех лесных БГЦ были сосредоточены в лесной подстилке [4]. В настоящее время она утратила свои барьерные функции; запасы ¹³⁷Cs в этом горизонте снизились до десятых (сосняк) – сотых долей (лиственные фитоценозы) процента от суммарных запасов в почвенной толще. Сейчас основной запас ¹³⁷Cs в лесных почвах аккумулирован в 0–5 см слое.

Анализ пространственной неоднородности (V) запасов ¹³⁷Cs в профиле черноземов оподзоленных показал, что структура полей загрязнения почв лесных биогеоценозов отлична от таковой в агроценозе. Значения V в исследуемых слоях почв лесных формаций (17,4–50,7%) выше, чем агроценозов (6,3–9,3 %). При этом в почвах хвойных фитоценозов V больше, чем в лиственных, что обусловлено большей степенью влияния хвойных сообществ на первичное распределение чернобыльских впадений [3, 4]. В исследуемых слоях почв всех растительных формаций минимальное значение коэффициента варьирования отмечается в слое 0–5 см. В выше- (О) и нижележащих слоях (5–10, 10–15 см) величина V возрастает, что связано с наложением на исходную пространственную неоднородность радиоактивных выпадений различий в интенсивности биогеохимических потоков ¹³⁷Cs в этих фитоценозах. Наиболее ярко неравномерность распределения запасов ¹³⁷Cs в почвах фиксируется на построенных нами карта-схемах, где отчетливо выделяются не только зоны с высокими и низкими уровнями загрязнения ¹³⁷Cs, но и совпадение участков с максимальными и минимальными плотностями загрязнения ¹³⁷Cs в различных слоях, что, как мы уже подчеркивали, определяется неравномерностью течения биогеохимических процессов под различными типами лесонасаждений, а в почвах агроценозов – системой проведения сельскохозяйственных об-

работок. Последнее приводит к более равномерному распределению запасов ^{137}Cs этих условиях вследствие ежегодной агропедотурбации почвенной массы в верхнем 0–30 см слое и, соответственно, наиболее низким коэффициентам варьирования данного показателя.

Заключение. Результаты наших исследований позволяют констатировать, что плотность загрязнения ^{137}Cs черноземов оподзоленных Тульской области под различными лесонасаждениями в значительной степени определяется пространственной неоднородностью первичных аэральных выпадений и влиянием на этот показатель типа фитоценоза. Особенности характера первичного распределения радиоактивных выпадений в наибольшей степени сохраняются в верхнем 0–5 см слое. В природных экосистемах лесостепной зоны биогеохимическая миграция радионуклида способствует усилению исходной пространственной неоднородности распределения запасов ^{137}Cs , в особенности, в лесной подстилке и 5–15 см минеральной толще почв. В агроэкосистемах технология возделывания сельскохозяйственных культур приводит к сглаживанию исходной пространственной неоднородности распределения запасов ^{137}Cs в почвах вследствие ежегодной агропедотурбации почвенной массы пахотного горизонта.

Список литературы

1. *Игнатов П.А.* Радиоэкологические районы Тульской области / П.А. Игнатов, А.Г. Лыхин, Б.А. Олонов и др. // *Геоэкология и разведка.* – 1994. – № 6. – С. 95–101.
2. Оценка и экологический контроль состояния окружающей природной среды региона (на примере Тульской области) / Под общей редакцией академика РАН Г.В. Добровольского, члена-корреспондента РАН С.А. Шобы. – М. : Изд-во Московского университета, 2001. – 256 с.
3. *Переволоцкий А.Н.* Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах / А.Н. Переволоцкий. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2006. – 255 с.
4. *Shcheglov A.I.* Biogeochemical migration of technogenic radionuclides in forest ecosystems / A.I. Shcheglov, O.B. Tsvetnova, A.L. Klyashtorin. – М. : Nauka. 2001. – 235 p.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ДЕГРАДАЦИИ,
ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЧЕРНОЗЕМОВ**

УДК 631.41

**ВАРЬИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕМНОГУМУСОВОГО
ГОРИЗОНТА В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ
БИОГЕОЦЕНОЗОВ**

Щеглов Алексей Иванович

доктор биологических наук, профессор,

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: shchegl@mail.ru

Липатов Денис Николаевич

кандидат биологических наук

Московский государственный университет

им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: dlip@soil.msu.ru

Манахов Дмитрий Валентинович

кандидат биологических наук

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: dman@soil.msu.ru

Цветнова Ольга Борисовна

кандидат биологических наук, доцент,

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва

E-mail: tsvetnova@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены средние уровни и коэффициенты вариации содержания гумуса, актуальной и гидролитической кислотности, обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в темногомусовом горизонте темно-серых почв агроценоза, дубравы, берез-

няка и сосняка на территории 0,1 км². Показано, что влияние биогеоценологических условий на свойства темногумусового горизонта проявляется в изменении средних уровней почвенных показателей, а также в трансформации их пространственной неоднородности.

Ключевые слова: темно-серые лесные почвы, пространственное распределение, содержание гумуса, кислотность почвы.

THE VARIATION OF PROPERTIES DARK-HUMUS HORIZON IN SOILS OF DIFFERENT BIOGEOCENOSES

Shcheglov A. I.

*doctor of biological sciences, professor
Moscow state M. V. Lomonosov University, Moscow
E-mail: shcheagl@mail.ru*

Lipatov D. N.

*candidate of biological sciences
Moscow state M. V. Lomonosov University, Moscow
E-mail: dlip@soil.msu.ru*

Manakhov D. V.

*candidate of biological sciences
Moscow state M. V. Lomonosov University, Moscow
E-mail: dman@soil.msu.ru*

Tsvetnova O. B.

*candidate of biological sciences, associate professor
Moscow state M. V. Lomonosov University, Moscow
E-mail: tsvetnova@mail.ru*

Abstract. The average levels and coefficient of variation of humus content, actual and hydrolytic acidity, exchange cations (Ca²⁺ and Mg²⁺) in dark humus horizon of dark gray soils are considered: in an agro-ecosystem: an oak, birch and a pine forests in the territory of 0.1 km². It was revealed that the influence of biogeocenosis conditions on the properties of a dark humus horizon is expressed in changes of average levels of soil parameters and also in transformations of their spatial variability.

Keywords: dark-grey forest soils, spatial distribution, humus content, soil acidity.

Введение. Темногумусовый горизонт AU является диагностическим для черноземов, главного типа отдела аккумулятивно-гумусовых почв, и для темно-серых отдела текстурно-дифференцированных почв [1]. Влияние различных биогеоценологических условий на изменение свойств темногумусовых горизонтов изучено недостаточно. Экологическое состояние черноземов и серых лесных почв традиционно оцениваются на

основе их органопрофилей [2, 3], но не менее важной задачей является характеристика пространственного варьирования содержания гумуса и показателей кислотно-основного состояния.

Объекты и методы. Исследования проводились в Плавском р-не Тульской обл. Объектами исследования послужили темно-серые почвы в 4-х биогеоценозах: агроценозе, дубраве, березняке и сосняке, расположенных в 50–100 м друг от друга. Близкое расположение участков определяет сходство их почвенных свойств до последнего 50-летнего периода. Для изучения пространственного варьирования пробоотбор проводился по равномерной сетке с шагом 5 м в 25 точках из слоев 0–5 см и 5–15 см горизонта АУ. В почвенных образцах определяли содержание гумуса (по Тюрину) и показатели кислотно-основного состояния: pH_{H_2O} , гидролитическую кислотность (по Каппену), обменные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Результаты и обсуждение. Рассчитаны статистические характеристики (табл. 1), проведено сравнение средних между отдельными биогеоценозами с помощью t-критерия Стьюдента ($p < 0.05$). Распределение всех рассмотренных почвенных показателей удовлетворяло ($p < 0,05$) нормальному закону по критерию Уилка-Шапиро. Средние значения содержания гумуса в горизонте АУ соответствуют диапазону 5–8 %, принятому для темно-серых почв [1]. Содержание гумуса в слое 0–5 см агроценоза значимо меньше, чем в остальных биогеоценозах, тогда как в слое 5–15 см значимых различий не отмечено. В агроценозе происходит перемешивание почвы в ходе сельскохозяйственных обработок и возможна минерализация гумуса в верхней части гумусового горизонта. Увеличение коэффициентов вариации в агроценозе связано с неоднородностью агрогенных факторов. В сосняке степень варьирования содержания гумуса возрастает вследствие выраженного влияния фитогенных полей хвойных деревьев.

Слабокислым можно считать только горизонт АУ в агроценозе, для остальных биогеоценозов средние значения pH_{H_2O} меньше 6. Лесные насаждения видоизменяют кислотность почвы, способствуя развитию элювиально-иллювиальной дифференциации. Наиболее кислая реакция среды отмечена в сосняке (табл. 1). В горизонте АУ величина pH возрастает в следующей последовательности биогеоценозов: сосняк < дубрава < березняк < агроценоз, при этом все различия между средними – значимые. Максимальная гидролитическая кислотность в слоях 0–5 и 5–15 см зафиксирована в почве под сосновыми насаждениями, минимальная – в почве агроценоза. Темногумусовый горизонт темно-серых почв мало изменяется под влиянием растительности лиственных лесов, тогда как под влиянием хвойных наблюдаются более резкие изменения. В сосняке формируются микрозоны с очень высоким уровнем почвенной

Таблица 1

**Статистические характеристики пространственного варьирования
почвенных свойств в слоях 0–5 и 5–15 см горизонта AU
для различных биогеоценозов (n = 25 для каждого участка)**

Участок	Среднее		Минимум		Максимум		Коэффициент вариации (V), %	
	0–5	5–15	0–5	5–15	0–5	5–15	0–5	5–15
Содержание гумуса, %								
Сосняк	6,78	5,32	5,65	3,31	8,49	7,75	11,1	15,5
Дубрава	6,94	5,23	5,25	4,22	7,93	6,48	8,9	10,4
Березняк	7,07	5,54	6,23	4,66	7,87	6,54	6,0	10,5
Агроценоз	5,50	5,43	3,94	4,43	6,68	6,37	11,9	12,2
Кислотность, pH _{H2O}								
Сосняк	5,12	5,13	4,64	4,68	5,48	5,66	3,7	3,9
Дубрава	5,32	5,53	5,12	5,18	5,52	5,80	2,3	2,6
Березняк	5,60	5,64	5,17	5,33	5,89	5,98	3,3	3,0
Агроценоз	5,99	6,05	5,78	5,72	6,31	6,56	2,7	3,1
Гидролитическая кислотность, ммоль(+)/100 г почвы								
Сосняк	13,1	10,8	9,9	7,6	17,9	15,2	19,7	14,9
Дубрава	9,0	9,0	7,8	6,5	10,7	11,6	9,6	12,6
Березняк	8,3	7,9	6,7	5,7	10,0	9,8	13,7	14,5
Агроценоз	6,1	6,3	4,1	3,6	7,4	8,5	15,2	18,8
Содержание обменного Ca ²⁺ , ммоль(+)/100 г почвы								
Сосняк	17,5	18,9	13,8	14,0	21,4	21,2	10,7	8,6
Дубрава	21,8	18,9	20,0	17,2	24,0	20,9	5,5	5,5
Березняк	21,1	19,7	19,0	17,8	24,0	21,8	6,3	5,6
Агроценоз	21,1	21,4	20,0	20,1	22,8	22,2	4,2	3,3
Содержание обменного Mg ²⁺ , ммоль(+)/100 г почвы								
Сосняк	7,1	6,3	3,6	2,8	11,4	9,0	30,8	24,3
Дубрава	5,2	4,7	3,0	3,1	9,6	6,8	29,6	23,2
Березняк	5,5	5,4	4,0	3,4	8,0	8,2	20,0	24,9
Агроценоз	5,3	5,0	2,6	2,4	9,3	8,2	29,5	29,4

кислотности: pH_{H2O} менее 4 и гидролитической кислотностью более 15 ммоль(+)/100 г почвы. Горизонт AU в дубраве характеризуется значительно более кислой реакцией среды, чем в березняке. В темногомусовых горизонтах отдельных биогеоценозов зафиксированы коэффициенты вариации pH_{H2O} менее 4 %. Для гидролитической кислотности они возрастают до 10–20 % (табл. 1).

Содержание Ca²⁺ в слое 0–5 и 5–15 см агроценоза достаточно однородно, составляя 21,1–21,4 ммоль(+)/100 г почвы (табл. 1), вследствие

гомогенности гумусового горизонта. Для почв под лесными насаждениями отмечены противоположные изменения содержания Ca^{2+} при переходе от поверхностного слоя 0–5 см к слою 5–15 см. В сосняке содержание Ca^{2+} в слое 0–5 см минимально – 17,5 ммоль(+)/100 г почвы, однако в слое 5–15 см увеличивается до 18,9 ммоль(+)/100 г почвы. В лиственных лесах, наоборот, в слое 0–5 см содержание Ca^{2+} максимально, а в слое 5–15 см снижается. По-видимому, различный характер опада и корневых систем лиственных и сосновых лесов оказывает влияние на дифференциацию верхней части темного гумусового горизонта. В отличие от Ca^{2+} , по содержанию обменного Mg^{2+} биогеоценозы образуют ряд: дубрава < агроценоз < березняк < сосняк, прослеживающийся как для слоя 0–5 см, так и для 5–15 см (табл. 1).

Выводы:

1. Влияние биогеоценологических условий на свойства темного гумусового горизонта проявляется в изменении средних уровней почвенных показателей, а также в трансформации их пространственной неоднородности

2. В агроценозе по сравнению с лесными биогеоценозами в верхней части темного гумусового горизонта увеличивается степень варьирования (V) и уменьшается средняя величина содержания гумуса и гидролитической кислотности, а также изменяется состав обменных катионов в ППК.

3. Под сосновыми насаждениями в горизонте АU темно-серых почв формируются более кислые условия почвенной среды, уменьшается содержание Ca^{2+} , и увеличивается Mg^{2+} . В сосняке возрастает степень варьирования содержания гумуса и снижаются его запасы по сравнению с дубравой и березняком.

Список литературы:

1. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.
2. Урусевская И.С. Географо-генетические особенности гумусного состояния серых лесных почв / И.С. Урусевская, Ю.Л. Мешалкина, О.С. Хохлова // Почвоведение. – 2000. – № 11. – С. 1377–1390.
3. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. – М. : Наука, 1999. – 216 с.

УДК 631.425.4:631.4

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Горбунова Надежда Сергеевна

кандидат биологических наук,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: vilian@list.ru

Куликова Елена Владимировна

кандидат биологических наук, доцент,

Воронежский государственный аграрный университет, г. Воронеж

E-mail: melior-agronomy@inbox.ru

Щеглов Дмитрий Иванович

доктор биологических наук, профессор,

Воронежский государственный университет

г. Воронеж E-mail: dpoch@mail.ru

Аннотация. Мелиоративные мероприятия, наравне с влагообеспеченностью территории, количеством солнечной радиации, агрохимическими свойствами, оказывают существенное влияние на продуктивность почв. Одним из основных типов мелиорации земель, наиболее часто используемой в районах с неустойчивым увлажнением является орошение. Показано, что длительное орошение пресными водами, приводит к увеличению мощности гумусового горизонта, изменению содержания гумуса, рН, гидролитической кислотности, содержанию обменных катионов.

Ключевые слова: мелиорация, орошение, дождевание, чернозем выщелоченный, минерализация воды, степень минерализации, состав солей, гранулометрический состав, гумус, обменные катионы.

EFFECT OF IRRIGATION ON THE PROPERTIES CHERNOZEM LEACHED

Gorbunova N. S.

candidate of biological sciences,

Voronezh state university, Voronezh

E-mail: vilian@list.ru

Kulikova E. V.

candidate of biological sciences, associate professor,

Voronezh state agricultural university, Voronezh

E-mail: melior-agronomy@inbox.ru

Cheglov D. I.

doctor of biological sciences, professor,

Voronezh state university, Voronezh

E-mail: dpoch@mail.ru

Abstract. Melioration along with water supply ability, amount of solar radiation, physical and chemical properties is significantly affects on soil productivity. One of the main types of melioration, the most commonly used in areas with unstable moisture is irrigation. It has been shown that long-term irrigation of fresh water, increases the thickness of the humus horizon, changes in humus content, pH, hydrolytic acidity, content of exchangeable cations.

Keywords: melioration, irrigation, overhead irrigation, leached chernozem, a mineralization of water, a degree of a mineralization, structure of salts, textural composition, humus, exchange ion.

В мелиоративном почвоведении вопрос о влиянии орошения на режим грунтовых вод и их химизм изучен достаточно полно. Значительно меньшее внимание уделено процессам, проявляющимся в незасоленных почвах. Рядом исследователей установлено, что поливы пресной водой гидрокарбонатно-кальциевого состава, на фоне высокой агротехники, обуславливают поддержание благоприятных природных свойств почв, а преобладающей тенденцией их развития можно считать олуговение [2, 3, 4]. Поэтому целью настоящей работы было изучение направленности изменений орошаемых почв и их генетических преобразований на примере незасоленных черноземов выщелоченных.

Объектом исследования послужили черноземы выщелоченные среднемошнотные мало- и среднегумусные тяжелосуглинистые расположенные на территории хозяйства ООО «Тербуны-Агро» (Хлевенский район, Липецкой области). Почвообразующими породами являются покровные карбонатные тяжелые суглинки и глины. Исследования проводились на трех участках. Первый участок представлен почвами под естественной растительностью (залежь), второй – интенсивно используемыми в сельском хозяйстве черноземами, без орошения и, наконец, третий участок также черноземов выщелоченных, представленный орошаемой пашней (площадь около 250 га). Орошение производится в течение 15 лет дождевальными установками «Фрегат» по типу радиального полива. Оросительная норма – 750–1000 м³/га, поливная – 250 м³/га.

На каждом участке закладывались полнопрофильные почвенные разрезы, вскрывающие почвообразующую породу. Отбор почвенных образцов проводился послойно, через каждые 10 см. В почвенных образцах определялись гранулометрический состав, pH водной вытяжки, гидролитическая кислотность, обменные Ca²⁺ и Mg²⁺, содержание гумуса по общепринятым методикам [1]. Химическому анализу подвергалась и поливная вода. Отбор проб воды проводился в течение вегетационного периода, в трехкратной повторности. Определялась ее общая минерализация и ионный состав – HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, рассчитано отношение катионов Ca²⁺/Mg²⁺.

Величина плотного остатка, согласно группировке природных вод по степени минерализации, позволяет отнести орошаемые воды к пресным с содержанием солей 0,4 г/л (табл. 1). Ионный состав поливной воды можно охарактеризовать как гидрокарбонатно-кальциевый. В целом, используемая хозяйством вода для полива, обладает благоприятными химическими характеристиками для орошения всех сельскохозяйственных культур.

Длительное орошение черноземов выщелоченных привело к значительным изменениям морфологических показателей, что отразилось на изменении мощности гумусового горизонта (А + АВ) величина которого увеличилась на 10–13 см (по сравнению с богарными черноземами). Важным является и то, что характер перехода границ между горизонтами изменился с постепенного на заметно размывые. Данное явление отмечается и в ряде других работ [2, 3, 4].

Анализ данных гранулометрического состава черноземов показал, что преобладающими фракциями являются крупная пыль и ил, которые в сумме составляют более 65 %, что характеризует почвы как тяжелосуглинистые. Далее в порядке убывания идут: тонкая пыль > средняя пыль > мелкий песок > песок. Распределение ила в черноземах выщелоченных характеризуется постепенным и однонаправленным увеличением его с глубиной почвенного профиля, что неоднократно подчеркивалось в работах [4]. В богарных черноземах также наблюдается обезиливание верхних горизонтов, однако по сравнению с почвами залежного участка, этот процесс выражен слабее, особенно в верхней части профиля.

Исследуемые почвы по содержанию гумуса относятся к мало- и среднегумусным (табл. 2), с максимальным количеством в верхнем 0–10 см слое почв залежного участка (7,27 %). Меньше его содержится в черноземах пашни (5,81 %) и самым низким содержанием характеризуются орошаемые черноземы. Данное явление объясняется, по нашему мнению, перераспределением органического вещества в профиле почв при орошении [4]. На это указывает заметно большее содержание гумуса в слоях 40–50 и 60–70 см в орошаемом черноземе, по сравнению с неорошаемым (табл. 2).

Максимальное содержание обменного Ca^{2+} отмечается в верхнем 0–10 см слое залежи (36,8 смоль(экв)/кг почвы). Далее в убывающем ряду следуют: чернозем неорошаемый (35,8 смоль(экв)/кг почвы) и чернозем орошаемого участка (31,4 смоль(экв)/кг почвы, табл. 2). Аналогичный характер изменения мы отмечали в содержании органического вещества, что подчеркивается и другими авторами. Вниз по профилю происходит закономерное снижение содержания обменного Ca^{2+} и в нижних слоях его количество составляет 20–30 смоль(экв)/кг почвы. Поведение обменного

Таблица 1

**Степень минерализации и ионный состав солей воды,
используемой для орошения**

Степень минерализации, г/л	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
	мг-экв/л						
0,4	3,1	0,8	0,9	2,6	1,0	1,1	2,6

Таблица 2

**Физические, химические и физико-химические свойства
изучаемых почв (средние величины)**

Глубина, см	n	рН водный	Гумус, %	Обменные катионы				Фракция ила <0,001 мм, %
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Hг ⁺	
				смоль(экв)/кг				
Чернозём выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (залежь)								
0–10	15	6,6	7,27	36,8	5,4	42,2	1,3	28,7
20–30	15	7,0	5,82	36,0	5,2	41,2	1,0	29,2
40–50	15	7,1	3,87	35,4	4,8	40,2	0,5	30,1
60–70	15	7,4	2,21	34,8	4,5	39,3	0,2	33,4
80–90	15	8,0	1,25	32,1	4,2	36,3	–	35,8
100–110	15	8,1	0,80	31,5	4,0	35,5	–	36,1
120–130	7	8,2	0,25	30,4	4,1	34,5	–	37,2
140–150	7	8,2	0,10	29,8	4,0	33,8	–	38,8
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (неорошаемая пашня)								
0–10	15	6,1	5,81	35,8	5,6	41,4	2,0	24,3
20–30	15	6,9	5,22	33,0	5,2	38,2	1,3	25,5
40–50	15	7,2	3,37	31,9	4,8	36,7	0,4	26,7
60–70	15	7,3	2,15	30,4	4,4	34,8	0,2	27,8
80–90	15	7,9	1,42	29,2	4,3	33,5	–	28,2
100–110	15	8,1	0,57	25,0	4,1	29,1	–	31,5
120–130	7	8,3	0,35	24,8	4,0	28,8	–	34,8
140–150	7	8,3	0,15	24,6	3,9	28,5	–	32,3
Чернозём выщелоченный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках (орошаемая пашня)								
0–10	15	5,8	5,61	31,4	5,4	36,8	3,4	26,1
20–30	15	6,0	4,47	30,9	5,3	36,2	2,3	28,6
40–50	15	6,5	3,42	29,8	5,1	34,9	1,5	29,8
60–70	15	6,9	2,24	25,4	4,9	30,3	1,0	30,4
80–90	15	7,5	1,27	24,7	4,3	29,0	–	32,5
100–110	15	8,0	0,73	22,6	3,8	26,4	–	34,3
120–130	7	8,2	0,40	21,5	3,2	24,7	–	35,1
140–150	7	8,3	0,10	20,1	3,0	23,1	–	36,0

Mg^{2+} в почвах отличается от катионов Ca^{2+} практически одинаковым его содержанием в профиле изучаемых почв (табл. 2).

В пахотных черноземах выщелоченных на долю поглощенного водорода приходится до 2,0 смоль(экв)/кг почвы, тогда как в орошаемых количество его возрастает до 3,4 смоль(экв)/кг почвы. Кроме того, в орошаемых черноземах обменный водород проникает в более глубокие слои почвенного профиля и достигает глубины 70–80 см по сравнению с залежными участками. В почвах залежного участка величина гидролитической кислотности наименьшая и составляет – 1,3 смоль(экв)/кг почвы (табл. 2). Известно, что водород гидролитической кислотности является рН зависимой величиной, а показатель рН возрастает в ряду: чернозем орошаемый (5,8) < чернозем неорошаемый (6,1) < чернозем залежного участка (6,6 единиц).

Подкисление пашни как орошаемого, так неорошаемого участков возможно связано с более интенсивными процессами выщелачивания карбонатов, которые усиливаются при сельскохозяйственном использовании почв. Очевидно, что с этим процессом связано увеличение обменного водорода при орошении.

Таким образом, исследуемые почвы характеризуются тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. В результате орошения происходит увеличение мощности гумусового профиля до 13 см, а переходы границ между горизонтами становятся нечеткими, размытыми. Количество гумуса в пахотных почвах падает по отношению к залежи, вследствие повышенной минерализации органического вещества, а в орошаемых черноземах – в результате процессов его перераспределения. В условиях орошения происходит изменение соотношения катионов, и заметное увеличение в их составе катионов H^+ , что связано с явлением декарбонизации и подкислением реакции почвенного раствора, особенно в орошаемых черноземах.

Список литературы

1. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
2. Лозовский П.С. Мониторинг гумусового состояния почв Ингулецкой оросительной системы / П.С. Лозовский // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 336–349.
3. Стома Г.В. Использование показателей цветности гумусовых горизонтов в качестве индикаторов эволюционного изменения степных почв Заволжья при орошении / Г.В. Стома, С.Ю. Розов, Н.И. Суханова // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 515–526.
4. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – М. : Наука, 1999. – 214 с.

УДК 631.452:631.445.42:631.95

**ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ТЕХНОГЕННО
НАРУШЕННОГО ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА
ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ
РЕКУЛЬТИВАЦИИ**

Титова Вера Ивановна

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО НГСХА, г. Нижний Новгород
E-mail: titovavi@yandex.ru*

Ветчинников Александр Александрович

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ФГБОУ ВО НГСХА, г. Нижний Новгород
E-mail: vetchinnikov@rambler.ru*

Аннотация. После проведения биологической рекультивации техногенно нарушенного чернозема была выполнена оценка его состояния по основным показателям почвенного плодородия – содержанию гумуса, подвижных соединений фосфора и калия, физико-химическим показателям ППК. Установлено, что нарушенные почвы после биологической рекультивации показали тенденцию снижения обменной кислотности и улучшения физико-химических характеристик ППК, достигли первоначальных значений по содержанию гумуса и подвижных соединений фосфора при некотором снижении содержания подвижных соединений калия.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный, техногенно нарушенные почвы, биологическая рекультивация, гумус, подвижный фосфор и калий, кислотность.

**EVALUATION OF FERTILITY TECHNOGENIC DISTURBANCE
PODZOLIZED BLACK SOIL AFTER THE COMPLETION
OF BIOLOGICAL REMEDIATION**

Titova V. I.

*doctor of agricultural sciences, professor,
FGBOU VO NNSAA, Nizhny Novgorod
E-mail: titovavi@yandex.ru*

Vetchinnikov A. A.

*candidate of agricultural sciences, associate professor,
FGBOU VO NNSAA, Nizhny Novgorod
E-mail: vetchinnikov@rambler.ru*

Abstract. After the biological reclamation of disturbed anthropogenic black soil was estimated his condition on the main indicators of soil fertility – humus content, mobile phosphorus and potassium compounds, physico-chemical parameters of soil absorption complex. It was found that disturbed soil after biological reclamation showed a tendency

to decrease in exchangeable acidity and improve the physical and chemical characteristics of the soil absorbing complex, have reached the initial values for the content of humus and mobile phosphorus compounds with some reduction in the content of mobile potassium compounds.

Keywords: black soil podzolized, anthropogenic disturbed of the soil, biological reclamation, humus, mobile phosphorus and potassium, acidity.

Введение. Проведение работ по строительству и ремонту магистральных трубопроводов сопровождается использованием тяжелой строительной специальной техники, что приводит к появлению техногенно нарушенных почв с измененной агрохимической характеристикой пахотного слоя и даже всего почвенного профиля [1–5]. Существующей нормативно-законодательной базой РФ для земель сельхозназначения после завершения работ на линейных сооружениях предусмотрено обязательное проведение рекультивационных работ, направленных на возвращение почвенного плодородия в состояние, свойственное данному участку на момент начала техногенного воздействия [6].

Целью проведения данного исследования была оценка состояния почв участка, подвергнувшегося воздействию при строительстве газопровода, после завершения биологического этапа рекультивации исследуемой территории.

Объекты и методы исследований. Участок общей площадью 18 га, вытянут по длине магистрального трубопровода, расположен в Арзамаском районе Нижегородской области. Строительные работы были выполнены в 2011 году, в 2012 году – технический этап рекультивации. В период 2013–2015 гг. проведен биологический этап рекультивации, включающий внесение известкового материала в дозе 5,5 т/га; минеральных удобрений в дозах по 90 кг азота, фосфора и калия в составе диаммофоски под посев викоовсяной смеси 2014 г.; выращивания в течение следующего года горчицы на сидерат.

Почвы данного участка – чернозём оподзоленный малогумусный слабосмытый тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Учитывая протяженность участка, он был разбит на 4 пробные площадки, расположенные последовательно. Для сравнения была взята фоновая площадка, имеющая следующее строение профиля: A_n – пахотный слой, 0–26 см; A_1 – гумусово-аккумулятивный, 27–47 см; АВ – гумусово-иллювиальный (переходный), 48–78 см; В – иллювиальный, 79–86 см. С каждой площадки, включая фоновую, были взяты объединённые почвенные пробы, составленных из пяти точечных. Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84 [7].

Результаты и обсуждение. Результаты анализов приведены в таблице 1.

Установлено, что почвы пробной площадки №1 характеризуются средним уровнем содержания гумуса, содержание в почве и обеспеченность растений подвижным фосфором трактуются как очень высокие, обменным калием – как высокие, что создаёт благоприятный питательный режим для сельскохозяйственных культур и способствует их росту. Реакция среды почв данной площадки также удовлетворительна и по группировке почв по обменной кислотности классифицируется как близкая к нейтральной. Почва обладает очень высоким содержанием поглощённых оснований и умеренно высокой ёмкостью катионного обмена, что обуславливает её высокое потенциальное плодородие за счёт естественной способности органоминеральной части почвы к адсорбции катионов биогенных элементов. Однако гидролитическая кислотность позволяет отнести почвы к разряду сильнокислых, поэтому они будут нуждаться в проведении химической мелиорации.

Почвенный покров пробной площадки № 2 отличается от предыдущего меньшим содержанием органического вещества (содержание гумуса трактуется как низкое), однако содержание подвижного фосфора и обменного калия также являются очень высоким и высоким, соответственно, в целом делая питательный режим данного участка благоприятным для произрастания сельскохозяйственных культур. Реакция среды интерпретируется как слабокислая, почва обладает очень высоким уровнем поглощённых оснований и умеренно высокой ёмкостью катионного обмена, но степень гидролитической кислотности говорит о нуждаемости почв в известковании.

Почвы пробной площадки №3 характеризуются низким содержанием гумуса и высокой обеспеченностью подвижным фосфором и обменным калием, что создаёт подходящие для возделывания большей части

Таблица 1

Агрохимическая характеристика пахотного слоя нарушенного оподзоленного чернозема после проведения биологической рекультивации

№ площадки	Гумус, %	pH _{кел}	H ₊	S	T	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг-экв/100 г почвы				мг/кг	
1	4,1	5,8	5,6	36,8	42,4	87	275	173
2	3,7	5,4	5,3	31,7	37,0	86	302	198
3	3,8	5,1	5,9	30,2	36,1	84	201	187
4	3,8	5,6	5,2	29,9	35,1	85	196	240
среднее	3,9	5,5	5,5	32,2	37,7	85	244	200
Фон	4,0	5,5	5,4	34,4	39,8	86	251	227

культур условия. Физико-химические показатели исследуемого участка также сходны с описанными выше: обладая слабокислой реакцией среды, очень высоким уровнем содержания поглощённых оснований и умеренно высокой ёмкостью катионного обмена, эти почвы, однако, нуждаются во внесении известковых материалов.

Пахотный слой площадки №4 имеет низкий уровень обеспеченности гумусом, высокий уровень содержания подвижных соединений таких биогенных элементов, как калий и фосфор. Реакция среды участка близка к нейтральной, уровень поглощённых оснований трактуется как высокий, а ёмкость катионного обмена – как средняя. Почвы также нуждаются в известковании.

В среднем пахотный слой нарушенных почв исследуемой территории, представленный оподзоленными чернозёмами, обладает благоприятными условиями для роста и развития растений и высоким уровнем плодородия, обеспечен в достаточном количестве основными элементами питания, влияющими на качественные и количественные показатели урожая. Тем не менее, почвы всех обследованных участков сильно нуждаются в известковании для устранения избыточной гидролитической кислотности.

Выводы.

1. По показателям органоминерального комплекса, характеризующим устойчивость почв к негативным антропогенным воздействиям, фоновые черноземные почвы превосходят нарушенные (ёмкость поглощения фоновых почв на 2,1 мг-экв/100 г выше, чем нарушенных почв). Такие отклонения в значениях этого показателя (в пределах 5%) можно отнести, прежде всего, на естественные вариации почвенных характеристик в зависимости от рельефа территории. Кроме этого, возможно и негативное влияние подпахотных почвенных слоев, примешанных к верхнему пахотному слою при устройстве траншеи под магистральный трубопровод.

2. Несмотря на то, что гидролитическая кислотность нарушенных почв немного выше, чем фоновых (разница не превышает 4%), обменная кислотность почвы, судя по показателю pH_{kcl} , не изменилась, что некоторым образом свидетельствует о снижении тенденции подкисления техногенно нарушенных почв во времени (после завершения негативного воздействия и проведения рекультивационных работ) и стабилизации кислотно-основного состояния почвенного поглощающего комплекса.

3. Питательный режим нарушенных почв, судя по содержанию гумуса, а также подвижных соединений фосфора и калия, на момент отбора почвенных проб и проведения анализов, практически достиг значений, свойственных ненарушенному участку оподзоленного чернозема: содер-

жание гумуса и подвижных фосфатов в нарушенных и фоновых почвах разнятся на 2,8% (такая разница статистически недоказуема), и лишь содержание калия в нарушенных почвах существенно ниже, чем в ненарушенных аналогах – на 12%.

Список литературы

1. *Алексахин Р.М.* Формирование системы защиты агроферы от техногенных воздействий / Р.М. Алексахин // Плодородие. – 2006. – № 5. – С. 6–7.
2. *Дабахова Е.В.* Оценка воздействия работ по прокладке магистрального нефтепровода на свойства почвы / Е.В. Дабахова, Л.П. Пятакова, А.А. Ветчинников // Материалы V съезда Всерос. общества почвоведов им. В.В. Докучаева. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 465.
3. *Леднев А.В.* Влияние механического техногенеза на морфологические признаки дерново-подзолистых почв / А.В. Леднев, Н.А. Леднев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2009. – № 1. – С. 63–67.
4. *Ветчинников А.А.* Эколого-агрохимическое обоснование технологии рекультивации сельскохозяйственных земель, нарушенных при производстве работ на линейных сооружениях : дис... канд. с.-х. наук // А.А. Ветчинников. – Н. Новгород, 2010. – 155 с.
5. *Титова В.И.* К вопросу оценки влияния строительства и ремонта магистральных трубопроводов на почву / В.И. Титова // Почва – национальное богатство. Пути повышения ее плодородия и улучшения экологического состояния : материалы Всерос. научно-практ. конф. 2–3 июля 2015 г., Ижевск. – ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА ; ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. – Ижевск : ООО «Союз оригинал», 2015. – С. 222–230.
6. «Основные положения о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», утвержденные приказом Минприроды РФ и Роскомзема от 22 декабря 1995 г., № 525/67.
7. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

УДК 631.452:634.4:477.75

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРДИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ПОД САДАМИ КРЫМА

Клименко Ольга Евгеньевна

кандидат сельскохозяйственных наук,

Никитский ботанический сад –

Национальный научный центр РАН, г. Ялта

E-mail: olga.gnbs@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования почв под садами Крыма, которые длительно орошались из Северо-Крымского канала. Обнаружены негативные явления ощелачивания и дегумификации почв под садами. Предложены пути повышения плодородия черноземов и темно-каштановых почв под садами путем биологизации за счет активизации биологических ресурсов самой почвы, а также мелиорации почв.

Ключевые слова: почвы под садами, биологизация, повышение плодородия, мелиорация, степной Крым.

INCREASING THE FERTILITY OF IRRIGATED SOILS UNDER THE ORCHARDS OF CRIMEA

Klimenko O. E.

candidate of agricultural sciences,

Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center RAS, Yalta

E-mail: olga.gnbs@mail.ru

Abstract. The results of the study of soils under the orchards of the Crimea which are long-term irrigated from the North-Crimean canal have been carried out. The negative phenomena of alkalization and dehumification of soils under orchards has been detected. Ways of improving the fertility of chernozems and dark chestnut soils under orchards by biologization due to activation the biological resources of the soil itself, as well as land reclamation were proposed.

Keywords: soils under orchards, biologization, increasing of fertility, reclamation, steppe Crimea.

Введение. Крым издавна славился своими садами. До революции сады в степной части Крыма размещались в основном по долинам рек. С вводом в строй Северо-Крымского канала (СКК) в начале 60-х годов прошлого столетия произошло развитие промышленного садоводства в степных районах. Так к середине 80-х годов в Крыму насчитывалось более 80 тыс. га садов, на степные районы приходилось 23 тыс. га. В настоящее время в Крыму плодовыми насаждениями занято 10 тыс. га садов.

Кроме несомненных преимуществ орошаемого земледелия, длительное орошение почв из СКК в степном Крыму привело к рассолению почв, которое нередко сопровождается ощелачиванием: образованием и повышением концентрации соды и других токсичных щелочных солей в орошаемых почвах. Это явление имеет спорадический характер и максимально проявляется во втором полуметровом слое почвы [2]. Ощелачивание почв под садами особенно неблагоприятно, так как плодовые растения являются слабосолеустойчивыми.

Проблемой современного садоводства Крыма является также значительная дегумификация почв. При интенсивной обработке почвы в промышленных садах и содержании ее под черным паром без внесения органических удобрений происходит значительное снижение содержания и запасов гумуса.

В настоящее время учеными Никитского ботанического сада разработана программа развития садоводства Крыма до 2025 г., которая предусматривает увеличение площади садов в Крыму на 10 тыс. га за 10 лет [3]. Выполнение этой программы будет затруднено без учета экологических проблем в садоводстве и поиска путей их решения. Последнее возможно при интенсивном использовании биологических методов, которые вклю-

чают повышение плодородия почвы за счет активизации биологических ресурсов самой почвы и использования сидератов, многолетних трав и биоудобрений, а также мелиорации почв.

Материалы и методы. Проведено обобщение большого массива данных, полученных при проведении детальных почвенных обследований для закладки плодовых насаждений в Крыму с 1997 по 2013 г. Установлено, что из 4,5 тыс. га пахотных земель, орошаемых из СКК и рек Крыма в степных районах, порядка 3 тыс. га (70 %) содержали токсичные щелочные соли в количествах, превышающих допустимые пределы для плодовых растений. Ощелачивание наиболее интенсивно проявляется в темно-каштановых и лугово-каштановых почвах разной степени солонцеватости и черноземах южных. При этом оно усиливалось при проведении плантажной вспашки [2].

Для повышения плодородия почв, подверженных ощелачиванию и продуктивности плодовых культур, нами были разработаны приемы и способы химической мелиорации. В качестве мелиорантов использовали отходы производства – фосфогипс (ФГ) и железный купорос (ЖК).

Проблемы дегумицикации решались путем введения в агроценоз плодового сада на черноземах южных севооборота озимых сидератов, включающего злаковые, бобовые, крестоцветные травы и их смеси.

Результаты и обсуждение. Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение мелиорантов как на поверхность почвы, так и на глубину 50 см (4–5 т/га), приводило к полной нейтрализации соды и гидрокарбонатов натрия и магния или снижению содержания последних до концентраций ниже предельных для плодовых растений (табл. 1).

При мелиорации происходило образование и увеличение содержания гипса, водорастворимого и обменного кальция, снижалось содержание обменных натрия и магния, повышалась концентрация подвижных форм элементов питания. Токсичные продукты обмена (сульфаты натрия и магния) не накапливались, почва не загрязнялась ТМ и фтором. Мелиоранты обладали последствием в течение 4–5 лет. Все это способствовало повышению продуктивности плодоносящих деревьев персика на 2–5 т/га в год. Внесение ЖК несколько снижало рост и продуктивность плодоносящих деревьев в первые годы после его применения. В связи с этим рекомендуется применять ЖК перед закладкой сада или в молодых садах, а ФГ и в плодоносящих. Поверхностное внесение мелиорантов приводило к более быстрому и интенсивному изменению свойств почвы, при внесении на глубину 50 см – более медленному и постепенному.

Нашими исследованиями установлено, что на черноземах южных за 14 лет существования интенсивного сада в слое 0–80 см запас гумуса снизился на 21,2 т/га, что составило 1,4 т/га в год (табл. 2).

Таблица 1

**Воздействие мелиорантов на содержание
гидрокарбонатов натрия и магния в почве (смоль(экв)/кг)**

Глубина, см	Контроль	ФГ на поверхность почвы	ФГ на глубину 50 см	ЖК на поверхность почвы	ЖК на глубину 50 см
первый год после внесения					
0–20	0,05 ± 0,05	0	0	0	0
20–40	0,11 ± 0,03	0	0	0	0
40–60	0,12 ± 0,04	0,02 ± 0,02	0,04 ± 0,04	0	0,09 ± 0,01
60–80	0,35 ± 0,03	0,04 ± 0,02	0,10 ± 0,04	0	0,07 ± 0,03
80–100	0,20 ± 0,03	0,13 ± 0,04	0,14 ± 0,04	0,06 ± 0,02*	0,16 ± 0,03
100–120	0,23 ± 0,02	0,19 ± 0,05	0,19 ± 0,05	0,09 ± 0,03*	0,23 ± 0,05
второй год после внесения					
0–20	0,04 ± 0,02	0	0	0	0
20–40	0,05 ± 0,02	0	0	0	0
40–60	0,10 ± 0,02	0	0	0	0
60–80	0,14 ± 0,04	0	0	0	0
80–100	0,16 ± 0,04	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0	0
100–120	0,21 ± 0,06	0,04 ± 0,03*	0,02 ± 0,01*	0	0

Таблица 2

**Содержание и запасы гумуса в почве при выращивании сидератов
в междурядьях сада яблони**

Вариант	Слой почвы, см	1980 г. (перед закладкой опыта)*		1994 г.		Сальдо + – т/га
		%	т/га	%	т/га	
Контроль (черный пар)	0–20	2,74	56,4	2,55±0,06	52,5	–3,9
	20–40	2,44	55,1	2,40±0,04	54,2	–0,9
	40–60	2,51	64,8	2,33±0,01	60,1	–4,7
	60–80	1,63	44,3	1,20±0,01	32,6	–11,7
	0–80	–	220,6	–	199,4	–21,2
Сидераты	0–20	2,79	67,0	2,61±0,11	60,6	–6,4
	20–40	2,66	66,5	2,76±0,03**	69,6	+3,1
	40–60	2,34	60,8	2,36±0,11	64,7	+3,9
	60–80	1,47	41,2	1,38±0,14	39,2	–2,0
	0–80	–	235,5	–	234,1	–1,4

Примечание: * Данные А.С. Ивановой [1]; ** разница с контролем в слое 20–40 см существенна, $p \leq 0,05$.

В почве отмечено низкое содержание подвижных форм $N-NO_3$ и P_2O_5 , неудовлетворительное структурное состояние: высокое содержание структурных агрегатов более 10 мм (60–70%), низкий коэффициент структурности, значительное уплотнение почвы до 1,23–1,42 г/см³ в слое 0–60 см.

Для преодоления негативных явлений впервые в агроэкосистеме плодоносящей яблони применен севооборот озимых сидератов, обеспечивающий поступление до 6 т/га сухой массы органического вещества ежегодно, стабилизацию и накопление содержания гумуса (табл. 2).

Применение сидератов способствовало увеличению запаса продуктивной влаги на 20–40%, особенно высокое в июне, когда запасы влаги в почве контроля были минимальными (рис. 1).

Отмечено улучшение структуры почвы (повышение коэффициента структурности в 1,5–2,0 раза и показателя водопрочности на 20%), снижение плотности сложения в слое 0–20 см на 14%. Показано, что на 1 га севооборота с травами ежегодно поступало 29 кг $N-NO_3$, 8 кг P_2O_5 и 34 кг/га K_2O дополнительно, что позволит снизить дозы минеральных удобрений. Все это приводило к увеличению продуктивности зимних сортов яблони на 2–3 т/га в год, при использовании смеси вики с пшеницей по рапсу урожай увеличивался на 7 т/га.

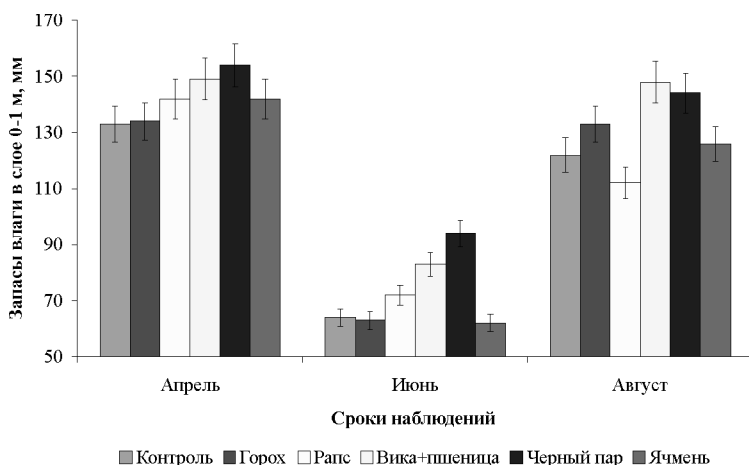


Рис. 1. Изменение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы сада яблони под действием севооборота сидератов

Выводы. Установлено, что применение биологических методов активизации агроценоза плодового сада при введении севооборота сидератов, мелиорация почвы умеренными нормами фосфогипса и железного купороса при ошелачивании приводит к значительному повышению плодородия почвы и продуктивности насаждений и, следовательно, устойчивости сельскохозяйственного производства при снижении доз дорогостоящих материалов и химических удобрений, нередко способствующих загрязнению окружающей среды.

Список литературы

1. *Иванова А.С.* Использование сидератов в молодом саду яблони (методические указания) / А.С. Иванова. – М. : ВАСХНИЛ, 1990. – 32 с.
2. *Клименко О.Е.* Ошелачивание орошаемых садопригодных почв степного Крыма и перспективы их использования / О.Е. Клименко // Почвоведение. – 2016. – № 10. – С. 1251–1260.
3. *Плугатарь Ю.В.* Перспективы развития садоводства в Крыму / Ю.В. Плугатарь, А.В. Смыков // Тр. Гос. Никит. ботан. сада. – 2015. – Т. 140. – С. 5–18.

УДК: 631:4

ЧЕРНОЗЕМНЫЕ ПОЧВЫ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Митрохина Ольга Александровна

кандидат сельскохозяйственных наук,

Курский ФГБНУ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Курск

E-mail: mitrokhina 1977@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрен материал о черноземных почвах Курской области. Приведены основные типы и разновидности почв данной территории и их особенности.

Ключевые слова: Курская область, черноземы, типы почв, плодородие, эрозия почв.

CHERNOZEM SOILS OF KURSK REGION

Mitrokhina O. A.

candidate of agricultural sciences,

FSBSI All-Russia Research Institute

of Arable Farming and Soil Erosion Control, Kursk

E-mail: mitrokhina 1977@mail.ru

Abstract. In article survey material about chernozem soils of Kursk region is considered. The main types and kinds of soils of this territory and their feature are given.

Key words: Kursk region, chernozems, types of soils, fertility, erosion of soils.

Введение. Для получения высоких урожаев и качественной продукции сельскохозяйственных культур требуется не только использование современных агротехнологий и оптимизации средств химизации, но и

разработка научно обоснованных севооборотов и учет зональных особенностей земель.

Курская область входит в состав Центрального Черноземья, расположена она на наиболее возвышенной части Среднерусской возвышенности и ее южных и юго-западных склонах. Почвы области в основном черноземы, которые сформировались благодаря умеренным климатическим условиям и занимают 2/3 ее территории. Они славятся плодородием, содержат значительное количество гумуса, соединений азота, калия, фосфора кальция, имеют слабокислую или близкую к нейтральной реакцию среды благоприятную для произрастания растений.

Результаты и обсуждение. Для черноземов характерен дерновый процесс почвообразования, проходящий с интенсивным гумусообразованием и гумусонакоплением.

По содержанию гумуса черноземы делятся на слабогумусные и среднегумусные. Слабогумусные содержание гумуса менее 4%, малогумусные – 4–6 %, среднегумусные – 6–9 %. По мощности гумусного горизонта на мощные мощность гумусового горизонта 80–120 см; среднемощные 40–80 см; маломощные – менее 40 см.

В пределах Курской области выделяют следующие типы черноземных почв: черноземы типичные, черноземы оподзоленные, черноземы выщелоченные, черноземы типичные карбонатные, черноземы остаточного-солонцеватые. На разновидностях черноземы делятся: легкосуглинистые, среднесуглинистые, супесчаные, тяжелосуглинистые, глинистые.

В области наиболее распространены черноземы типичные тяжелосуглинистые. Содержание крупной пыли 33,8–50,1%; физической глины – 45,1–59,9%; ила – 22,5–29,0%. Состав каждой фракции мало изменяется по профилю почвы, это говорит о целостности минеральной части почвы и распределению продуктов разрушения вниз по профилю, что характерно для черноземных почв [1].

Для черноземов типичных среднесуглинистых характерно: фракция крупной пыли – 30,0–48,8%; илистая – 17,1–17,8 %; физическая глина – 30,2–43,3%. Этот вид почв в агрономическом отношении считается самым лучшим, данные почвы хорошо удерживают влагу, их структура водопропрочна [2]. Известно, что в пределах каждого типа почв имеются варианты их разновидностей, они отличаются строением, плодородием, пригодностью для возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому необходимо определение плодородия почв с учетом их химических и физических свойств. Рельеф эродированность почв так же требует особого учета. На сегодняшний момент природная почвенная однородность истощается. Химикаты, удобрения, используемые для повышения урожайности сельско-

хозяйственных культур приводят к повышенной концентрации отравляющих веществ и снижению образования гумуса в ее верхнем слое [3].

Почвенный покров области подвержен эрозии, этому способствуют распространение склонов различной крутизны, ливневый характер выпадающих осадков, быстрое таяние снежного покрова, рыхлые породы, слагающие территорию. Немаловажную роль в процессе деградации почв играет человек. Низкая не своевременная агротехника, вырубка лесов и многие другие факторы вызывают эрозию почв.

Выводы. При возделывании сельскохозяйственных культур в Курской области требуется учитывать ее зональные особенности, необходимо разрабатывать научно-обоснованные севообороты и агротехнологии, что в свою очередь позволит существенно увеличить производство продукции растениеводства, сделать экономически выгодным земледелие.

Список литературы

1. Муха В.Д. Почвы Курской области: учебное пособие / В.Д. Муха, А.Ф. Сулима, В.И. Чаплыгин. – Курск : Изд-во Курской гос. с.-х. ак., 2006. – 119 с.
2. Интернет источник: www.agrien.ru [red] Курска «Курская область», 2016.
3. Митрохина О.А. Влияние физико-химических свойств и микроэлементного состава чернозема типичного на урожайность и качество зерна озимой пшеницы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О.А. Митрохина. – Курск, 2009. – 24 с.

УДК 631.43:631.459

УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЧЕРНОЗЕМА К ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПРИ ВНЕСЕНИИ ФОСФОГИПСА И ПОМЕТА

Сайфуллин Ирик Юлаевич

аспирант,

Уфимский Институт биологии, г. Уфа

E-mail: irekle@mail.ru

Сулейманов Руслан Римович

доктор биологических наук,

Уфимский Институт биологии РАН, г. Уфа,

E-mail: soils@mail.ru

Аннотация. Проведена оценка эрозионной устойчивости агрочернозема при внесении различных доз фосфогипса и помета. Исследования проводились в лабораторной установке методом дождевания и моделировании крутизны склона в 1° и 7°. Было показано, что наибольшая эрозионная устойчивость агрочернозема проявляется при одновременном внесении фосфогипса и помета в дозе 60 т/га в соотношении 1:2–1:10.

Ключевые слова: агрочернозем, фосфогипс, помет, устойчивость к эрозии.

AGROCHERNOZEM RESISTANCE TO WATER EROSION IN ADDING PHOSPHOGYPSUM AND DUNG

Saifullin I. Yu.

Postgraduate student, Ufa Institute of Biology RAS, Ufa

E-mail: irekle@mail.ru

Suleimanov R. R.

doctor of biological sciences,

Ufa Institute of Biology RAS, Ufa

E-mail: soils@mail.ru

Abstract. It was made assessment of erosion sustainability of agrochernozem when making different doses of phosphogypsum and gobbler manure. The studies were conducted in a laboratory setting by sprinkling and modeling the steepness of the slope in the 1° and 7°. It was shown that the highest erosion resistance agrochernozem has in the form of experience where introduction of phosphogypsum and gobbler manure at a dose of 60 t/ha in the ratio of 1:2–1:10.

Keywords: agrochernozem, phosphogypsum, gobbler manure, erosion resistance.

Введение. Природные условия республики Башкортостан при совокупном влиянии хозяйственной деятельности человека создают предпосылки для сильного развития водной и ветровой эрозии практически во всех сельскохозяйственных районах. Более 3 млн. га сельскохозяйственных угодий (46%) подвержено эрозии. Еще 2,7 млн. га земель являются эрозионно-опасными по отношению к водной эрозии (17,9%) и дефляции почв (20,0%) [1]. В тоже время наибольшие площади пахотных земель, подверженных смыву (около 70%), распространены в районах с увалисто-холмистым типом рельефа, в том числе на склонах крутизной до 1° – 27,6%; 1–3° – 41,9; 3–5° – 18,2; 5–7° – 7,8 и более 7° – 4,5%. В результате эрозионных процессов ежегодно теряется более 3 млн. т гумуса, в реки и водоемы выносятся до 1 кг почвенной массы на 1 м³ воды [1, 4]. По данным [2] крутизна склонов является одним из факторов, определяющих смыв почвы, при крутизне склонов до 2° смыв почвы и грунтов незначителен. На склонах от 2° до 5° величина смыва становится гораздо заметнее, а при больших уклонах она возрастает еще интенсивнее. Таким образом, в связи с тем, что рельеф сельскохозяйственных земель республики предрасполагает к развитию эрозионных процессов, необходима разработка комплекса мероприятий направленных на снижение интенсивности водной эрозии. Одним из таких мероприятий является использование различных мелиорантов.

Объекты и методы. Для изучения влияния внесения фосфогипса и помета на эрозионную устойчивость агроchernозема был заложен полевой

опыт по следующей схеме: 1. Контроль без внесения помета и фосфогипса, 2. Фосфогипс (5 т/га), 3. Фосфогипс (10 т/га), 4. Фосфогипс (20 т/га), 5. Фосфогипс + Помет (1:10, 40 т/га), 6. Фосфогипс + Помет (1:10, 60 т/га), 7. Фосфогипс + Помет (1:5, 40 т/га), 8. Фосфогипс + Помет (1:5, 60 т/га), 9. Фосфогипс + Помет (1:2, 40 т/га), 10. Фосфогипс + Помет (1:2, 60 т/га), 11. Помет (40 т/га), 12. Помет (60 т/га).

Эрозионную устойчивость агрочернозема определяли на лабораторной дождевальной установке малых габаритов методом дождевания почвенных монолитов под углом наклона имитирующем крутизну склона в 1° и 7° [3]. На второй год после внесения мелиорантов с пахотного горизонта 0–20 см были отобраны почвенные монолиты длиной 1 метр, шириной 0,2 м и глубиной 0,15 м и помещены в полипропиленовые лотки с треугольными отверстиями для установки приемного желоба. При выборе значений интенсивности дождя ориентировались на показатели, характерные для максимальных ливневых осадков региона, а именно – 6–7 мм/мин. Высота падения капель равнялась 1 м, диаметр капель 3 мм.

Все эксперименты проводились с повторностью не менее трех, что позволило оценить средние значения и стандартные отклонения. При каждой повторности, мерным стаканом отбирали сток через следующие временные интервалы: во время начало стока, через 3, 5, 8, 15 и 30 мин после начала стока. После завершения дождевания определяли массу смытой почвы по мутности воды. Для этого сток помещали в бюксы, тщательно просушивали и взвешивали на электронных лабораторных весах. Продолжительность наблюдения связана с достижением слоя стока 40–42 мм, приближающегося к наблюдаемому абсолютному максимуму осадков для данного региона.

Результаты и обсуждение. Как уже было сказано ранее природно-географические условия Предуралья Республики Башкортостан способствуют развитию водной эрозии на пахотных землях, в свою очередь, метод моделирования процесса интенсивного дождевания позволяет ускорять многолетние процессы плоскостной водной эрозии. Результаты исследований показали, что при крутизне склона в 1° смыв почвенных масс нарастает постепенно со временем и достигает максимальных величин (4,5 тонны с 1 га) на тридцатой минуте эксперимента на контрольном варианте без внесения фосфогипса и помета (рис. 1).

Следует отметить, что интенсивность смыва за первые минуты начала стока имеет большие величины, чем в целом по средним показателям за весь период эксперимента. Замеры проводили при начале стока и через три минуты после начала эксперимента. Далее интенсивность

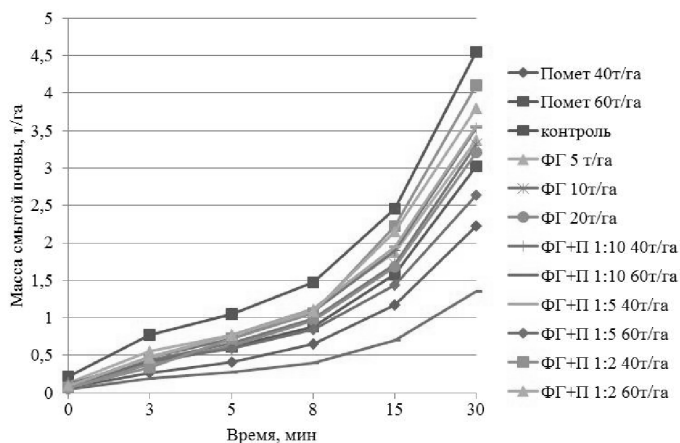


Рис. 1. Смыв почвы при крутизне склона 1°

смыва в первые минуты падает. Можно предположить, что плоскостная водная эрозия на малых уклона проявляется не значительно и имеет локальное значение. В верхней плоскости почв, при ударах капель воды о поверхность образуются борозды, в которых накапливается вода и потом она прорывается через них, но потом интенсивность эрозии падает. Другим объяснением является то, в первые минуты стока захватываются легкие структурные фракции с поверхности почв. На всем промежутке времени моделирования смыв почвы продолжается, в виду того, что сток со всей площади доходит и увеличивается поток стока, интенсивность эрозии сглаживается. Наилучшие показатели по эрозионной устойчивости почв показали варианты с внесением в почву смеси фосфогипса и помёта в размере 60 т/га в пропорциях 1:2–1:10. И в целом все варианты с внесением фосфогипса и помёта более устойчивы к эрозии, по сравнению с контрольным.

В опытах с крутизной склона 7° смыв почвенных масс был более интенсивным и достигал 28 т/га за 30 минутный интервал дождевания на контрольном варианте (рис. 2). Наилучшие показатели по эрозионной устойчивости почв показал вариант с внесением в почву смеси фосфогипса и помёта в размере 60 т/га в пропорции 1:2–1:10.

Таким образом, проведенные исследования показали, что при моделировании дождевания интенсивность смыва почвы возрастает с временем проведения эксперимента и величиной уклона. Наибольшая эрозион-

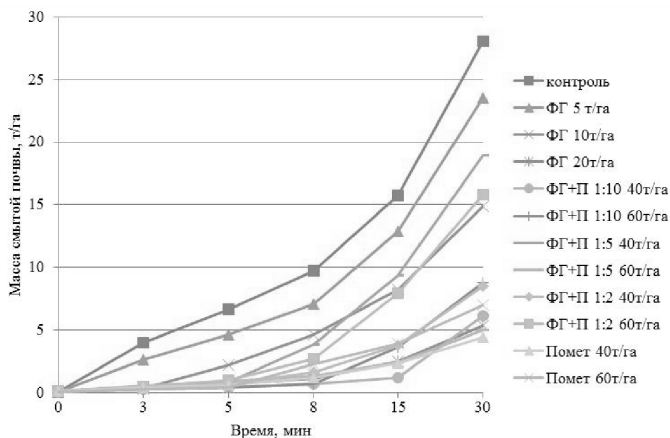


Рис. 2. Смыв почвы при крутизне склона 7°

ная устойчивость агрочернозема проявляется при совместном внесении фосфогипса и помета в дозе 60 т/га в соотношении 1:2–1:10.

Список литературы

1. Почвы Башкортостана. Воспроизводство плодородия: зонально-экологические аспекты / Ф.Х. Хазиев, Г.А. Кольцова, Р.Я. Рамазанов, А.Х. Мукаганов, И.М. Габбасова, М.М. Хамидуллин, И.К. Хабиров. – Уфа: Гилем, 1997. – Т. 2. – 328 с.
2. Сильвестров С.И. Сущность системы противоэрозионных мероприятий и ее региональных типов / С.И. Сильвестров // Региональные системы противоэрозионных мероприятий. – М. : Мысль, 1972. – С. 7–23.
3. Соболев Н.В. Развитие эрозионных процессов в изменяющихся климатических условиях Южно-Уральского региона : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Соболев. – Уфа : БГАУ, 2016. – 24 с.
4. Физико-географическое районирование Башкирской АССР. Ученые записки. Серия географическая № 1. – Уфа, 1964. – Т. XVI. – 210 с.

УДК 631.4 (6)

ПОГРЕБЕННЫЕ ЧЕРНОЗЕМЫ КУРГАННЫХ ЗАХОРОНЕНИЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Спиридонова Ирина Николаевна

*аспирант, Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, г. Пенза
e-mail: Irunek@yandex.ru*

Ломов Станислав Петрович

*доктор географических наук, профессор,
Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, г. Пенза
e-mail: stas_lomov@mail.ru*

Аннотация. Целесообразность и необходимость исследований заключается в сохранении информации об археологических памятниках, которые разрушаются абразионными процессами Куйбышевского водохранилища, а также в пополнении базы научных сведений по эволюции почв и природной среды лесостепной зоны Среднего Поволжья, полученных на протяжении последних десятилетий в результате почвенно-археологических исследований. Так, на поверхности второй надпойменной террасы р. Кама изучены погребенные почвы самых северных курганных захоронений луговой культуры, датирующиеся XV–XIV вв. до н. э. (Коминтерн I). **Ключевые слова:** погребенная почва, курганные захоронения, почвенный профиль, генетические горизонты, фоновые почвы.

BURIED CHERNOZEMS BURIAL MOUNDS FOREST-STEPPE ZONE OF MIDDLE VOLGA REGION

Spiridonova I. N.

*postgraduate,
Penza State University of Architecture and Construction, Penza
E-mail: Irunek@yandex.ru*

Lomov S. P.

*doctor of geographic sciences, professor,
Penza State University of Architecture and Construction, Penza
E-mail: stas_lomov@mail.ru*

Abstract. The feasibility study and the need is to maintain information about archaeological sites, which are destroyed by abrasion processes Kuibyshev reservoir, as well as to replenish the base of scientific information on the evolution of the soil and the natural environment of forest-steppe zone of the Average Volga region received over the

past decades as a result of soil and archaeological research. So, on the surface of the second terrace above the floodplain district. Kama buried soils studied the northernmost burial mounds Lugovskoy culture dating XV–XIV centuries. BC. e. (Comintern I).

Keywords: buried soil, burial mounds, soil profile, genetic horizons, background soil.

Введение. Среди научных работ по археологическим памятникам в Среднем Поволжье, комплексных исследований с привлечением почвоведов насчитывается немного [2, 3, 4, 6, 8]. Применительно к лесостепной зоне следует отметить комплексные исследования Коминтерновского кургана 2 эпохи поздней бронзы, где в пределах раскопа кургана А.А. Чижевским была обнаружена стоянка каменного века, изученная затем М.Ш. Галимовой [8], что может свидетельствовать о широком древнем заселении Поволжского региона. В современных исследованиях наряду с использованием почвенно-археологического метода, имеющего различные модификации [2], в последнее время привлекается геохимический анализ почв курганных захоронений [1, 3, 9, 10].

Объекты и методы исследований. Исследования (рис. 1) проводились на Коминтерновском кургане I, который расположен на левобережье Куйбышевского водохранилища в районе слияния рр. Волга и Кама на поверхности II надпойменной террасы, в 400 м к западу от поселка Коминтерн (Спасский район, Республики Татарстан).

Покрытая широколиственным лесом, полого наклонная поверхность террасы в 20 м от кургана обрывается крутым уступом высотой 17 м.

Основание террасы интенсивно подмывается водами водохранилища. В уступе террасы под полноголоценовой серой лесной почвой обнажаются верхнелепесточные субэральные лессовидные суглинки.

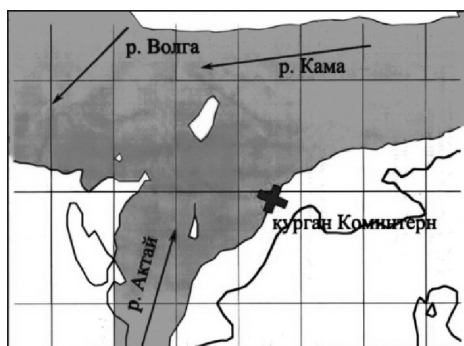


Рис. 1. Расположение Коминтерновского кургана I

Задачей данного исследования была разработка подходов к реконструкции палеосреды обитания луговой культуры с помощью сопряженного анализа почвенно-археологических и геохимических данных почв поселений и погребенных почв курганных захоронений. В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение о лугово-степных условиях формирования геосистем периода развития луговой культурно-исторической общности [2, 6]. Почвенные характеристики (морфологические признаки, физические, физико-химические и химические данные) совместно с геохимическими показателями позволили выявить особенности развития горизонтов погребенных почв при сравнении со свойствами фоновых почв, имеющих полноголоценовый период развития.

Результаты и обсуждение. Фоновые почвы изучены на примере разреза 1 заложенного в 20 м к северо-востоку от Коминтерновского кургана I. В пределах изучаемой части террасы произрастает широколиственный лес из дуба (*Quercus robur*), клена (*Acer platanoides*) и липы (*Tilia cordata*). Уклон террасы заметный до 2–4° северо-западной экспозиции. Почва: темно-серая лесная с признаками лессиважа и системой генетических горизонтов A0, Ad, A, Ae, EB, Bt, Cca [7, 8].

Анализ морфологического строения погребенных почв, имеющих сложный почвенный профиль показывает, что после захоронения была сформирована «курганная насыпь» высотой ≈ 80 см, позже, после уплотнения она уменьшилась до 40 см. В результате проявления процессов почвообразования в постбронзовое время в насыпи сформировались генетические горизонты новообразованной почвы – Ad и A. В ходе исследования погребенной почвы и углубления почвенного разреза, на глубине 73 см от поверхности подкурганной почвы, была обнаружена вторая погребенная почва, с наличием в нижнем горизонте мерзлотных клиньев, что может указывать на суровые климатические условия периода развития данной почвы и, в соответствии с представлениями А.А. Величко [5], ее, по-видимому, косвенно можно датировать раннеголоценовым возрастом. Поэтому интегрированная система генетических горизонтов погребенных почв становится следующей: Ad, A, [A], [AB], [B1], [Aca], [BCca].

По всему профилю самой нижней погребенной почвы в данном разрезе встречаются «кротовины» с темным заполнителем мелкозема, что является признаком степного почвообразования.

В гранулометрическом составе обеих погребенных почв преобладает крупная пыль – 38,2%. Наиболее показательной для гранулометрического состава почв является илистая фракция.

В погребенных почвах заметно более низкое содержание гумуса, возможно за счет минерализации лабильных форм и трофических процессов. Тем не менее, почти равномерное распределение величин гумуса по профилю может указывать на процессы черноземообразования.

Анализ морфологического строения, физических, физико-химических и химических показателей очень сложного профиля – экспонированных и погребенных почв подчеркивает активное вовлечение мелкозема насыпи в почвообразование и формирование генетических горизонтов, отражающих постбронзовое изменение климата и биоты.

Комплексный анализ свойств погребенных почв отражает равномерность распределения гумуса и величин емкости поглощения по всему погребенному профилю, нейтральность реакции почвенной среды, преобладание процессов оглинивания в генетических горизонтах погребенного профиля, что позволяет диагностировать процессы лугово-степного черноземообразования. Морфологические и химические показатели более древней второй погребенной почвы отражают начальные стадии черноземообразования и по этим признакам данную почву можно диагностировать как дерново-карбонатную.

Выводы. Проведенные сравнительные исследования современных и погребенных почв курганных захоронений луговской культуры ≈ 3500 л.н. выявили особенности их хронологического развития. Современные почвы формируются под широколиственными лесами и имеют признаки лесного почвообразования.

Погребенные почвы перестали быть структурной единицей развития почвенного покрова, т.к. были «выключены» из сферы активного почвообразования ≈ 3500 л.н.; и сохранили в своих свойствах информацию о комбинации факторов среды, преобладавших до момента погребения. Комплексный анализ морфологических признаков и свойств, отражающих условия почвообразования до погребения, позволил диагностировать формирование черноземов в атлантическое время (АТ) и степных карбонатных почв в раннем голоцене.

Современные темно-серые лесные почвы, прошедшие весь цикл голоценового почвообразования, имели подобное развитие в атлантическое время, как и погребенные почвы, однако при залесении террасы в позднем голоцене они эволюционировали в серые лесные почвы.

Анализ геохимических показателей фоновых и погребенных почв позволил провести реконструкцию палеосреды обитания древнего населения луговской культуры с атмосферным увлажнением порядка 415–430 мм/год и развитием лугово-степных геосистем до момента погребения изученных подкурганных почв.

Список литературы

1. *Алексеев А.О.* Оксидогенез железа в почвах степной зоны / А.О. Алексеев, Т.В. Алексеева. – М., 2012 – 202 с.
2. *Дергачева М.И.* Палеопочвы, культурные горизонты и природные условия их формирования в эпоху бронзы в степной зоне Самарского Заволжья / М.И. Дергачева, Д.И. Васильева // Вопросы археологии Поволжья. – Самара, 2006 – С. 464–476.
3. *Калинин П.И.* Геохимические характеристики погребенных голоценовых почв степей Приволжской возвышенности / П.И. Калинин, А.О. Алексеев // Вестник ВГУ. Сер.: Геогр., Геоэко. – 2008. – № 1. – С. 9–15.
4. *Ломов С.П.* Эоловые геосистемы (памятники неолита), современные и погребенные почвы в поймах бассейна р. Сура в голоцене / С.П. Ломов, Н.Н. Солодков. – Пенза, 2014. – 165 с.
5. Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен – голоцен / под ред. А.А. Величко. – М., 2009. – 120 с.
6. *Пономаренко Е.В.* Подходы к реконструкции динамики заселения территории по почвенным признакам / Е.В. Пономаренко, Д.С. Пономаренко, Д.А. Сташенков, А.Ф. Кочкина // Поволжская археология. – 2015. – № 1. – С. 1–43.
7. *Спиридонова И.Н.* Изучение почв курганных захоронений в Среднем Поволжье / И.Н. Спиридонова, С.П. Ломов, Н.Н. Солодков // Сб. научн. тр. I межд. н.-п. конф. Пенза, 2014. – С. 183–188.
8. *Чижевский А.А.* Междисциплинарные исследования Коминтерновского кургана 2 эпохи поздней бронзы и стоянки каменного века. Археология и естественные науки Татарстана / А.А. Чижевский, М.Ш. Галимова, Л.В. Мельников, Р.А. Хисамутдинова. – Казань : Институт истории им. Ш. Марджани АН РТ, 2011. – Кн. 4. – С. 336–367.
9. *Nesbitt H.W.* Early Proterozoic climate of sand stone and munstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio / H.W. Nesbitt, G.M. Young // Journal of Geology. – 1997. – (105). – P. 173–191.
10. *Retallack G.* Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time / G. Retallack // Treatise On Geochemistry. – 2003. – P. 581–605.

УДК 633.63:631.8

ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Вислобокова Людмила Николаевна

кандидат сельскохозяйственных наук,

Тамбовский НИИСХ

филиал ФГБНУ «ФНЦ им И.В. Мичурина», г. Мичуринск

E-mail: tniish@mail.ru

Скорочкин Юрий Павлович

кандидат сельскохозяйственных наук,

Тамбовский НИИСХ

филиал ФГБНУ «ФНЦ им И.В. Мичурина», г. Мичуринск

E-mail: yskorochkin@mail.ru

Аннотация. В статье приводится сравнительная оценка методов определения доз удобрений, которая даёт основание рекомендовать их расчеты по результатам полевых опытов, но с учетом содержания питательных веществ в почве. При опре-

делении доз минеральных удобрений необходимо учитывать обеспеченность почвы подвижными формами питательных веществ и степень окультуренности черноземов. Дана характеристика агрохимических мероприятий по Тамбовской области за последние годы.

Ключевые слова: минеральные удобрения, метод, дозы, агрохимические мероприятия, чернозём.

THE USE OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CURRENT ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Vislobokova L. N.

candidate of agricultural Sciences,

Tambov research Institute of agriculture Filial FSBSI

«Federal scientific center named after I.V. Michurin», Michurinsk

E-mail: tniish@mail.ru

Skorochkin Yu. P.

candidate of agricultural sciences,

Tambov research Institute of agriculture Filial FSBSI

«Federal scientific center named after I.V. Michurin», Michurinsk

E-mail: yskorochkin@mail.ru

Abstract. The article provides a comparative evaluation of methods of determining doses of fertilisers, which gives reason to recommend them calculations on the results of field experiments, but based on the content of nutrients in the soil. When determining the doses of mineral fertilizers necessary to consider the soil supply of the mobile forms of nutrients and the degree of culture net black soil. The characteristic chemical activities in the Tambov region in recent years.

Key words: mineral fertilizers, method, dose, agrochemical activities, topsoil.

С переходом сельского хозяйства России на нерегулируемые государством рыночные отношения применение минеральных удобрений в Тамбовской области снизилось с 213,4 тыс. тонн в 1990 году (97,4 кг/га пашни) до 66,2 тыс. тонн (68 кг/га пашни) в 2012 году, а органических соответственно с 6524 тыс. тонн (3 т/га) до 232 тыс. тонн (0,2 т/га) в 2011 году [1].

В условиях рыночной экономики, когда в хозяйствах появляется постоянный дефицит денежных средств, большое значение имеет применение оптимальных доз удобрений, обеспечивающих не только повышение урожайности, но и снижение затрат труда при их использовании. При внесении удобрений надо учитывать, что на черноземных почвах с увеличением доз вносимых удобрений происходит более медленный рост урожайности, чем затраты на их использование.

Сравнительная оценка методов определения доз удобрений, проведенная Тамбовским НИИСХ, дает основание рекомендовать их расчеты по результатам полевых опытов, но с учетом содержания питательных веществ в почве. Содержание подвижных форм питательных веществ (фосфор, калий) устанавливается по данным почвенных обследований (картограмм). При определении доз удобрений за основу берутся дозы, установленные опытным путем (табл. 1) [2].

Эти дозы корректируются с учетом содержания питательных веществ в почве (табл. 2).

В сложившихся экономических условиях дальнейшее развитие земледелия области, да и всей России в целом, возможно, осуществлять только при освоении в хозяйствах севооборотов, где широко используются биологические факторы восстановления почвенного плодородия

Таблица 1

Рекомендованные дозы минеральных удобрений

Культуры	Дозы удобрений (кг д.в. на 1 га)
Озимые (занятый пар)	N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀
Яровая пшеница, ячмень, овес, просо	N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀
Горох	P ₆₀ K ₄₀
Сахарная свекла	N ₉₀ P ₁₂₀ K ₉₀
Подсолнечник	N ₆₀ P ₄₀
Кукуруза (на силос)	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀

Таблица 2

Дозы минеральных удобрений (кг/га д.в.) в зависимости от обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия по Чирикову (мг на 100 г почвы)

Культуры	N	P ₂ O ₅				K ₂ O			
		низкая 2–5 мг	средняя 5–10 мг	повышенная 10–15 мг	высокая 15–20 мг	низкая 2–4 мг	средняя 4–8 мг	повышенная 8–12 мг	высокая 12–18 мг
Озимые (занятый пар)	40	60	40	30	10	90	80	60	40
Яровая пшеница, ячмень, овес, просо	60	60	40	30	10	90	80	60	40
Сахарная свекла	90	150	120	90	60	135	120	90	60
Подсолнечник	30	90	60	40	30	–	–	–	–
Кукуруза (на силос)	60	90	60	40	30	120	90	60	40

за счёт увеличения площадей под многолетними травами и применения менее затратных источников органических удобрений. Минеральные же удобрения, следует вносить в первую очередь под те культуры, которые обеспечивают наибольшую окупаемость затрат на их использование. При определении доз минеральных удобрений необходимо учитывать обеспеченность почвы подвижными формами питательных веществ и степень окультуренности черноземов.

В течение последних лет в Тамбовской области наблюдается увеличение объемов применения минеральных удобрений. Если в 2003 году в области вносилось 12,6 тыс. тонн минеральных удобрений в действующем веществе (5,8% от необходимого количества), то под урожай 2013 года было уже внесено 74,7 тыс. тонн д.в., что выше уровня десятилетней давности в 6 раз (рис.1).

За такой же промежуток времени динамика внесения органических

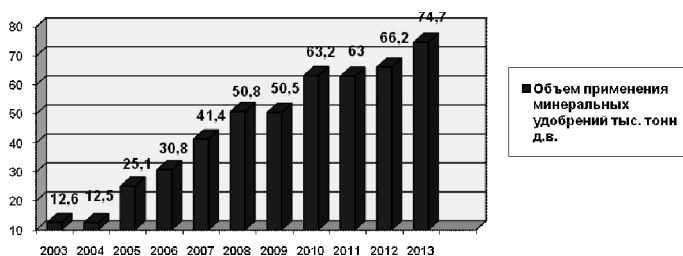


Рис. 1. Объем применения минеральных удобрений в Тамбовской области за 11 лет, тыс. тонн. д.в.

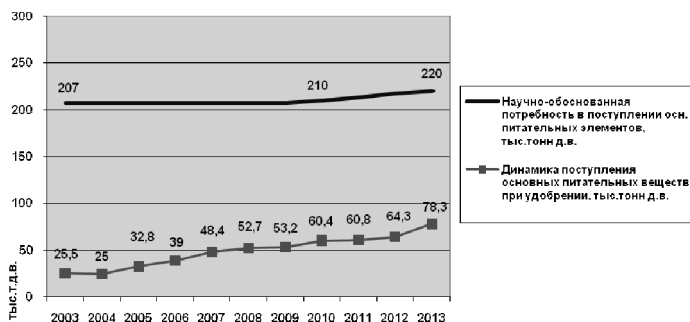


Рис. 2. Динамика поступления основных элементов питания в почвы Тамбовской области с органическими и минеральными удобрениями

удобрений определилась на очень низком уровне. Если в 2003 году в области вносилось 928 тыс. тонн органических удобрений (18,6% от необходимого количества), то под урожай 2013 года было внесено только 257,2 тыс. тонн органических удобрений, что меньше в 3,6 раза уровня 2003 года или более чем в 25 раз меньше, чем в 1990 году.

Таблица 3

**Объемы проведения агрохимических работ хозяйствами
Тамбовской области за 2010–2014 годы**

Мероприятия	Фактические объемы проведения работ					Научно-обоснованная потребность	Отношение 2014 г. к научно-обоснов. потребн. %
	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год		
Площадь пашни, на 1 января текущего года, тыс. га	2040	2064	2059	2037,5	2060	2060 ср.знач.	100
Посевная площадь, тыс. га	1427	1501	1475	1618	1625	1900	85,5
Проведение агрохимического обследования почвы, тыс. га	120	111	245	232	250	500	50,0
Внесение минерал. удобрений под урожай текущего года, тыс. тонн д.в.	63,2	63,0	66,2	74,7	91,3	216,3	42,2
Площадь, удобренная минерал. удобрениями, тыс. га	551,2	604,3	634,1	956,8	1100,0	1400,0	78,6
Органические удобрения животного происхождения (в перерасчете на навоз КРС), тыс. тонн	211,4	214,2	237,3	257,2	1300	5000	6,0
Площадь, удобренная органическими удобрениями, тыс. га	12,4	12,9	13,1	13,0	32,0	165,0	7,8

Отмеченное снижение наблюдается на фоне сокращения поголовья КРС в Тамбовской области. С 2003 года оно снизилось на 45,6%. В то же время с 2011 года в связи с повышением поголовья свиней наблюдается некоторое повышение использования органических удобрений.

Динамика поступления основных макроэлементов (азота, фосфора, калия) в почву для формирования урожая, представленном на рисунке 2, показывают, что в Тамбовской области складывается отрицательный баланс поступления этих элементов в почву, который лишь последние несколько лет имеет тенденцию к сокращению, связанную с некоторым увеличением применения минеральных удобрений, но еще очень далек от научно-обоснованной потребности.

Под урожай 2013 года было внесено в почву 78,3 тыс. тонн питательных веществ (30% от научно-обоснованного количества), из которых 95% питательных веществ было внесено с минеральными удобрениями.

Характеристика агрохимических мероприятий по Тамбовской области за последние годы представлена в таблице 3.

С 2010 года по всем показателям наблюдается положительная динамика. Показатели 2014 года приближены к научно-обоснованным объемам применения удобрений, однако их фактические значения за ряд последних лет пока существенно ниже потребности.

В среднем за 2013 год на гектар пашни в нашей области было внесено 120 кг органических и 36,1 кг д.в. минеральных удобрений, что ниже чем в Курской, Белгородской, Липецкой и Воронежской областях более чем в 17 раз (по органическим) и в 1,4–2 раза (по минеральным удобрениям).

Для того, чтобы баланс поступления питательных элементов был положительным необходимо внесение минеральных и органических удобрений не менее 100–120 кг д.в./га посевной площади. По Тамбовской области этот показатель 2013 году составил 70 кг д.в./га, что составляет лишь 58,3% от необходимого количества.

Список литературы

1. Юмашев Н.П. Приёмы повышения эффективности удобрений на чернозёмных почвах Центрально-чернозёмной зоны: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Н.П. Юмашев. – М., 2011. – 38 с.
2. Вислобокова Л.Н. Система земледелия нового поколения Тамбовской области / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин. – Тамбов, 2016. – 439 с.

УДК 631.582:631.51:631.8

ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО

Скорочкин Юрий Павлович

кандидат сельскохозяйственных наук,

Тамбовский НИИСХ ф

лиал ФГБНУ «ФНЦ им И.В. Мичурина», г. Мичуринск

E-mail: yskorochkin@mail.ru

Воронцов Виктор Алексеевич

сельскохозяйственных наук,

Тамбовский НИИСХ ф

лиал ФГБНУ «ФНЦ им И.В. Мичурина», г. Мичуринск

E-mail: yskorochkin@mail.ru

Аннотация. В статье показана дифференциация по агрохимическим свойствам пахотного слоя при различных системах основной обработки почвы в севообороте. Способы и глубина основной обработки почвы оказывают заметное влияние на содержание элементов питания в пахотном слое и на распределение их по профилю пахотного горизонта. Исследованиями установлено, что систематическое применение минимальных обработок и в особенности поверхностной приводит к усилению дифференциации пахотного слоя по плодородию.

Ключевые слова: обработка почвы, агрохимические показатели, гумус, элементы питания.

CHANGE OF AGROCHEMICAL INDICATORS OF TYPICAL CHERNOZEM

Skorochkin Yu. P.

candidate of agricultural sciences,

Tambov research Institute of agriculture Filial FSBSI

«Federal scientific center named after I.V. Michurin», Michurinsk

E-mail: yskorochkin@mail.ru

Vorontsov V. A.

candidate of agricultural Sciences,

Tambov research Institute of agriculture Filial FSBSI

«Federal scientific center named after I.V. Michurin», Michurinsk

E-mail: yskorochkin@mail.ru

Abstract. The article shows differentiation on agrochemical properties of the arable layer under different systems of basic soil cultivation in crop rotation. The methods and the depth of the tillage have a significant effect on nutrient contents in the arable layer

and their distribution over the profile of the arable layer. Studies have found that systematic use minimal treatments and in particular the surface leads to increased differentiation of the arable layer fertility.

Keywords: soil, agrochemical parameters, humus, nutrients.

Введение. Обработка, изменяя физическое состояние почвы, микробиологические и биохимические процессы влияет на эффективное плодородие. Это один из факторов мобилизации питательных элементов в почве. Об этом свидетельствуют многочисленные исследования, проводимые в разных регионах, которые в свою очередь протеворечивы.

Так, А.Ф. Витер, проводивший исследования в Центральном Черноземье на чернозёме обыкновенном, пришёл к выводу, что замена вспашки безотвальной обработкой приводит к ухудшению условий минерального питания [2].

По данным В.Ф. Огарёва и др. в зоне Поволжья на фоне плоскорезной обработки наблюдается улучшение питательного режима почвы [7].

К такому же выводу в своих исследованиях пришли М.Е. Сафонов [8], А.Н. Горбачёв [4] и многие другие исследователи.

В настоящее время большинство исследователей считают, что наиболее приемлемым решением проблемы регулирования почвенных процессов является не противопоставление плуга к плоскорезу, а разумное чередование в севооборотах вспашки с поверхностными и безотвальными обработками (Л.В. Ильина, Е.И. Иваницкая [6], В.А. Гулидова [5]), проводившие свои исследования в различных почвенно-климатических условиях.

Объекты и методы. Изучали четыре варианта основной обработки почвы: в первом – под все культуры севооборотов проводили ежегодную отвальную вспашку на глубину 20–22 см под зерновые и на 27–30 см под пропашные культуры за исключением зернопропашного севооборота, где под озимую пшеницу, размещаемую по занятому пару, проводили поверхностную обработку на глубину 8–10 см дисковой бороной БДТ-3, во втором – ежегодную мелкую поверхностную обработку дисковой бороной на глубину 8–10 см под все культуры севооборота, в третьем – ежегодную разноглубинную безотвальную обработку с использованием чизельного плуга под зерновые на глубину 20–22 см, пропашные на 27–30 см, четвертом – под зерновые культуры проводили безотвальное рыхление на глубину 20–22 см, под пропашные – отвальную вспашку на 27–30 см.

Почвенный покров стационара представлен мощным и среднемощным черноземом типичным тяжелоглинистого гранулометрического состава с содержанием гумуса в пахотном слое 7,11–7,31 %, реакция

среды близка к нейтральной ($pH_{\text{сол.}} 6,1$), сумма обменных оснований (55,4 мг-экв/100 г), содержание подвижных форм питательных элементов высокое.

Результаты исследований. В опытах Тамбовского НИИСХ выявлены определённые закономерности по содержанию и распределению элементов питания в пахотном горизонте в зависимости от применяемых систем основной обработки почвы в севооборотах (табл. 1).

В зернопаропропашном севообороте системы основной обработки почвы оказали заметное влияние на распределение элементов питания по профилю пахотного горизонта. На вариантах с традиционной отвальной вспашкой разница по содержанию подвижного фосфора и обменного калия между верхним и нижним горизонтом пахотного слоя составляла 28 и 33 мг/кг почвы. Замена отвальной вспашки поверхностной системой

Таблица 1

Содержание подвижных питательных веществ в почве перед посевом культур зернопаропропашного севооборота при разных системах обработки, в среднем за 2001–2010 гг. (мг на 1 кг почвы)

Обработка почвы	Слой почвы, см	NO_3	P_2O_5	K_2O
Традиционная отвальная вспашка (контроль)	0–10	14,2	148,2	184,2
	10–20	11,3	149,2	177,2
	20–30	10,7	120,0	150,7
	0–30	12,7	139,1	170,7
Бесменная Поверхностная	0–10	20,2	179,1	210,0
	10–20	12,4	129,4	146,7
	20–30	9,6	107,6	132,2
	0–30	14,1	138,7	163,0
Бесменная безотвальная	0–10	17,4	190,5	212,7
	10–20	12,3	151,6	166,2
	20–30	10,8	120,6	145,7
	0–30	13,5	154,2	174,9
Комбинированная отвально-безотвальная	0–10	18,2	178,1	206,7
	10–20	11,6	151,5	181,2
	20–30	10,5	134,7	161,1
	0–30	13,4	154,8	183,0

обработки привела к более существенному снижению элементов питания в нижнем горизонте. Разница по отношению к нижнему горизонту составляла 71 мг/кг по подвижному фосфору и 78 мг/кг по обменному калию [1].

Довольно существенно снизилось содержание фосфора и калия в нижнем горизонте пахотного слоя и при замене вспашки безотвальной обработкой, разница составила 67–69 мг/кг почвы по сравнению с верхним слоем почвы. Несколько сглаживалась разница между горизонтами пахотного слоя по содержанию подвижного фосфора и обменного калия в технологиях, основанных на комбинированной отвально-безотвальной системе основной обработки почвы.

Установленная закономерность по распределению фосфора и калия по слоям пахотного горизонта была характерна и для нитратного азота.

Выводы. На основании проведённых наблюдений было выявлено, что систематическое применение безотвальных приёмов обработки почвы и в особенности поверхностной системы обработки в севооборотах приводит к дифференциации (перераспределению) элементов питания по профилю пахотного слоя, образуя в верхней его части более плодородные прослойки. В результате, корневая система возделываемых культур, особенно зерновых, размещается преимущественно в верхней наиболее плодородной части пашни. Из-за пересыхания верхнего слоя почвы они больше страдают от весенне-летней засухи, что в итоге может привести к снижению продуктивности культур [3].

Список литературы

1. *Вислобокова Л.Н.* Система земледелия нового поколения Тамбовской области / Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, В.А. Воронцов. – Тамбов : Изд-во Першина Р.В., 2016. – 439 с.
2. *Витер А.Ф.* Изменения плодородия чернозёмов при их обработке / А.Ф. Витер // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М., 1990. – С. 123–129.
3. *Воронцов В.А.* Системы основной обработки чернозёма в Тамбовской области / В.А. Воронцов, Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин // Земледелие. – 2012. – № 7. – С. 19–21.
4. *Горбачёв А.Н.* Совершенствование способов основной обработки почвы по сахарной свёкле в ЦЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.Н. Горбачёв. – Киев, 1988. – 24 с.
5. *Гулидова В.Н.* Теоретические основы повышения урожайности культур и снижения энергозатрат в севообороте с рапсом при разных системах основной обработки почвы в лесостепи ЦЧР: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / В.Н. Гулидова. – Воронеж, 2000. – 46 с.
6. *Ильина Л.В.* Какой должна быть обработка почвы в Рязанской области / Л.В. Ильина, Е.И. Иваницкая // Земледелие. – 1991. – № 4. – С. 52–54.
7. *Огарёв В.Ф.* Поле и урожай / В.Ф. Огарёв. – Саратов : Приволж. кн. изд-во. Пензен. отделение, 1990. – 256 с.
8. *Сафонов М.Е.* Система обработки тёмно-серых лесных почв под сахарную свёклу в условиях западной лесостепи ЦЧЗ : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.Е. Сафонов. – Воронеж, 1987. – 26 с.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЧР

Трофимова Татьяна Александровна

*доктор сельскохозяйственных наук,
профессор,*

*Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I, г. Воронеж*

E-mail: Korzem@mail.ru

Коржов Сергей Иванович

*доктор сельскохозяйственных наук,
профессор,*

*Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I, г. Воронеж*

E-mail: Korzem@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований по выявлению изменений агрофизических показателей плодородия черноземов ЦЧР и продуктивности сельскохозяйственных культур при длительном и краткосрочном применении основной обработки почвы в сочетании с минеральными и органическими удобрениями. Целью исследований являлась модернизация шкалы деградации черноземов и определение пороговых параметров комплекса агрофизических показателей плодородия по применению минимализации основной обработки почвы. Объект исследований – чернозём обыкновенный и выщелоченный. Исследования проводились в многолетних и краткосрочных стационарных опытах по общепринятым методикам. В многолетних опытах определены основные агрофизические показатели плодородия, применяемые для оценки степени деградации (выпаханности) почв: плотность сложения почвы ($\text{г}/\text{см}^3$), твердость почвы ($\text{кг}/\text{см}^2$), содержание агрегатов более 10 мм (%). Разработана шкала оценки степени выпашанности черноземов и пригодности почв к минимализации основной обработки.

Ключевые слова: деградация почвы, степень выпашанности, агрофизические показатели, плотность почвы, твердость, структурные агрегаты, минимализация обработки почвы, приемы биологизации.

EVALUATION OF THE DEGREE OF DEGRADATION OF CHERNOZEM SOILS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Trofimova T. A.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State Agrarian University
named after Emperor Peter the Great, Voronezh
E-mail: Korzem@mail.ru*

Korzhov S. I.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State Agrarian University
named after Emperor Peter the Great, Voronezh
E-mail: Korzem@mail.ru*

Abstract. The goal of the conducted research was to upgrade the scale of degradation of chernozem soils and determine threshold parameters of the complex of agrophysical indicators of fertility in the context of minimizing main soil treatment. The object of the study was leached and ordinary chernozem. The studies were conducted in short-term and long-term stationary experiments according to standard techniques. In long-term experiments the authors determined basic agrophysical indicators of fertility used for the evaluation of the degree of soil exhaustion: soil density (g/cm^3), soil hardness (kg/cm^2), the content of aggregates of more than 10 mm (%). Due to attained results the authors propose a rating scale of the degree of chernozem soil exhaustion and the adaptability of soils for minimizing main soil treatment.

Keywords: soil degradation, degree of soil exhaustion, agrophysical indicators, soil density, hardness, structural aggregates, minimizing main soil treatment, biologization methods.

Введение. Многие исследователи отмечают преобладание экстенсивных технологий на большей части ЦЧР с низкими дозами минеральных и органических удобрений, нарушением или полным отсутствием севооборотов, высокой долей пропашных культур в структуре посевных площадей и невысоким процентом многолетних трав, высоким уровнем засоренности посевов, что является одной из причин деградации черноземов [6, 7, 9].

А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова (1999) отводят агрофизической деградации вполне обоснованное первое место среди основных видов деградации почв [1]. Агрофизическая деградация черноземов проявляется в ухудшении водно-воздушных режимов вследствие утраты почвенной структуры, уменьшения доли водопрочных агрегатов, переуплотнения почв, повыше-

ния твердости пахотного и подпахотного горизонтов, что в итоге приводит к снижению урожайности и увеличению затрат [2, 5, 8, 9, 10].

Целью исследования являлось выявление изменений агрофизических показателей плодородия черноземов ЦЧР и продуктивности сельскохозяйственных культур при длительном и краткосрочном применении основной обработки почвы в сочетании с минеральными и органическими удобрениями.

Объекты и методы. Исследования проводились на выщелоченных и обыкновенных черноземах в многолетних стационарных и краткосрочных опытах ФГБНУ «Воронежский НИИ сельского хозяйства имени В.В. Докучаева» и ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» в 1984–2016 гг.

Опыты и наблюдения были выполнены в следующих опытах.

1. Стационарный многофакторный опыт по изучению влияния различных приемов и глубины основной обработки почвы в 10-польном зернопропашном севообороте. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесуглинистый.

2. Краткосрочный трехфакторный опыт по изучению влияния различных систем зяблевой обработки почвы в звене севооборота сахарная свекла – ячмень – подсолнечник. Фактор А – система зяблевой обработки почвы, фактор В – способ основной обработки почвы, фактор С – уход за растениями. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесуглинистый.

3. Краткосрочный однофакторный опыт по изучению способов основной обработки почвы под ячмень после различных предшественников (кукуруза на силос и сахарная свекла). Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

4. Стационарный многофакторный опыт по определению оптимального сочетания биологических и техногенных приемов повышения плодородия и различных способов основной обработки почвы. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый.

5. Производственный опыт по изучению мелкой мульчирующей и совмещенной с посевом предпосевной минимальной обработки почвы в звене севооборота сахарная свекла – яровая пшеница. Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

Анализы почвенных и растительных образцов выполнялись по общепринятым методам агрофизических, биологических и агрохимических исследований.

Результаты и обсуждение. В научной литературе описывается несколько шкал оценки степени деградации пахотного слоя по физическим свойствам.

Ф.И. Козловским, В.А. Чаплиным (1994) предложена 5-балльная шкала оценки агрофизической деградации черноземных почв по величинам равновесной плотности [3].

Б.А. Доспехов (1978) рекомендует при сопоставлении величин равновесной и оптимальной для культур плотности почвы определять потребность в той или иной механической обработке [2].

Для оценки водопрочной структуры почв среднего и тяжелого гранулометрического состава и отвечающего ей сложения почв И.В. Кузнецова (1979) предложила ориентировочную шкалу оценки. На структурных почвах с хорошим и отличным содержанием водопрочных агрегатов и оптимальным сложением создаются условия для минимализации обработки почвы, вплоть до отказа от основной обработки [4].

Исследованиями А.Г. Бондарева, И.В. Кузнецовой (1999) установлены основные физические показатели для оценки степени деградации пахотного слоя почвы: равновесная плотность, водопроницаемость, пористость агрегатов и содержание структурных агрегатов 10–0,25 мм [1]. Авторами разработана трех уровневая шкала оценки степени деградации для различных типов почв по этим показателям, предложены мероприятия по поддержанию на оптимальном уровне плодородия почвы.

На основании анализа собственных экспериментальных данных нами предложена шкала оценки степени выпаханности (деградации) почв в зависимости от агрофизических показателей плодородия черноземов, позволяющая определять пригодность почвы к минимализации основной обработки (табл. 1).

Расчет степени выпаханности проводится по 4-балльной усовершенствованной шкале. Кроме плотности и морфологических признаков оценки выпаханности черноземов, в шкалу были внесены показатели твердости почвы, содержание глыбистой фракции, на основании которых оценивается пригодность почв к минимализации основной обработки, и приводятся рекомендуемые системы основной обработки почвы в севообороте и приемы биологизации.

На основании оценки степени выпаханности (деградации) почв определяется их пригодность к минимализации основной обработки: 1–2 балла – пригодные, 3 балла – малопригодные, 4 балла – непригодные. Применение приемов минимализации основной обработки может быть эффективным и рекомендуется на почвах, устойчивых к уплотнению, не выпаханных или слабо выпаханных.

Для повышения точности оценки состояния черноземов было проведено дальнейшее усовершенствование предложенной нами оценки сте-

**Оценка степени
деградации (выпаханности) почв
в зависимости от агрофизических показателей плодородия**

Оценка, балл	Степень выпаханности почв / пригодности к минимализации	Показатели агрофизической деградации почв			Рекомендуемые системы основной обработки почвы в севообороте
		Плотность слоения почвы, г/см ³	Твердость, кг/см ²	Содержание агрегатов >10 мм, %	
1	Невыпаханные – пригодные	1,1–1,2	10–25	до 10	– отвальная; – безотвальная;
2	Слабо выпаханные – пригодные	1,2–1,3	25–30	10–30	– комбинированная разноглубинная; – мелкая мульчирующая, совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка
3	Средне выпаханные – мало пригодные	1,3–1,4; наличие признаков плужной подошвы	30–50	30–40	– отвальная; – безотвальная; – комбинированная разноглубинная с периодической мелкой и поверхностной обработкой под озимые после занятых паров и непаровых предшественников и под яровые зерновые после пропашных культур совместно с использованием биологических приемов воспроизводства плодородия черноземных почв
4	Сильно выпаханные – непригодные	>1,4; выражена плужная подошва	50–100	40–60	– отвальная; – безотвальная; – комбинированная разноглубинная обработка с обязательным применением приемов биологизации (сидеральные пары, пожнивная сидерация, многолетние травы – 15–25% в севообороте, оставление нетоварной части урожая, внесение навоза – 10 т/га севооборотной площади, дефеката 10 т/га) в комплексе с рекомендуемыми дозами минеральных удобрений

пени деградации (выпаханности) почв в зависимости от агрофизических показателей плодородия.

При выборе способа основной обработки черноземной почвы, включающего измерение агрофизических показателей почвы, степень выпашанности \check{S} определяют по зависимости:

$$\check{S} = (a_1 \cdot d + a_2 \cdot T + a_3 \cdot C) \times 10^{-2},$$

где a_1 , a_2 , a_3 – эмпирические коэффициенты ($a_1 = (0,83-1,16)$, г/см³, $a_2 = (0,75-1,22)$, г/см², $a_3 = (0,8-1,2)$, 1/‰); d – плотность почвы, г/см³; T – твердость почвы, г/см²; C – структура почвы, содержание агрегатов > 10 мм, %.

На почвах с оптимальными агрофизическими показателями ($\check{S} = 0,64-0,79$) проводится мелкая мульчирующая, совмещенная с посевом предпосевная минимальная обработка или нулевая обработка почвы. На средне выпашанных почвах ($\check{S} = 0,80-0,97$) проводится безотвальная и/или комбинированная разноглубинная обработка с обязательным применением приемов биологизации. На сильно выпашанных почвах ($\check{S} = 0,98-1,50$) с наличием плужной подошвы, утратой почвой структуры, цементацией, существенным снижением продуктивности сельскохозяйственных культур проводится отвальная обработка почвы или комбинированная разноглубинная обработка почвы с обязательным применением приемов биологизации.

Используется несколько уровней коэффициентов агрофизических показателей плодородия (a_1 , a_2 , a_3) в зависимости от степени выпашанности почвы, возделываемых культур севооборота и индивидуальных особенностей отдельного поля или его частей. В результате получают математическую зависимость между измеряемыми показателями, по которым судят о степени выпашанности черноземов и определяют способ основной обработки почвы.

Выводы: 1. В результате исследований проведена модернизация шкалы деградации (выпаханности) черноземов и предложены способы определения пороговых параметров комплекса показателей плодородия почвы по эффективному применению минимализации основной обработки.

2. На невыпаханных и слабо выпашанных черноземах, агрофизические показатели плодородия которых соответствуют оптимальным показателям для сельскохозяйственных культур, при отсутствии или проявлении в незначительной степени признаков агрофизической деградации, рекомендуются применение минимализации основной обработки почвы.

На средне выпашанных и сильно выпашанных черноземах рекомендуются следующие системы основной обработки почвы в севообороте: отвальная, безотвальная, комбинированная разноглубинная с максимальным насыщением в севообороте приемов биологизации (сидеральные пары, пожнивная сидерация, многолетние травы, оставление нетоварной части урожая, внесение навоза, дефеката) в комплексе с рекомендованными дозами минеральных удобрений, позволяющие снизить темпы деградации почв ЦЧР.

Список литературы

1. *Бондарев А.Г.* Проблема деградации физических свойств почв России и пути ее решения / А.Г. Бондарев, И.В. Кузнецова // Почвоведение. – 1999. – № 9. – С. 1126–1131.
2. *Доспехов Б.А.* Минимализация обработки почвы: направление исследований и перспективы внедрения в производство / Б.А. Доспехов // Земледелие. – 1978. – № 9. – С. 26–31.
3. *Козловский Ф.И.* Агродеградация черноземов / Ф.И. Козловский, В.А. Чаплин // Степи Русской равнины: состояние, рационализация аграрного освоения. – Москва: Наука, 1994. – С. 174–190.
4. *Кузнецова И.В.* О некоторых критериях оценки физических свойств почв / И.В. Кузнецова // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 81–88.
5. *Макаров И.П.* Эффективность приемов минимализации обработки почвы. Актуальные проблемы земледелия / И.П. Макаров. – Москва: Колос, 1984. – С. 86–89.
6. *Мухина С.В.* Агрехимические и экологические аспекты применения удобрений на черноземах юго-востока ЦЧЗ : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / С.В. Мухина. – Воронеж, 2006. – 41 с.
7. *Пупонин А.И.* Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А.И. Пупонин. – Москва : Колос, 1984. – 184 с.
8. *Трофимова Т.А.* Научные основы совершенствования основной обработки и регулирования плодородия почв в ЦЧР : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / Т.А. Трофимова. – Воронеж, 2014. – 47 с.
9. *Щербаков А.П.* Антропогенная эволюция черноземов / А.П. Щербаков, И.И. Васенев. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2000. – 412 с.
10. *Черепанов Г.Г.* Нулевая обработка почвы: итоги исследований и опыт применения: обзорная информация НИИТЭИагропром / Г.Г. Черепанов. – М. : НИИТЭИагропром, 1994. – 44 с.

УДК 631.89

**К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ
В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ
НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР**

Чуян Наталия Анатольевна

*доктор сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Россия, г. Курск*

Брескина Галина Михайловна

*кандидат сельскохозяйственных наук,
ФГБНУ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Россия, г. Курск
E-mail: Chuyan.6546@yandex.ru*

Аннотация. Предложенные способы использования побочной продукции на удобрение при соблюдении технологии поверхностного компостирования ее на поле позволяют более эффективно использовать имеющийся антропогенный ресурс и потенциал плодородия почв для улучшения качества почвенных показателей, повышения продуктивности земель и стабильного производства сельскохозяйственной продукции, наряду с традиционным органическим удобрением – навозом.

Ключевые слова: побочная продукция, минеральные удобрения, известь, анти-депрессивные добавки, поверхностное компостирование

**THE PROBLEM OF RATIONAL UTILIZATION
OF BY-PRODUCT AS ORGANIC FERTILIZER
ON CHERNOZEM SOILS OF THE FOREST-STEPPE
OF CENTRAL CHERNOZEM AREA**

Chuyan N. A.

*doctor of agricultural sciences,
FSBSI All-Russia Research Institute of Arable Farming
and Soil Erosion Control, Kursk
E-mail: Chuyan.6546@yandex.ru*

Breskina G. M.

*candidate of agricultural sciences,
FSBSI All-Russia Research Institute of Arable Farming
and Soil Erosion Control, Kursk
E-mail: Chuyan.6546@yandex.ru*

Abstract. The proposed methods of by-product utilization as fertilizer together with keeping to the technology of its surface composting in the field allow to use available anthropogenic resource and soil fertility potential for the improvement of the quality of

soil indexes, increase of land productivity and stable production of agricultural product along with traditional organic fertilizer – farm manure more efficiently.

Keywords: by-product, mineral fertilizers, lime, anti-depressing additives, surface composting.

Введение. Воспроизводство плодородия почв – важнейшее условие стабильного агропроизводства. Традиционно одним из основных приемов обеспечения почв органическим веществом является применение органических удобрений [2].

Однако в современных условиях при резком сокращении поголовья скота и птицы реальная обеспеченность пашни в органических удобрениях не более 10 % [1, 3]. В связи с тем, что в рыночных условиях в сельскохозяйственном производстве преобладает отрасль растениеводства, объемы применения навоза сократились за 10 лет с 3,6 т/га в 1989 году до 0,6 т/га – в 1999 году [4].

В этих условиях целесообразно полнее использовать приемы биологизации земледелия, все резервы органических удобрений, а именно необходимо привлекать дополнительные источники органического вещества для поддержания плодородия почвы. Такими источниками могут быть излишки соломы, не используемые на корм или другие хозяйственные потребности, ботва сахарной и кормовой свеклы и т.п.

Объекты и методы. Во ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии была разработана технология поверхностного компостирования растительных остатков на поле [5], которая является малоэнергоёмким способом эффективного использования органического вещества растительного происхождения в качестве органического удобрения, исключаящим его депрессирующее влияние на рост и развитие растений, а следовательно, и на урожайность сельскохозяйственных культур.

В связи с этим в опытном хозяйстве института Медвенского района Курской области на черноземе типичном были проведены полевые исследования, где предусмотрены различные способы по использованию побочной продукции сельскохозяйственных культур на удобрение в соответствии с технологией поверхностного ее компостирования: 1) опыт по степени заделки побочной продукции (сравнительный анализ непосредственной заделки органического материала и соблюдение технологии поверхностного компостирования побочной продукции); 2) опыты по изучению сравнительной эффективности навоза и побочной продукции возделываемых культур как органических удобрений, их влияния на свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур; 3) опыты по изучению доз извести как антидепрессирующей добавки при поверх-

ностном компостировании побочной продукции расположены на склонах северной и южной экспозиции, соединенными общим водораздельным плато; 4) опыты по изучению сравнительной эффективности по внесению побочной продукции с кальций- и фосфорсодержащими антидепрессивными добавками; 5) полевой опыт по изучению различных доз минеральных удобрений и известки под сельскохозяйственные культуры при поверхностном компостировании побочной продукции, где используются высокие – ($N_{340}P_{420}K_{420}$) и повышенные – ($N_{510}P_{630}K_{630}$, за севооборот) дозы минеральных удобрений.

Результаты и обсуждение. Поверхностное компостирование побочной продукции на черноземе типичном в Курской области под различные культуры имело преимущество перед непосредственной заделкой растительных остатков сразу после уборки. Урожай корнеплодов сахарной свеклы повышался на – 17,4–21,0 %, зеленой массы кукурузы на – 5,1–8,0 %, озимой пшеницы на – 6,0–10,4 %, гречихи на – 6,2–8,2 % и ячменя на – 7,1–8,2 % в зависимости от компонента (добавки для разложения растительных остатков) поверхностного компостирования по сравнению с непосредственной заделкой их.

Агрономическая эффективность использования побочной продукции как органического удобрения равноценна внесению навоза в эквивалентных по сухому органическому веществу дозах и в зерновых, и в зернопропашных севооборотах, но по энергетической эффективности имеет преимущество перед навозом и является энергосберегающим приемом, так как энергоемкость производства продукции с внесением растительных остатков была в 1,3–2,0 и более раза ниже.

В ходе исследований было выявлено, доза известки как антидепрессивной добавки при поверхностном компостировании побочной продукции сельскохозяйственных культур зависит от местоположения в рельефе. С агрономических и энергетических позиций наиболее эффективной является одинарная доза известки – на склонах 100 кг на 1 т соломы и 20 кг на 1 т ботвы сахарной свеклы, а на водоразделе – 50 и 10 кг соответственно.

Результаты исследований по внесению побочной продукции как органического удобрения с кальций- и фосфорсодержащими соединениями (простой и двойной суперфосфат, гипс, фосфогипс) показали, что лучше всего ограничиться более низкими дозами антидепрессивных добавок, что снизит себестоимость продукции и повысит энергетическую эффективность ее производства.

Все антидепрессивные добавки-компоненты поверхностного компостирования растительных остатков на поле: минеральные – азот удобрений (аммиачная селитра) – 7–10 кг на 1 т соломы и 2 кг на 1 т ботвы,

известь (известняковая или доломитовая мука) – 50–100 и 10–20 кг на 1 т, простой суперфосфат – 33–66 и 7–14 кг на 1 т, двойной суперфосфат и гипс – 25–33 и 5–7 кг на 1 т имеют практически одинаковую (равную) эффективность, поэтому они взаимозаменяемы.

Установлено, что внесение побочной продукции с минеральными удобрениями снимало отрицательное влияние повышенных и высоких доз минеральных удобрений на свойства почвы. Более эффективным оказалось комплексное использование побочной продукции с низкой дозой извести (50/10 кг на 1 т соответственно соломе и ботве) и внесением минеральных удобрений в средних дозах: под сахарную свеклу (NPK)₉₀, под ячмень для пивоваренных целей – (NPK)₄₀, а для фуражных – (NPK)₈₀, под горох – (PK)₄₀ и под озимую пшеницу – (NPK)₈₀.

Такое сочетание побочной продукции, минеральных удобрений и извести обеспечивает не только расширенное воспроизводство плодородия почвы, но и повышение урожайности возделываемых культур и улучшение качества продукции при одновременном снижении себестоимости и энергоёмкости продукции.

Заключение. Таким образом, по своему влиянию на почвенные показатели и продуктивность культур внесение побочной продукции на удобрение вполне может конкурировать с другими видами органического вещества (например, навоза), а по экономии затрат значительно превосходить их при соблюдении технологии поверхностного компостирования побочной продукции, и в частности, при правильном выборе антидепрессивных добавок.

Список литературы

1. Мерзлая Г.Е. Гумус и органические удобрения как основа плодородия / Г.Е. Мерзлая, Л.К. Шевцова // Плодородие. – 2006. – № 5. – С. 27–29.
2. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения в трех томах. Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – М. : Колос, 1965. – Т. 1 – С. 519.
3. Ресурсы органических удобрений в сельском хозяйстве России (информационно-аналитический справочник) / под ред. А.И. Еськова. – Владимир : ГНУ ВНИПТИОУ Россельхозакадемии, 2006. – 200 с.
4. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. – Владимир : ВНИПТИОУ, 2001. – 495 с.
5. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах Лесостепи ЦЧЗ. – Курск, 2005. – 20 с.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА УГРОЖАЕТ ЗДОРОВЬЮ ПОЧВ

Шарипова Разида Бариевна

*кандидат географических наук,
ФГБНУ «Ульяновский НИИСХ»*

Аннотация. В статье анализируется влияние изменения климата на здоровье почв Ульяновской области: повышение температуры воздуха и прирост атмосферных осадков приводит к повышению кислотности почв.

Ключевые слова: изменение климата, температура, осадки, гидротермический коэффициент, кислотность почв.

CLIMATE CHANGE THREATENS HEALTH OF SOILS

Sharipova R. B.

*candidate of geographical sciences,
I BEND the Ulyanovsk NIISH*

Abstract. In article influence of climate change on health of soils of the Ulyanovsk region is analyzed: temperature increase of air and a gain of an atmospheric precipitation leads to increase in acidity of soils.

Keywords: climate change, temperature, rainfall, hydrothermal coefficient, acidity of soils,

Подкисление как важная экологическая проблема впервые привлекла серьезное внимание в конце 70-х годов. Тем не менее, ее последствия начали проявляться задолго до этого, и теперь мы знаем, что выбросы окисляющих веществ наносят серьезный ущерб окружающей среде и особенно сельскому хозяйству [1].

Причиной повышения кислотности почв является так же климат и его интенсивное изменение, особенно в последние десятилетия. При преобладании осадков над их испарением и недостаточном количестве тепла процесс почвообразования протекает в условиях избыточного увлажнения.

По данным исследований за 1961–2010 гг., в регионе многолетние среднемесячные температуры приобрели устойчивую тенденцию к повышению: 1,8°C/50 лет, осадки устойчиво повысились в июне, январе, феврале, марте, мае, июне, сентябре, октябре и декабре [2, 3, 4, 5].

Максимальный прирост осадков в июне (9,9 мм) имеет особое значение, поскольку переувлажнение почв приводит к повышению кислотности почв. А при повышенной кислотности почвы нарушается поступление элементов питания в растения, снижается интенсивность микробиологи-

ческих процессов, повышается подвижность и доступность для растений металлов–токсикантов, ухудшается качество сельскохозяйственной продукции, происходит падение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Установлено, что на кислотных почвах минеральные удобрения дают отрицательный эффект и на 20–40% снижается их эффективность [6].

Наукой и передовой практикой так же доказано, что кислые почвы являются одним из главных лимитирующих факторов получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Ежегодные потери, обусловленные влиянием неблагоприятной кислотности почв, оцениваются по стране в пересчете на зерно в 10–12 млн. тонн, а по области эти потери, расцениваются примерно в 330 тыс. тонн [7].

По данным исследований А.Е. Черкасова [8], в Ульяновской области площадь всех кислых пахотных почв в среднем за 1965–2010 гг. составила 684,5 тыс.га или 43,5% обследованной площади.

По результатам I цикла агрохимического обследования площади кислых почв ($\text{pH} < 5,6$) составили 597,7 тыс. га, или 32,8% от обследованной площади пашни, близких к нейтральным 502,9 и нейтральных 722,8 тыс. га. Дальнейший анализ значений коэффициентов наклона линейного тренда показывает, что площади кислых почв в исследуемый период (1965–2010 гг.) возрастают со скоростью 14,9 тыс. га за каждый цикл (табл. 1).

Площади нейтральных и близких к нейтральным значениям почв, наоборот, уменьшаются со скоростью 46,1 и 30,8 тыс. га соответственно.

Сравнение изменения кислотности почв с агрометеорологическими ресурсами показывает, что наиболее тесная связь наблюдается между кислотностью почв и годовой суммой осадков – 0,76, далее большую роль в подкислении почв играют осадки теплого периода – 0,67 и гидротермический коэффициент Селянинова ГТК – 0,62. Что касается параметров средней годовой температуры воздуха, то она незначительна – 0,03, а температура воздуха осредненный за апрель – октябрь, показывает обратную зависимость, т.е. повышение температуры способствует понижению площади кислых почв.

Средняя годовая температура воздуха из цикла в цикл повышается со скоростью 0,23°C, температура теплого периода на 0,15°C. Увеличение годовой суммы осадков составила 6,4 мм и осадки теплого периода 1,7 мм.

Таким образом: изменение климата региона, особенно увеличение количества годовой суммы осадков способствует повышению кислотности почв Ульяновской области.

Таблица 1

**Динамика кислотности почв и метеорологических значений
по циклам обследования**

Циклы и годы исследо- ваний	Площадь, тыс. гектар		Степень кислотности			Температура воздуха, °С		Осадки, мм		ГТК
	тыс.	процент	Кислых почв	Близкие к нейтральным тыс. га	Нейтральные	средняя годовая	апрель- октябрь	годовая сумма	апрель- октябрь	
I 1965–1969	1823,4	597,7	502,9	722,8	3,6	12,8	437	290	0,88	
	100%	32,8	27,6	39,6	80,0	97,7	89,9	97,3	95,6	
II 1970–1977	1809,7	623,3	338,1	848,3	4,3	13,0	448	310	0,84	
	100%	34,5	18,7	46,9	95,5	99,2	92,2	93,4	95,5	
III 1978–1985	1786,0	629,8	341,8	814,4	4,3	12,7	497	351	0,87	
	100%	35,3	19,1	45,6	95,5	96,9	102,3	105,7	98,9	
IV 1985–1990	1743,4	823,5	291,4	628,5	4,2	12,9	547	389	1,05	
	100%	47,2	16,7	36,1	93,3	98,4	112,5	117,1	119,3	
V 1990–1994	1704,4	786,8	276,9	640,7	4,6	12,7	536	387	1,09	
	100%	46,2	16,3	37,6	102,2	96,9	110,2	116,5	123,8	
VI 1994–1999	1649,4	784,2	258,6	606,6	4,6	13,4	511	333	0,90	
	100%	47,6	15,7	36,8	102,2	102,2	105,1	100,3	97,8	
VII 1999–2005	1497,9	715,3	253,2	529,4	5,3	13,2	533	362	1,03	
	100%	47,8	16,9	35,4	117,7	100,7	109,6	109,0	117,0	
VIII 2006–2010	1365,6	650,6	230,6	484,3	5,5	14,2	449,8	281	0,68	
	100%	47,6	16,8	35,4	119,5	108,3	90,9	83,1	73,9	
Среднее за 1965–2010 гг.	1672,5	701,4	311,7	659,4	4,6	13,1	494,8	337,9	0,92	
	100%	41,9	18,7	39,4	100	100	100	100	100	
K-г корреляции между площадью кислых почв и метеорологическими факторами										
					0,03			0,76	-0,35	0,62

Список литературы

1. Айдаров И.П. Экологические принципы в формировании окружающей среды / И.П. Айдаров, А.И. Корольков, В.Х. Хачатурьян. – Wrocław, 1997. – 183 с.
2. Немцев С.Н. Тенденции изменений климата и их влияние на продуктивность зерновых культур в Ульяновской области / С.Н. Немцев, Р.Б. Шарипова // Земледелие. – 2012. – № 2. – С. 3–5.
3. Переведенцев Ю.П. Изменение основных климатических показателей на территории Ульяновской области / Ю.П. Переведенцев, Р.Б. Шарипова // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 1. – С. 136–144.
4. Переведенцев Ю.П. Агроклиматические ресурсы Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Ю.П. Переведенцев, Р.Б. Шарипова, Н.А. Важнова // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. – 2012. – Вып. 2. – С. 120–126.
5. Шарипова Р.Б. Уязвимость и адаптация сельского хозяйства Ульяновской области к изменяющемуся климату / Р.Б. Шарипова // Вестник государственной с.-х. академии. – 2012. – № 3 (119). – С. 52–58.
6. Нуриев С.Ш. Состояние плодородия почв Республики Татарстан и проблемы повышения их плодородия / С.Ш. Нуриев, А.А. Лекманов, К.М. Хустнутдинов, И.Н. Салимзянова. – Казань, 2009. – 159 с.
7. Алиев Ш.А. Использование местных мелиорантов для химической мелирации кислых почв Ульяновской области / Ш.А. Алиев, Б.К. Саматов // Роль почвы в формировании ландшафтов. – Казань, 2003. – С. 244–247.
8. Черкасов Е.А. Динамика кислотности почв Ульяновской области / Е.А. Черкасов // Вестник Ульяновской государственной с.-х. академии. – 2011. – № 3(15). – С. 31–35.

УДК 504.064.36

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ НАК «АЗОТ», Г. НОВОМОСКОВСК)

Кудреватых Ирина Юрьевна

кандидат биологических наук,

*ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения Российской академии наук, г. Пуцзино*

E-mail: averkieva25@rambler.ru

Аннотация. На различном удалении от предприятия (10, 15, 20 м, всего 10) НАК «Азот», г. Новомосковск и фоновых лугах с минимальным антропогенным воздействием (15, 20 км, всего 4) были выбраны ключевые участки, где в августе отбирали верхний гумусовый слой почв (0–20 см). В образцах почвы определяли содержание $N_{\text{мин}}$, $N-NH_4$, $N-NO_3$, $C_{\text{орг}}$, $N_{\text{общ}}$, P, Al, Ca, pH и гранулометрический состав. В результате исследования показано, что почвы (чернозем выщелоченный) промышленного района имеют более высокое по сравнению с фоном содержание $N_{\text{мин}}$, $N-NO_3$, Ca и Al, но низкое соотношение $N_{\text{общ}}/P$.

Ключевые слова: минеральный азот, почва, луг, чернозем, подкисление.

**CHANGE GEOCHEMICAL PROPERTIES CHERNOZEM
THE FEEDBACK PLANT FERTILIZER
(ON THE EXAMPLE OF «AZOT», NOVOMOSKOVSK)**

Kudrevatykh I. Yu.

candidate of biological science,

*Research scientist of Institute of Physical-Chemical and Biological Problems
in Soil Science Russian Academy of Sciences, Pushchino*

E-mail: averkieva25@rambler.ru

Abstract. At different distances from the plant (10, 15, 20 m, total 10) «Azot», Novomoskovsk city and in background with minimal anthropogenic disturbance (15, 20 km, total 4) areas of meadows were selected, where in August a top soil layer (0–20 cm) was taken. In the soil samples content N_{\min} , $N-NH_4$, $N-NO_3$, C_{tot} , N_{tot} , P, Al, Ca, as well as pH and gran size composition were determined. The study shows that the soil (Voronich Chernozem Pachic) of industrial area has a higher than the background content of N_{\min} , $N-NO_3$, Ca and Al, but a less ratio N_{tot}/P .

Keywords: mineral nitrogen, soil, meadow, Voronich Chernozem, acidification

Выполненные в последние годы многочисленные исследования процессов химической деградации почв, как правило, ограничиваются изучением воздействия на нее сильных интоксикантов: тяжелых металлов, нефтепродуктов, сложных хлористых соединений и т. п. [1, 3]. Однако исследований питательных элементов, определяющих плодородие почв, но при антропогенной деформации их геохимического цикла, выступающих поллютантами (например, как азот), в отечественной науке практически не проводится.

Известно, что техногенные соединения азота относительно быстро выводятся из воздушной миграции путем сухого и влажного осаждения, преимущественно в форме нитратов, которые активно включаются в биотический круговорот элементов и существенно трансформируют многие его процессы. Воздействие этого поллютанта на почву определяется, прежде всего, ее подкислением и избытком минерального азота [5], которое способствует усилению первичной продукции растений [4] и, как следствие, лимитированность других элементов питания [7].

В г. Новомосковске (Тульская область) одним из крупных загрязнителей атмосферы является завод по производству минеральных удобрений ОАО «НАК «Азот». Так в 2013 г. атмосферная эмиссия от этого предприятия нитрат-аниона составила 1803.7 тыс. т. год⁻¹, а нитрит-аниона – 14.1 тыс. т. год⁻¹, а аммония – 150 тонн год⁻¹ [2]. В этой связи, наше исследование было нацелено на оценку воздействия завода ОАО «НАК «Азот» на геохимические свойства черноземов.

Объекты и методы. Для оценки влияния завода по производству азотных удобрений на геохимические свойства почв нами были выбраны репрезентативные ключевые участки на различном удалении от предприятия (10, 15, 20 м, всего 10) НАК «Азот» и фоновые луга с минимальным антропогенным воздействием (15, 20 км, всего 4). Почву отбирали из верхнего гумусового горизонта (0–20 см), который характеризуется максимальной насыщенностью корневых систем растений в период после вегетации (сентябрь–октябрь), а так же насыщен микробными сообществами. В полученных образцах почв определяли содержание минерального азота ($N_{\text{мин}}$), включающее его аммонийную ($N\text{-NH}_4$) и нитратную ($N\text{-NO}_3$) формы с использованием фенолят-гипохлоритной реакции (ГОСТ № 29313-92); общего углерода ($C_{\text{орг}}$) и азота ($N_{\text{общ}}$) – методом сухого сжигания в токе кислорода на элементном анализаторе Elementar Vario EL III.; P, Al, Ca – рентген – флуоресцентным методом на приборе Спектроскан Макс GV; pH и гранулометрический состав по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85 и 24104-80, соответственно). Для всех изученных параметров рассчитывали коэффициент вариации ($CV = \text{mean}/\text{sd} \cdot 100\%$). Статистическая оценка взаимосвязи между почвенными геохимическими параметрами (NH_4^+ , NO_3^- , $N_{\text{общ}}$, $C_{\text{общ}}$, P, Al, Ca) около завода и фоновых лугов оценена корреляционным анализом (коэффициент Спирмена).

Результаты и их обсуждение. Чернозем выщелоченный (0–20 см) изученных локализаций характеризуется суглинистым гранулометрическим составом (от легкого до среднего) и кислым значением pH (5.8–6.4). Содержание $C_{\text{общ}}$ и $N_{\text{общ}}$ в изученных почвах промышленного района и фоновых лугов не показало значимых различий и составило в среднем 3.7 % и 0.35 % соответственно. Соотношение C/N в почвах около завода было в интервале от 11 до 13, а в фоновых лугах составило 11–12 (CV 4 и 2%, соответственно), что свидетельствует об отсутствии процессов долгосрочной иммобилизации азота в изученных почвах [7].

Содержание $N_{\text{мин}}$ и $N\text{-NO}_3^-$ в почве промышленного района составило в среднем 46.3 и 41.8 мг N кг^{-1} соответственно, что было в 3.2 и 4 раза выше по сравнению с фоновыми лугами. Содержание же $N\text{-NH}_4^+$ изученных почв не показало таких сильных вариаций (CV 23 %) и составило в среднем 3.4 мг N кг^{-1} в промышленной зоне и 4.5 мг N кг^{-1} в фоне. Показано, что пул минерального азота определяется $N\text{-NO}_3^-$ с коэффициентом корреляции 0.98, что, несомненно, является результатом выбросов от промышленного предприятия.

Содержание фосфора в почве промышленного района было в среднем в 1.2 раза выше (694 мг кг^{-1} P- P_2O_5) по сравнению с фоновыми лугами (391 мг кг^{-1} P- P_2O_5). Соотношение $N_{\text{общ}}/P$, которое характеризует

обеспеченность почв фосфором для питания растений, около завода в среднем 8, что было в 1.5 раза ниже, чем таковое в фоновых лугах (21). На наш взгляд, снижение соотношения $N_{\text{общ}}/P$ в районе завода объясняется сильным поглощением фосфора растительностью, обусловленное высоким содержанием в почве нитратов [4].

Содержание Ca в изученных черноземах составило 0.94–2.1 и 0.63–1.1 % для промышленного района и фона соответственно. Содержание Al в почве промышленной зоны составило в среднем 2.9%, что в 2.5 раза выше по сравнению с фоном (1.2 %). Значимая положительная взаимосвязь выявлена между содержанием в почве $N-NO_3^-$ и Ca ($r = 0.78$), а так же Al ($r = 0.75$). Содержание $N_{\text{мин}}$ в изученных почвах так же значимо положительно коррелировал с Ca и Al ($r = 0.70$ и 0.81 соответственно). Полученные данные подтверждают, что подкисление почв (в нашем случае нитратами) определяет увеличение химического выветривания почвенных минералов и приводит к выщелачиванию основных катионов [6]. Наличие химически активного Al в почве явно связано с ее pH, которое происходит за счет повышения в почве промышленного района $N-NO_3^-$. Это согласуется с известными экспериментами по растворимости алюминия, которые показали его сильное вымывание из почвенных минералов при реакции с нитратами [5].

Таким образом, выявлено, что почвы (чернозем выщелоченный) промышленного района ОАО «НАК «Азот»» г. Новомосковск, Тульская область имеют более высокое по сравнению с фоном содержание $N_{\text{мин}}$, $N-NO_3^-$, Ca и Al, но низкое соотношение $N_{\text{общ}}/P$, это характеризует процесс их подкисления и более низкую обеспеченность растений фосфором, что необходимо учитывать при планировании сельскохозяйственных мероприятий в регионе.

Список литературы

1. Воеводина Т.С. Влияние нефти на химические свойства чернозема обыкновенного Южного Предуралья / Т.С. Воеводина, А.М. Русанов, А.В. Васильченко // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – 2015. – № 10. – С. 185–189.
2. Доклад об экологической ситуации в Тульской области за 2012 // Министерство природных ресурсов и экологии Тульской области. – 2013.
3. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства горных черноземов юга России / С.И. Колесников, М.В. Ярославцев, Н.А. Спивакова, К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова, Е.В. Даденко // Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 2. – С. 103–109.
4. Jones M.L.M. Changes in vegetation and soil characteristics in coastal sand dunes along a gradient of atmospheric nitrogen deposition / M.L.M. Jones, H.L. Wallace, D. Norris // Plant Biology. – 2004. – V.6. – P. 598–605.
5. MacDonald J.A. Nitrogen input together with ecosystem nitrogen enrichment predict nitrate leaching from European forests / J.A. MacDonald, N.B. Dise, E. Matzner, M. Armbruster, P. Gundersen, M. Forsius // Global Change Biology. – 2002. – Vol. 8. – P. 1028–1033.

6. Pierson-Wickmann A.C. High chemical weathering rates in first-order granitic catchments induced by agricultural stress / A.C. Pierson-Wickmann, L. Aquilina, C. Martin, L. Ruiz, J. Molernat // *Chemical Geology*. – 2009. – Vol. 265. – P. 369–380.

7. Sutton M.A. The European Nitrogen Assessment / M.A. Sutton, C. Howard, J.W. Erisman, G. Billen, A. Bleeker, P. Grenfelt, H. van Grinsven, B. Grizzetti. – Cambridge : Camb. – Univ. Press, 2011. – 612 p.

УДК 631.48 (470)

АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ КРЫМА

Крайнюк Михаил Степанович

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
г. Симферополь
E-mail: dekanms@mail.ru*

Крайнюк Светлана Васильевна

*старший преподаватель,
Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского,
г. Симферополь
E-mail: zaochnoe_katu@mail.ru*

Аннотация. Рассматривается влияние длительного использования черноземов Крыма на содержание гумуса и их структурное состояние.

Ключевые слова: черноземы, гумус, структурно-агрегатный состав, дегумификация.

HUMAN EVOLUTION PROCESSES OF THE CRIMEAN CHERNOZEMS

Kraynyuk M. S.

*candidate of agricultural sciences, associate professor,
V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
E-mail: dekanms@mail.ru*

Kraynyuk S. V.

*senior lecturer,
V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol
E-mail: zaochnoe_katu@mail.ru*

Abstract. The effect of long-term use of Crimean chernozems on the humus content and its structural state is considered.

Key words: chernozems, humus, structural-aggregate composition, dehumidification.

Черноземы Крыма, формируясь в условиях степи южной, предгорной степи и лесостепи, занимают свыше 950 тыс. га. На их долю в составе пашни приходится 69 %. В результате длительного сельскохозяйственного использования черноземных почв произошли значительные изменения в их плодородии. В черноземах степи южной части Крыма на целине содержание гумуса составляет 4,4–4,9 %. Распашка степных земель в Крыму привела в первые годы к резкому снижению его содержания. В дальнейшем темпы минерализации в условиях экстенсивного земледелия несколько снизились. К 1960 г. содержание гумуса в пахотном слое черноземов южных все еще колебалось в пределах 3,2–3,8%, а к 1990 г. снизилось до 2,9–3,4 %. Однако, в условиях высокой культуры земледелия в отдельных сельскохозяйственных предприятиях содержание гумуса не опускалось ниже 3,4–3,9 %. В последующие годы процессы дегумификации продолжались и к 2015 г. в черноземах, которые в 90-е годы XX в. вследствие невнесения или недостаточного внесения органических удобрений, по нашим данным, количество гумуса снизилось до 2,4–2,9 %, а местами 1,8–2,0 %. Таким образом, черноземные почвы, длительно используемые без пополнения запасов органического вещества и при некомпенсируемом потреблении растениями агроценозов элементов питания, эволюционируют в малопродуктивные выпаханые варианты. Проведенные нами исследования группового состава гумуса показали, что при длительном сельскохозяйственном использовании черноземов наблюдалось уменьшение фракций гуминовых кислот.

Мощным фактором, влияющим на строение, состав и свойства почвы, являлось длительное (50 лет) орошение. На орошаемых землях, без возделывания в севооборотах многолетних трав, содержание гумуса уменьшалось. В севооборотах, с насыщением многолетними травами до 40% создавался положительный баланс гумуса. Выявлена тенденция усиления фульватизации гумуса в пахотном горизонте и увеличения содержания гуминовых кислот с глубиной по профилю.

Черноземы южные Крыма в естественной обстановке обладают оптимальным структурно-агрегатным составом. Однако в длительно распаханых черноземах структурное состояние, по нашим данным, ухудшилось, особенно под монокультурой кукурузы (12 лет). Структурное состояние черноземов южных на целине весьма оптимальное. При длительном распахивании снижается количество агрономически ценных агрегатов (10–0,25 мм) и особенно ухудшаются показатели по водопрочности агрегатов фракций более 1 мм. При этом различные способы обработки почвы, в том числе mini-till, систематически применяемые в течение 25 лет, существенно не сказались на изменении структурно-агрегатного состава. Длительное применение минеральных удобрений в течение 45 лет не оказало положительного влияния на структуру почвы. В бывших орошаемых

севооборотах на черноземах южных четко выявлено улучшение структурно-агрегатного состава под влиянием люцерны. Бессменные посевы кукурузы на зерно (24 года) оказывали негативное влияние на структуру и водопрочность почвенных агрегатов. Под монокультурой люцерны (9 лет) структурное состояние черноземов южных приближается к целинным аналогам. Влияние длительного орошения черноземов южных сказалось на увеличении количества глыбистых агрегатов в слое 10–30 см свыше 50%, при этом, не претерпев изменений по количеству водопрочных агрегатов.

Таким образом, в последние десятилетия XX в. и в начале XXI в., в виду нарушения структуры земельных угодий, севооборотов, структуры посевных площадей, резкого уменьшения масштабов применения органических и минеральных удобрений, сокращения площади многолетних трав, активизировались деструктивные процессы, такие как дегумификация, водная эрозия, дефляция, переуплотнение и др., что несомненно, негативно сказалось на биопродуктивности черноземов южных, составляющих основу пахотного фонда Республики Крым.

УДК 631.45:631.153.3:651.95

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИЕМА БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Дедов Анатолий Владимирович

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I, г. Воронеж
E-mail: marina-nesmeyanova2012@yandex.ru*

Несмеянова Марина Анатольевна

*кандидат сельскохозяйственных наук,
Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I, г. Воронеж
E-mail: marina-nesmeyanova2012@yandex.ru*

Коротких Елена Владимировна

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I, г. Воронеж
E-mail: marina-nesmeyanova2012@yandex.ru*

Аннотация. В статье приведены данные изменений содержания гумуса в черноземе типичном при использовании приемов биологизации на фоне различных

способов основной обработки почвы в севооборотах с бинарными посевами. Выявлено, что только зернотравянопропашной севооборот с бинарными посевами культур достоверно повышал содержание гумуса на фоне вспашки на 20–22 см на 0,3% и на 0,4% при безотвальном рыхлении. Независимо от способа основной обработки почвы отмечалось его равномерное распределение по всему пахотному слою.

Ключевые слова: плодородие, многолетние бобовые травы, гумус, севооборот.

THE HUMUS CONTENT IN TYPICAL CHERNOZEM DEPENDING ON METHODS OF BIOLOGICAL FUNCTION AND BASIC SOIL CULTIVATION

Dedov A. V.

*doctor of agricultural sciences, professor,
Voronezh State Agricultural Emperor behalf of the University of Peter I, Voronezh
E-mail: marina-nesmeyanova2012@yandex.ru*

Nesmeyanova M. A.

*candidate of agricultural sciences,
Voronezh SAU named after Peter I, Voronezh
E-mail: marina-nesmeyanova2012@yandex.ru*

Korotkich E. V.

*candidate of agricultural sciences,
Voronezh SAU named after Peter I, Voronezh
E-mail: marina-nesmeyanova2012@yandex.ru*

Abstract. In article data changes in the content of humus in typical black soil when using biologization methods on the background of various methods of primary tillage in crop rotations with binary crops. It is revealed that only sertralineprograms rotation with binary cultures significantly increased the content of humus against the background of plowing on 20–22 cm by 0.3% and 0.4% at subsurface tillage. Regardless of the method of primary tillage was noted for its uniform distribution throughout the arable layer.

Key words: fertility, perennial legume grasses, humus, crop rotation.

Введение. В настоящее время на фоне усиления деградационных процессов и дефицита финансовых средств высокую актуальность приобретает поиск альтернативных источников пополнения почвы органическим веществом. В данном качестве могут выступать бинарные посевы культур с многолетними бобовыми травами, использование на удобрение соломы зерновых культур, сидерации в пару и пожнивно, а так же их сочетания с другими факторами интенсификации.

Цель исследования – установить степень и характер изменения содержания гумуса при использовании различных приемов биологизации и способов основной обработки почвы в севооборотах с бинарными посевами.

Условия проведения исследований. Исследования проведены в 2013–2016 годах в многофакторном стационарном опыте, заложенном в КФХ «ИП Палихов А.А.» Хохольского района Воронежской области. Поля стационарного опыта расположены на ровном участке с уклоном до 1°. Почва опытного участка – чернозём типичный, среднемощный, глинистый с содержанием гумуса в пахотном слое почвы 5,5–5,6%. Сумма обменных оснований – 34,1, содержание подвижного фосфора (по Чирикову) – 113, обменного калия (по Чирикову) – 184, гидролизуемого азота – 62,9 мг/кг почвы (3). Схема опыта представлена тремя видами севооборотов:

– зернопаропропашной: чистый пар – озимая пшеница – ячмень – S подсолнечник + S кукуруза;

– сидеральный: сидеральный пар (донник 2-го года жизни) – озимая пшеница – ячмень + пожнивной посев (горчица сарептская) – бинарный S подсолнечник + S кукуруза с донником 1-го года жизни;

– зернотравянопропашной: занятый пар (люцерна 2-го года жизни) – бинарный посев озимой пшеницы с люцерной 3-го года жизни – ячмень + горчица сарептская (пожнивно) – бинарный посев S подсолнечник + S кукуруза с люцерной 1-го года жизни.

При закладке опыта использовали общепринятую методику полевого опыта. Размещение культур звена севооборота систематическое, повторность – трехкратная. Севообороты представлены всеми полями в пространстве. Размер делянки: 37,8 × 17,4 м, общая площадь делянки – 658 м², учётной – 525 м². Годы исследований были различными по гидро-термическим условиям. 2014 и 2015 годы (ГТК соответственно 0,7 и 0,8) были засушливыми, а 2016 год избыточно влажный (ГТК – 1,77).

Результаты. Снижение плодородия почв в результате их сельскохозяйственного использования особенно сильно проявляется на черноземах, где большой удельный вес в структуре посевных площадей занимает чистый пар и пропашные культуры [1–5].

Исследования показали, что за годы ротации в севооборотах отмечали достоверное увеличение и уменьшение содержания гумуса по слоям почвы и вариантам опыта (табл. 1) по сравнению с исходным его содержанием.

В зернопаропропашном севообороте за годы второй ротации из пахотного слоя было достоверно потеряно на фоне вспашки на 20–22 см 0,3% гумуса, а при безотвальном рыхлении на эту же глубину – 0,2%.

Таблица 1

**Содержание общего гумуса (%) в слое почвы 0–30 см севооборотов
при использовании приемов биологизации
и способов основной обработки почвы**

Вариант севооборота	Содержание гумуса, %			
	2010 г. (исходное)	2013 г.	2016 г.	В % от исходного
Зернопаропропашной	5,5	5,4	5,2	91
	5,6	5,5	5,4	96
Сидеральный	5,6	5,6	5,7	102
	5,6	5,7	5,8	104
Зернотравянопропашной	5,5	5,6	5,8	106
	5,5	5,7	5,9	107
НСР ₀₅	0,06	0,14	0,13	

Примечание: здесь и далее – над чертой – вспашка на 20–22 см; под чертой – безотвальное рыхление на 20–22 см

Замена чистого пара на сидеральный донниковый пар и введение в севооборот пожнивного сидерата после уборки ячменя, бинарного посева подсолнечника с донником желтым 1-го года жизни в пахотный слой почвы увеличивало поступление растительных остатков. Поэтому баланс гумуса в сидеральном звене севооборота был бездефицитным на фоне отвальной и безотвальной обработок почвы.

Вывод. Замена сидерального пара на занятой люцерной 2-го года жизни, введение в севооборот бинарных посевов подсолнечника с люцерной 1-го года жизни и озимой пшеницы с люцерной 3-го года жизни увеличивало поступление в пахотный слой чернозема типичного свежего органического вещества. Разложение этой органики достоверно повышало содержание гумуса на фоне вспашки на 0,3% гумуса и на 0,4% при безотвальном рыхлении. Независимо от способа основной обработки почвы отмечалось его равномерное распределение по всему пахотному слою.

Список литературы

1. Дедов А.А. Динамика разложения растительных остатков в черноземе типичном и продуктивность культур севооборота / А.А. Дедов, А.В. Дедов, М.А. Несмеянова // Агрохимия. – 2016. – № 6. – С. 3–8.
2. Каталог проектов агроландшафтов в земледелии (сохранение плодородия, территориальная организация систем земледелия, устойчивость к изменению климата) / М.И. Лопырев, В.Д. Постолов, А.В. Дедов и др.; под ред. М.И. Лопырева. – Воронеж : Издательско-полиграфическая фирма «Полиарт», 2010. – 164 с.
3. Несмеянова М.А. Плодородие чернозема типичного и урожайность подсолнечника при различных приемах биологизации и обработки почвы в лесостепи ЦЧР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.А. Несмеянова. – Воронеж, 2014. – 23 с.

4. О негидролизуемом остатке гумуса черноземов / А.В. Дедов, В.В. Верзилин, Н.И. Придворев, Н.Н. Королев // Почвоведение. – 2006. – № 4. – С. 450–457.

5. Система удобрений, продуктивность культур и плодородие чернозема выщелоченного / А.В. Дедов, Н.И. Придворев, В.В. Верзилин, Л.П. Кузнецова // Агрохимия. – 2004. – № 5. – С. 36–46.

УДК 631.18: 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ РИСОВОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ АГРОГЕНЕЗА

Гуторова Оксана Александровна

кандидат биологических наук,

Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар

E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Шеуджен Асхад Хазретович

академик РАН, профессор,

Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар

Аннотация. В статье рассматривается изменение морфологических и окислительно-восстановительных свойств рисовой лугово-черноземной почвы за 12-летний период. Ежегодное выращивание риса в течение 79 лет привело к ухудшению почвенной структуры, увеличению объемного веса почвы, повышению содержания недоокисленного железа и выносу водорастворимого гумуса за пределы пахотного слоя. В условиях рисового севооборота сильных изменений не происходит. На участке залежи, расположенного на рисовой системе и не используемого в рисовом севообороте, произошло усиление гидроморфных признаков.

Ключевые слова: бессменное возделывание риса, рисовый севооборот, залежь, морфология почвы, окислительно-восстановительные свойства.

CHANGING THE PROPERTIES RICE MEADOW CHERNOZEM SOILS IN THE CONDITIONS AGROGENEZA

Gutorova O. A.

candidate of agricultural sciences,

All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar

E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Sheudzhen A. K.

academician of the russian academy of sciences, professor;

All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar

Abstract. The article discusses the morphological change and redox properties of rice meadow chernozem soil over a 12-year period. Annual rice production for 79 years has led to the deterioration of the soil structure, increase the volumetric weight of the soil,

improving the content of oxidized iron and removal of water-soluble humus beyond the plow layer. In the context of the rice crop rotation strong changes occur. On the deposit section, located on the rice system and not used in a rice crop rotation, there was increase in hydro orphic signs.

Keywords: permanent cultivation of rice, rice crop rotation, fallow, soil morphology, redox properties.

Освоение почв под возделывание риса влечёт за собой необратимые изменения их свойств вне зависимости от исходного генезиса. Для них характерно антропогенная преобразованность почвенного профиля. Вследствие искусственного создания рельефа путем перемещения значительных масс почвогрунтов в процессе строительства рисовой системы и нивелировки поверхности, произошли значительные изменения в исходном морфологическом строении большинства почв и делении их на генетические горизонты [2]. Одним из ведущих факторов, влияющих на морфологические признаки и свойства почвы, является длительное ежегодное затопление в течение 4–5 месяцев. Специфические условия водного режима на рисовом поле формируют новый тип антропогенных «рисовых» почв [1]. Использование почв под культуру риса приводит к преобразованию морфологического строения почвенного профиля, формированию иллювиального горизонта вследствие развития элювиально-глеевого процесса и изменению ряда физико-химических их свойств [1, 3, 4].

Цель исследований – изучить изменение морфологических и окислительно-восстановительных свойств рисовой лугово-черноземной почвы за 12-летний период.

Объекты и методы. Исследования проведены на рисовой оросительной системе (РОС) ФГУ ЭСП «Красное» Красноармейского района Краснодарского края. Почва – рисовая лугово-черноземная. Изменение свойств почвы изучали за 12-летний период. На территории РОС в 2004 и 2016 годах на одних и тех же участках были заложены почвенные разрезы:

- бессменный посев риса с 1937 г. (рис по рису в течение 79 лет);
- рисовый севооборот (возделывание риса в севообороте с 1937 г.);
- залежь, расположенная на РОС и не вовлеченная в рисосеяние.

Морфологическое описание почвы проводилось по общепринятой методике [6]. Объёмный вес почвы определяли в образцах с ненарушенным сложением по Качинскому [5]. В образцах почвы определяли содержание двух- и трехвалентного подвижного железа в 0,1 н растворе H_2SO_4 по Казариновой-Окиной в модификации Коптевой и водорастворимого гумуса в водной вытяжке при соотношении почвы к воде 1: 5 по Кубелью-Тиманну [5].

Результаты и обсуждение. По истечению 12-ти лет на участке бессменного посева риса отмечено преобразование морфологических свойств почвы. Об усилении процессов оглеения указывало наличие в почве прожилок ржавчины, охристых стяжений, черных точек оксида марганца и сульфидных пятен. Почвенно-генетические горизонты приобрели слитость и глыбистость. Почва уплотнилась до состояния слитости, особенно подпахотный горизонт (с 1,41 до 1,60 г/см³). При этом пахотный горизонт изначально (2004 г.) характеризовался большой плотностью и сильных изменений не претерпел. В нижних слоях почвы плотность меньше (1,43–1,57 г/см³). В пахотном горизонте ухудшилась почвенная структура с преимуществом образования глыбистых отдельностей. Глубина вскипания от 10 %-ной HCl и выделения карбонатов наблюдались ниже пахотного слоя.

В профиле почвы рисового севооборота также отчетливо проявлялись признаки оглеения, выщелачивания и слитизации. Однако сильных морфологических изменений за исследуемый период не обнаружено.

Признаки гидроморфизма в виде чёрных потёков от сульфидов вдоль живых и отмерших корневищ тростника проявляются в профиле участка залежи, расположенного на РОС. Исследования показали, что по истечению 12-ти лет на участке залежи усилились гидроморфные признаки. Особенно сильно гидроморфизм проявился в горизонтах АВ₁ и АВ₂.

Исследования показали, что бессменное возделывание риса способствовало накоплению общего подвижного железа (FeO+Fe₂O₃). Так, за исследуемый период его содержание в пахотном слое увеличилось в 1,5 раза. В почве рисового севооборота таких количественных изменений не отмечено.

В профиле почвы залежи произошло перераспределение подвижных форм соединений железа. Если в 2004 году наблюдалось небольшое накопление двухвалентного железа в горизонте АВ₂, то по происшествию 12-ти лет зона максимального восстановления переместилась вниз по профилю в горизонты АВ₁, АВ₂ и частично в горизонт В.

Ежегодное бессменное возделывание риса привело к снижению в пахотном горизонте содержания водорастворимого органического вещества. За исследуемый период его вынос из пахотного слоя в более нижние горизонты увеличился в 2 раза. В пахотном слое рисового севооборота не отмечено существенных изменений в содержании водорастворимого гумуса. Однако наметилась тенденция его выноса в подпахотный горизонт.

В профиле залежи наибольшее количество водорастворимого гумуса отмечено в горизонте А_д. Их содержание за 12-летний период возросло в 1,5 раза за счет разложения растительного материала. Если в 2004 г.

отмечалось небольшое перераспределение водорастворимого гумуса по почвенному профилю и его накопление в горизонте АВ₁, то через 12 лет его количество значительно возросло в горизонте АВ₁ и особенно в АВ₂.

Выводы.

1. Ежегодное (бессменное) использование лугово-черноземной почвы под рис привело к преобразованию морфологических и окислительно-восстановительных её свойств. За исследуемый период усилились признаки оглеения, ухудшилась почвенная структура, увеличился объёмный вес почвы, повысилось содержание восстановленного железа, уменьшилось содержание водорастворимого гумуса и увеличился его вынос за пределы пахотного слоя.

2. В условиях рисового севооборота сильных изменений не отмечено.

3. На залежи отмечено усиление гидроморфных признаков, что указывает на сильную заболоченность этого участка. Зона максимального восстановления передвигается вниз по профилю почвы в результате перераспределения водорастворимого гумуса.

Список литературы

1. Бочко Т.Ф. Окислительно-восстановительные процессы в почвах рисовых полей Кубани / Т.Ф. Бочко, К.М. Авакян, А.Х. Шеуджен, Е.М. Харитонов, И.Д. Черниченко, В.П. Суетов. — Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2002. — 52 с.

2. Вальков В.Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В.Ф. Вальков, Ю.А., Штомпель, И.Т. Трубилин, Н.С. Котляров, Г.М. Соляник. — Ростов на Дону : Изд-во СКНЦ ВШ, 1995. — 192 с.

3. Гуторова О.А. Морфогенетические особенности рисовой лугово-черноземной почвы / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен // Российская сельскохозяйственная наука. — 2016. — № 4. — С. 53–56 [O.A. Gutorova and A.Kh. Sheudzhen. Morphogenetic Features of Rice Meadow-Chernozemic Soil // Russian Agricultural Sciences — 2016. — Vol. 42. — № 5. — pp. 353–356. DOI: 10.3103/S1068367416050086].

4. Гуторова О.А. Содержание железа в лугово-черноземной почве рисовых полей в условиях Кубани / О.А. Гуторова, А.Х. Шеуджен // Плодородие. — 2016. — № 3(90). — С. 15–17.

5. Практикум по почвоведению / под ред. И.С. Кауричева. — 3-е изд., перераб. и допол. — М.: Колос, 1980. — 272 с.

6. Розанов Б.Г. Морфология почв / Б.Г. Розанов. — М. : Академический проект, 2004. — 432 с.

ЧЕРНОЗЕМЫ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Горбов Сергей Николаевич

*кандидат сельскохозяйственных наук,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: gorbow@mail.ru*

Безуглова Ольга Степановна

*доктор биологических наук, профессор,
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону
E-mail: lola314@mail.ru*

Аннотация. Изучены антропогенно-преобразованные почвы Ростовской агломерации, сформированные на черноземах миграционно-сегрегационных. Показано, что урбопедогенез определяет три пути трансформации чернозема в условиях Юга России: стагнация профиля под погребавшей толщей горизонтов урбик, с формированием урбостратоземов и урбистратифицированных черноземов; консервация – под твердой непроницаемой поверхностью, образующая экранированные разности городских почв; и интенсификация основных почвообразующих процессов под лесной растительностью, приводящая к образованию высокогумусированных выщелоченных черноземов. **Ключевые слова:** городские почвы, урбопедогенез, урбостратозем, чернозем миграционно-сегрегационный, чернозем урбистратифицированный.

CHERNOZEMS OF THE ROSTOV AGGLOMERATION

Gorbov S. N.

*candidate of agricultural sciences,
Southern Federal University, Rostov-on-don
E-mail: gorbow@mail.ru*

Bezuglova O. S.

*doctor of biological sciences, professor,
Southern Federal University, Rostov-on-don
E-mail: lola314@mail.ru*

Abstract. The anthropogenically transformed soils of the Rostov agglomeration, which formed on calcic chernozems, were investigated. It was shown that urbopedogenesis defines three ways of transformation of chernozems in the South of Russia. The first way is stagnation of soil profile under buried urbic horizons forming Urbostratozem and urbostatified chernozems. The second way is conservation under the solid impenetrable surface forming a shielded type of urban soils. The third way is intensification of the main soil-forming processes under forest vegetation forming strongly leached chernozem with high content of humus.

Keywords: urban soil, urbogenesis, urbostratozem, calcic chernozem, urbostatified chernozems.

Наиболее высокоурбанизированной территорией в черноземной зоне Юга России является Ростовская агломерация [7]. Основой для формирования городских почв здесь послужили, преимущественно черноземы обыкновенные карбонатные (миграционно-сегрегационные [8]) различной мощности и гумусированности, претерпевшие ряд изменений под влиянием урботехнопедогенеза. Необходимо отметить, что под урботехнопедогенезом авторы понимают комплекс почвообразовательных процессов, протекающих в условиях города под влиянием техногенных воздействий [2, 4].

В условиях интенсивной эксплуатации территории промышленных и селитебных районов старой части города наиболее характерный для урботехнопедогенеза процесс трансформации черноземов – это погребение почвенного профиля (практически ненарушенного, но чаще – скальпированного в той или иной степени) под антропогенными субстратами с последующей стагнацией оставшейся части профиля. В таком случае мы имеем дело с урбостратоземом, сформированном на черноземе, диагностическим элементом которого является наличие мощного горизонта «урбик». В коллективной работе [6] указывается, что горизонт «урбик (UR) – синлитогенный диагностический горизонт: постепенно образующийся за счет привнесения различных субстратов на дневную поверхность в условиях городских и сельских поселений».

В Ростовской агломерации нами диагностированы следующие варианты антропогенно-преобразованных почв, являющихся производными от черноземов.

Урбостратоземы (урбаноземы) на погребенных черноземах миграционно-сегрегационных имеют профиль UR–[A–B–Cca], либо в случае полного скальпирования чернозема UR–[Cca (D)], в которых мощность горизонта урбик UR > 40 см. В этом случае почва называется урбостратозем (урбанозем) на лессовидных суглинках. Широко распространены урбостратифицированные подтипы черноземов миграционно-сегрегационных (или урбо-черноземов), имеющие аналогичный профиль UR–[A–B–Cca], в которых мощность горизонта UR не превышает 40 см, а зачастую лежит в пределах 10–25 см. Встречаются варианты, содержащие в составе профиля верхний рекультивационный компостно-гумусовый горизонт (RAT), созданный специально под газонное покрытие и представляющий собой насыпной поверхностный органико-минеральный слой городской почвы, темной окраски (более 4% гумуса), комковатой структуры.

Данные типы почв наиболее характерны для селитебной, и отчасти промышленной зон города. Стагнация, прежде всего, сказывается на таких важных для черноземообразования процессах, как гумусонакопление

и миграция карбонатов, и тот и другой процессы в погребенной части профиля замедляются, содержание этих компонентов меняется мало, за исключением тех случаев, когда перекрывающий материал содержит в повышенных количествах карбонаты кальция.

Еще одним из существенных преобразований почвенного покрова городских ландшафтов является запечатывание почвы посредством ее перекрытия непроницаемыми субстратами, такими как асфальт или бетон. На подобных закрытых территориях почвы либо уничтожаются в ходе строительства, либо поверхностно изолируются с образованием особой группы запечатанных почв – экраноземов или экранированных грунтов [5]. Как следствие, очередной путь эволюции чернозема в условиях городской среды – это его консервация под непроницаемым покрытием. При этом нередко почвенный профиль может сохраняться практически в том состоянии, которое было присуще почве до запечатывания, а содержание основных компонентов остается на уровне, характерном для черноземов в их естественном сложении. Исключение составляет гумус. Его содержание уменьшается, стабилизируясь через некоторое время на достаточно низком уровне [1, 3].

В условиях Ростовской агломерации открытые территории заняты газонами, лесопарками, парками и садами. Одной из основных функций почвенного покрова этих территорий является аккумулятивная, проявляющаяся накоплением специфического органического вещества. Проведенные нами исследования [3] показывают, что в озелененных территориях города наблюдается увеличение содержания гумуса в поверхностном 10-см слое по сравнению с нативными черноземами. За полувековую историю развития лесопаркового пояса содержание гумуса в 7,0 % становится для почв, слагающих эти массивы, среднестатистической величиной с границами типичных значений от 5,9 до 8,5 %.

Как известно, под древесными насаждениями характер поступления растительного опада иной, чем в степи, в результате чего происходит изменение распределения гумуса и почвенной влаги в профиле черноземов. Изменяется и характер водного режима: затенение поверхности почвы кроной деревьев способствует в жаркое время года сохранению влаги, и в целом по году, преобладанию нисходящих токов влаги, над восходящими. Прежде всего, это сказывается на распределении карбонатов, которые подвергаются выщелачиванию, как минимум, в горизонты ВСа_{1с} или ВСа_{2с}, а иногда и в С_{са}. Степень выщелоченности может быть как слабая (высоко карбонатные), так и средняя (средне карбонатные). Чернозем при этом диагностируется как миграционно-сегрегационный высококарбонатный, либо среднекарбонатный. Изредка встречаются и сильно выщелоченные почвы (глубококарбонатные виды).

Исследование выполнено в рамках внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

Список литературы

1. *Гаврилов Д.А.* Палеопочвы и природные условия функционирования средневекового городища Бозок в VIII–XIV вв / Д.А. Гаврилов, М.И. Дергачева, М.К. Хабдулина // Вестник Томского гос. ун-та. Сер. Биология. – 2011. – № 3. – С. 7–15.
2. *Глазовская М.А.* Технопедогенез: формы проявления / М.А. Глазовская, Н.П. Солнцева, А.Н. Геннадиев // Успехи почвоведения. – М.: Наука, 1986. – С. 108–113.
3. *Горбов С.Н.* Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону / С.Н. Горбов, О.С. Безуглова // Почвоведение. – 2014. – № 8. – С. 953–962.
4. *Замотаев И.В.* Технопедогенез на футбольных полях России / И.В. Замотаев, В.П. Белобров, В.Т. Дмитриева, Д.Л. Шевелев. – М.: «Медиа-ПРЕСС», 2012. – 264 с.
5. *Прокофьева Т.В.* Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Т.В. Прокофьева. – М., 1998. – 24 с.
6. *Прокофьева Т.В.* Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т.В. Прокофьева, М.И. Герасимова, О.С. Безуглова, К.А. Бахматова, А.А. Гольева, С.Н. Горбов, Е.А. Жарикова, Н.Н. Матинян, Е.Н. Наквасина, Н.Е. Сивцева. – 2014. – № 10. – С. 1155–1164.
7. Рейтинг урбанизации стран мира. Гуманитарная энциклопедия // Центр гуманитарных технологий. – 18.06.2011 (посл. ред.: 18.03.2015). URL: <http://gtmarket.ru/ratings/urbanization-index/inf>
8. Классификация и диагностика почв России / Составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

УДК 631.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАРБОНАТНОГО ПРОФИЛЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ РАСПАШКЕ*

Хохлова Ольга Сергеевна

доктор географических наук, ведущий научный сотрудник,

Институт физико-химических

и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино

E-mail: olga_004@rambler.ru

Мякшина Татьяна Николаевна

кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Институт физико-химических

и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино

E-mail: mtn59@mail.ru

Аннотация. Влияние распашки на карбонатный профиль черноземов изучено в агрохронориях, включающих нераспахиваемые почвы и почвы с длительностью распашки < 100, 100–150, 150–200 и > 200 лет, на примере трех ключевых объектов в Белгородской области. Использован комплекс методов, включая микроморфоло-

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-05-00669а

гический анализ и ^{14}C -датирование карбонатов. Карбонатный профиль в начале распашки черноземов (длительность <100 лет) активно преобразуется: карбонаты подтягиваются в верхний или второй от поверхности полуметр, пропитывая почвенную массу, запасы в слое 0–200 см увеличиваются, снижается ^{14}C -возраст общей массы карбонатов, особенно заметно – в нижней части профиля для твердых ядер внутри мучнистой массы по трещинам. При дальнейшей распашке запасы и ^{14}C -возраст карбонатов увеличиваются и «возвращаются» к значениям, какие были до распашки. Уменьшение ^{14}C -возраста карбонатов на начальном этапе мы объясняем биогенным окарбоначиванием, а последующее увеличение его обусловлено подтягиванием кверху древних карбонатов из глубинных слоев черноземов.

Ключевые слова: карбонатный профиль, лесостепные черноземы, запасы карбонатов, ^{14}C -возраст карбонатов, деятельность землероев.

TRANSFORMATION OF CARBONATE PROFILE IN STEPPE CHERNOZEMS UNDER PLOWING

Khokhlova O. S.

*doctor of geographical sciences, leading researcher,
Institute of Physical, Chemical
and Biological Problems in Soil Science, RAS, Pushchino
E-mail: olga_004@rambler.ru*

Myakshina T. N.

*candidate of biological sciences, senior researcher,
Institute of Physical, Chemical
and Biological Problems in Soil Science, RAS, Pushchino
E-mail: mtn59@mail.ru*

Abstract. Effect of plowing on carbonate profile of chernozems was studied in agro-chrono-sequences including virgin soils and soils with < 100, 100–150, 150–200, and > 200 years duration under plowing for three key sites within the Belgorod region. We used a set of methods, including micromorphological analysis and ^{14}C -dating of carbonates. Carbonate profile of chernozems at the beginning of plowing (with < 100 years duration) is actively transformed: carbonates are upwarded to the first meter from the surface, impregnating the soil mass, the stocks in 0–200 cm layer increase, the ^{14}C -age of bulk mass of carbonates decreases, especially noticeable – in the lower part of the profile for hard cores inside the powdery mass within cracks. The stocks and ^{14}C -age of carbonates increase to the previous values under further plowing. Decreasing of the carbonate ^{14}C -age at an early stage we explain by biogenic carbonate formation and its subsequent increase – by upwarding of ancient carbonates from deep layers of a soil.

Key words: carbonate profile, forest-steppe chernozems, carbonate stocks, ^{14}C -dates of carbonates, burrowers activity.

Введение. Влияние распашки на черноземы в лесостепной полосе Среднерусской возвышенности изучалось многими исследователями, начиная с работ В.В. Докучаева. Несмотря на это, пока нет единого мнения по многим ключевым вопросам трансформации черноземов при длительной распашке. В частности, карбонатный профиль изучен недостаточно, например, не использовались методы радиоуглеродного датирования карбонатов. По данным [1], при распашке водный режим черноземов меняется двояко: в верхней части профиля становится более аридным за счет быстрого иссушения пахотных и подпахотных горизонтов в позднее весеннее и летнее время, а в нижней – более гумидным, поскольку вся влага от весеннего снеготаяния и осенних осадков, когда почва лишена растительного покрова после уборки урожая, поступает сразу в нижнюю часть профиля. Цель данной работы – изучение трансформации карбонатного профиля почв в агрохронорядах комплексом методов, включая ^{14}C -датирование карбонатных аккумуляций.

Объекты и методы. Изучено три агрохроноряда в лесостепной зоне Среднерусской возвышенности (Белгородская область). Каждый выявленный ключевой участок включал ненарушенную распашкой естественную (фоновую почву) и ее аналоги на пашнях разного возраста (табл. 1). Принцип поиска таких агрорядов был описан ранее [3]. Комплексный анализ агрорядов проведен ранее [2], поэтому здесь мы сосредоточились только на карбонатном профиле. В почвенных разрезах, заложенных парами на каждом изучаемом угодье, проведено морфологическое описание, изучение глубины вскипания, отбор образцов. Плотность почв определялась с помощью бура объемом 100 см^3 ($n = 3$), углерод карбонатов – манометрически. Из монолитов были изготовлены шлифы и изучены на оптическом микроскопе. ^{14}C -возраст карбонатов определен в Киеве (НАН Украины).

Результаты и обсуждение. За время распашки <150 лет происходит поднятие линии вскипания – в среднем на 23 см относительно исходного уровня. При длительности распашки >150 лет уровень залегания карбонатов опускается до исходного (до распашки) или чуть ниже. Макроформы карбонатных аккумуляций (КА) в нераспахиваемых почвах – это мучнистые формы (кутаны), заполняющих крупные и мелкие трещины в нижней части профиля, глубже 150–160 см в центре трещины часто имеется твердое ядро. В пахотных почвах с длительностью распашки <150 лет во втором полуметре профиля появляются мобильные формы КА – карбонатная плесень и псевдомицелий, отсутствующие в нераспахиваемых

Таблица 1

Характеристика ключевых участков в Белгородской области

Название, расположение ключевого участка	Координаты	Средняя Т воздуха, (°С)	Т июля (°С)	Т января (°С)	СКО (мм)	ГТК	Высота над уровнем моря	Номер почвенного разреза				
								Распахиваемые				
								Нераспахиваемые	<100 лет	100–150 лет	150–200 лет	220–240 лет
а. Жимолостное, Прохоровский р-н	36°43'42.35"E 50°57'3.38"N	+7.7	+20.6	-6.8	550	1.12	255–260	Ж 1 /11 Ж 2 /11	Ж 3 /11 Ж 4 /11	Ж 5 /11 Ж 6 /11	Ж 7 /11 Ж 8 /11	Ж 9 /11 Ж 10 /11
б. Сафоновка, Ивнянский р-н	36°23'44.44"E 51°5'53.86"N	+7.6	+20.9	-6.7	550–555	1.18	220–225	Сф 1 /13 Сф 2 /13		Сф 3 /13 Сф 4 /13	Сф 5 /13 Сф 6 /13	Сф 7 /13 Сф 8 /13
в. Ямская степь, Губкинский р-н	37°20'59.62"E 50°57'48.77"N	+7.9	+21.3	-7.3	530	1.2	215–225	Ям 1 /11 Ям 1 /13	Ям 3 /11 Ям 3 /13			

Т – температура; СКО – среднегодовое количество осадков; ГТК – гидротермический коэффициент; Ж – Жимолостное; Сф – Сафоновка; Ям – Ямская степь.

почвах. При длительности распашки > 150 лет, эти формы перемещаются в третий полуметр профиля и глубже, КА внизу ничем не отличаются от нераспахиваемых почв.

Микроморфологические наблюдения показывают, что тонкодисперсное вещество почв с возрастом распашки < 150 лет пропитано карбонатным веществом в значительной степени, фиксируется много окарибаченных корневых клеток в порах и плазме и вокругпоровые стяжения карбонатов, тогда как в нераспаханных почвах и в распахиваемых > 150 лет плазма имеет железисто-глинистый состав, карбонатная пропитка и КА в порах отсутствуют.

Максимум содержания карбонатов в профилях распахиваемых < 100 лет почв лежит в среднем на 40 см выше, чем в нераспахиваемых. В почвах, распахиваемых >100 лет, наблюдается тренд постепенного опускания этого максимума, иногда нарушаемый высокой изрытостью подпахотной части профиля землероями. Запасы карбонатов в почвах, распахиваемых < 100 лет, стабильно выше в слое 0–200 см, чем в нераспахиваемых, наибольший вклад в это увеличение вносит слой 50–100 см, и реже – слой 0–50 см. В почвах со сроками распашки 100–150 и 150–200 лет наблюдается постепенное снижение запасов карбонатов, а в 220–240-летних пахотных почвах запасы карбонатов возвращаются к исходному уровню (до распашки).

¹⁴C-даты общей массы карбонатов, отобранных с 60–70 см, в агроряду Сафоновка показывают сначала снижение, а затем постепенное увеличение: от 4810±160 в непаханной почве к 4400±100 – в черноземе, распахиваемом < 150 лет и затем к 5420±180 – в черноземе с длительностью распашки > 200 лет. Такая же закономерность наблюдается и для ¹⁴C-дат карбонатов, отобранных со 130–140 см. В Ямской степи даты для общей массы карбонатов с глубин их самого верхнего расположения в профиле и со 190–200 см также показывают снижение, иногда очень заметное, в почвах, распахиваемых < 100 лет, по сравнению с целинными заповедными черноземами; а дата для карбонатного твердого ядра из распахиваемого < 100 лет чернозема с глубины 180–200 см существенно меньше ¹⁴C-возраста мучнистой массы. В агроряду Жимолостное мучнистые кутаны и твердое ядро, продатированные отдельно вверху и внизу профилей нераспаханной почвы и почвы с длительностью распашки 150–200 лет, во всех случаях показывают большие и меньшие даты, соответственно, при увеличении общего возраста с глубиной. При сравнении дат парами для одних и тех же глубин в распахиваемой >150 лет и целинной почвах, получены абсолютно идентичные ¹⁴C-даты.

Заключение. Карбонатный профиль в начале распашки лесостепных черноземов (длительность <100 лет) активно преобразуется, а при увеличении длительности воздействия пахоты все параметры карбонатного профиля возвращаются к прежнему уровню.

Список литературы

1. *Лебедева И.И.* Гидрологические профили миграционно-карбонатных (типичных) черноземов и агрочерноземов / И.И. Лебедева // Почвоведение. – 2002. – № 10. – С. 1214–1223.

2. *Чендев Ю.Г.* Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части Среднерусской возвышенности / Ю.Г. Чендев, А.Л. Александровский, О.С. Хохлова, Л.Г. Смирнова, Л.Л. Новых, А.В. Долгих // Почвоведение. – 2011. – № 1. – С. 1–13.

3. *Khokhlova O.S.* Change in pedogenic carbon stocks under different types and duration of agricultural management practices in the central Russian forest steppe / O.S. Khokhlova, Yu.G. Chendev, T.N. Myakshina // Sustainable Agroecosystems in Climate Change Mitigation. Edited by Maren Oelbermann. Wageningen Academic Publishers. – 2014. – P. 33–52.

УДК 631.459(470.324)

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВ МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Девятова Татьяна Анатольевна

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж*

Божко Светлана Николаевна

*кандидат сельскохозяйственных наук,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: Sveta19691@yandex.ru*

Крамарева Татьяна Николаевна

*кандидат биологических наук,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж*

Аннотация. Почвы балочной водосборной площади классифицированы на основе полного учета элементарных почвенных процессов. Выявлены закономерности изменения свойств почв в зависимости от степени проявления эрозионно-аккумулятивных процессов.

Ключевые слова: эрозионные и аккумулятивные процессы, почвенный покров, элементы рельефа балочных водосборов, физико-химические свойства почв, обеспеченность элементами питания.

THE INFLUENCE OF EROSION-ACCUMULATIVE PROCESSES ON SOIL PROPERTIES IN SMALL WATERSHEDS THE SOUTH-EASTERN PART OF CENTRAL RUSSIAN UPLAND

Devjatova T. A.

*doctor of biological sciences, professor,
Voronezh State University, Voronezh*

Bozhko S. N.

*candidate of agricultural sciences,
Voronezh State University, Voronezh
E-mail: Sveta19691@yandex.ru*

Kramareva T. N.

*candidate of biological sciences,
Voronezh State University, Voronezh*

Abstract. The soil beam of the catchment classified on the basis of full consideration of basic soil processes. Laws of change of soil properties, depending on the degree of erosion and accumulation processes are revealed.

Keywords: erosive and accumulation processes, relief elements catchment areas of beams, physic-chemical properties of soils, the supply of batteries.

Введение. Степень распаханности (59%) земель Воронежской области приводит к широкому распространению водной эрозии, особенно эрозии от стока талых вод [3]. На правобережье Дона в пределах Воронежской области глубина базиса эрозии изменяется от 80 до 125 м, густота овражно-балочной сети составляет 0,7–1,5 км/км² [1, 7]. Материалы почвенной съемки свидетельствуют, что смыв почвы может начинаться не с 1–2°, как считалось ранее, а при наличии малейшего уклона местности, если длина склона достаточно большая [4]. В Воронежской области склоны менее 1° занимают 59,6% площади, 1–3° – 30%, 3–5° – 11,7%, 5–7° – 6,0%, 7–10° – 1,0%, более 10° – 0,7% [1].

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является водосборная площадь Лога Репного. Его площадь составляет 5,42 км². Склоны крутизной до 5–7°, берега – 7–20°, южные берега местами до 35°. По морфологическим показателям балка относится к средне длинным – 2700 м и имеет пологие и средней крутизны берега. Глубина расчленения – 60 м. Уровень грунтовых вод на водоразделе – 15–20 м, на днище балки они выходят на поверхность и образуют постоянный водоток.

Для наиболее полной характеристики почвенного покрова и свойств почв малого водосбора Лога Репного нами были использованы методы

Таблица 1

**Изменение физико-химических свойств почв вниз
по склону северо-восточной экспозиции водосбора Лога Репного**

№ разреза, индекс почвы	Горизонт	Глубина образца, см	Гумус	Азот общий	Подвижный фосфор	Обменный калий		рН		Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Фракции, %; размер частиц, мм
						мг/кг почвы	мг/кг почвы	солевой	водной			
Приводораздельная часть склона; зона отсутствия эрозии и аккумуляции												
1	A _{max}	0-22	5,62	0,34	138,2	115,6	5,43	6,27	2,77	29,99	27,4	55,2
Ч ₃ ^{III} Т	A	23-33	4,66	0,25	94,52	69,3	6,01	6,65	1,83	31,18	28,7	51,1
	AB	38-48	3,54	0,17	87,5	77,2	5,72	6,75	1,27	29,40	28,7	47,6
	B	56-66	1,88	0,13	82,5	68,7	6,67	7,11	0,44	29,11	27,9	53,7
	BC	74-84	0,52	0,03	12,0	107,8	7,14	7,98	—	—	28,4	56,0
	C	105-115	0,00	0,00	5,8	36,0	7,25	8,18	—	—	29,5	56,5
Нижняя часть склона; зона преобладающей эрозии												
5	A _{max}	0-22	5,65	0,32	94,2	162,3	5,25	6,11	2,80	28,65	44,4	82,8
Ч ₃ ^{III} Т	AB	26-36	4,11	0,24	31,4	126,2	5,12	6,09	2,78	29,82	33,3	76,2
	AB	40-50	2,33	0,14	28,3	81,4	4,95	5,25	2,93	30,14	32,7	78,3
	B	51-61	1,40	0,07	22,5	78,5	4,89	5,49	2,90	31,48	32,7	81,1
	BC	73-83	0,69	0,03	22,0	79,7	5,14	6,06	2,85	33,53	24,8	75,7
	C	99-109	0,00	0,00	18,8	74,7	5,69	6,51	1,97	32,17	25,1	79,3
Берег балки; зона транзита материала с преобладанием делювиального процесса												
27	A	8-18	5,91	0,37	47,4	98,3	5,37	6,24	3,24	32,71	23,7	47,9
ЧДД	A	22-32	6,05	0,31	46,7	98,6	5,41	6,25	3,02	32,37	25,5	49,2
	A	36-46	6,05	0,27	45,0	99,2	5,56	6,29	3,17	32,93	28,4	51,5
Ч ₄ ^{III} Т	A	50-60	5,26	0,21	40,6	99,1	5,53	6,27	3,00	30,24	29,2	50,0
	AB	67-78	4,07	0,19	32,7	99,7	5,52	6,31	2,85	29,75	30,0	50,0
	AB	85-95	2,94	0,15	31,5	93,9	5,45	6,26	2,61	29,16	29,7	48,6
	B	107-117	1,37	0,09	37,5	101,5	6,01	6,87	1,13	25,76	32,2	53,1
	BC	129-139	0,68	0,03	37,2	102,9	6,14	6,85	1,02	23,52	33,7	53,9
	C	147-157	0,00	0,00	37,4	102,8	6,27	6,93	0,86	30,97	33,9	54,3

детальной почвенно-эрозионной съемки масштаба 1:5000, 1:2000 и почвенно-геоморфологических профилей.

Результаты и обсуждение. Гранулометрический состав почв северо-восточного склона водосборного бассейна Лога Репного изменяется вниз по склону. Это объясняется влиянием эрозионно-аккумулятивного процесса и сменой почвообразующих и подстилающих горных пород. На приводораздельной части склона на лессовидных и покровных карбонатных суглинках залегают почвы тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В нижней части склона на флювиогляциальных суглинках бескарбонатных, подстилаемых на глубине 1,5 м маломощной глинистой мореной, сформировались почвы глинистого гранулометрического состава (разрез 5). Здесь влияние также оказывает приток мелких глинистых частиц с вышележащих склонов.

На приводораздельной части склона в условиях геологической эрозии (денудации), компенсируемой скоростью почвообразования [5], сформировались черноземы выщелоченные маломощные малогумусные тяжелосуглинистые с повышенной обеспеченностью фосфором и калием (рис. 1, разрез 1). Они приняты нами как эталоны несмытой почвы для данного склона. Содержание гумуса в этих почвах составляет 5,6 %. В нижней части склона на пашне в зоне транзита почвенного материала с преобладанием эрозии над аккумуляцией залегают черноземы выщелоченные среднегумусные слабосмытые среднесуглинистые (разрез 5). Это объясняется притоком почвенного материала с выше лежащего склона [2]. Они средне обеспечены фосфором, обеспеченность калием повышенная. На берегу балки под пастбищем залегают черноземы делювиально-денудационные выщелоченные мощные среднегумусные тяжелосуглинистые (разрез 27). Эти почвы характеризуются слабой оструктуренностью по всему профилю. Они плохо обеспечены фосфором (II класс) и хорошо обеспечены калием (IV класс).

Заключение. Содержание гумуса в слабосмытых почвах склонов северо-восточной экспозиции мало меняется по сравнению с эталоном. Оно возрастает на 0,4% на берегу балки. Обеспеченность фосфором в эталоне несмытой почвы средняя. Вниз по склону на пашне она уменьшается до низкой, а на берегу балки до очень низкой. Обеспеченность калием в эталонной почве средняя. Она увеличивается вниз по склону до повышенной в пахотных почвах и снова уменьшается до средней на берегу балки.

Таким образом, на приводораздельном склоне и берегу балки северо-восточной экспозиции не происходит уменьшения содержания гумуса и обеспеченности элементами питания вниз по склону. Это является зако-

номерным, так как на склонах этой экспозиции водная эрозия почв, как правило, компенсируется аккумуляцией почвенного материала.

Список литературы

1. Атлас Воронежской области / под ред. Н.Н. Ермоленко. – Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет, 1993. – 48 с.
2. *Девятова Т.А.* Об особенностях картографирования почвенного покрова балочных водосборов ЦЧР / Т.А. Девятова, С.Н. Божко // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия : сб. докл. научно-практ. конф. – Курск, 2010. – С. 27–32.
3. Доклад о государственном надзоре и контроле за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2010 году. – Воронеж : Управление Росприроднадзора по Воронежской области, 2011. – 131 с.
4. *Иванов В.Д.* Почвенно-экологическая характеристика Центрального Черноземья / В.Д. Иванов, Е.В. Кузнецова // Вестник ВГАУ. – Воронеж, 1999. – С. 194–208.
5. *Иванов В.Д.* Почвенный покров и свойства почв балочных водосборов Центрально-Черноземного региона / В.Д. Иванов, С.Н. Божко // Почвоведение. – 2000. – № 5. – С. 671–682.
6. *Иванов В.Д.* Смыв почв с пахотных склонов по геоморфологическим районам Центрально-Черноземных областей / В.Д. Иванов // Геоморфология. – 1983. – № 4. – С. 80–83.
7. *Косцова Э.В.* Районирование Воронежской области по распределению пахотных склонов в целях рационального планирования противоэрозионных мелиораций / Э.В. Косцова, С.В. Хруцкий // Мелиорация в условиях Черноземного Центра РСФСР: Сб. науч. тр. – Воронеж : Изд-во Воронеж. с.-х. ин-та, 1978. – Т. 97. – С. 162–174.

УДК: 631.485

**ДЕЙСТВИЕ МЕЛКОВОДНЫХ ПОТОКОВ
НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ГОРИЗОНТЫ ЧЕРНОЗЕМА
ТИПИЧНОГО РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ**

Плотникова Оксана Олеговна

*аспирант, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
младший научный сотрудник,
Почвенный институт имени В.В. Докучаева, г. Москва
E-mail: mrs.plotnikova@mail.ru*

Демидов Валерий Витальевич

*доктор биологических наук, профессор,
МГУ имени М.В. Ломоносова
E-mail: vdem@rambler.ru*

Лебедева Марина Павловна

*доктор сельскохозяйственных наук,
Почвенный институт имени В.В. Докучаева
E-mail: m_verba@mail.ru*

Аннотация. В целях продолжения разработки гидравлических и статистических методов для оценки транспорта мелководными потоками почвенного материала черноземов типичных различной степени смытости проведена верификация уравнения транспортирующей способности водных потоков малой глубины. Установлено, что водный поток при низкой скорости выносит, прежде всего, многопорядковые и наиболее плотные прогумусированные агрегаты (в том числе копролиты), в то время как в русле откладываются обломки агрегатов и отдельные минеральные зерна.

Ключевые слова: ручейковая эрозия, мелководные потоки, транспортирующая способность, микроморфология черноземов.

**EFFECT OF SHALLOW STREAMS
ON THE SURFACE HORIZONS OF TYPICAL CHERNOZEM
VARYING DEGREES OF EROSION**

Plotnikova O. O.

graduate student,

*Lomonosov Moscow State University, Moscow,
junior researcher, V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow*

E-mail: mrs.plotnikova@mail.ru

Demidov V. V.

doctor of biological sciences, professor,

Lomonosov Moscow State University, Moscow

E-mail: vdem@rambler.ru

Lebedeva M. P.

doctor of agricultural sciences,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: m_verba@mail.ru

Abstract. We carried out verification of the equation conveying capacity of water flow of small depth in order to continue the development of hydraulic and statistical methods to assess the transport by shallow water flows of soil material of typical chernozems varying degrees of erosion. It is found that the water flow at low speed takes away primarily densest humified aggregates of high pedality (including coprolites), while single-order aggregates and individual mineral grains are deposit in bed.

Keywords: rill erosion, shallow streams, transport capacity, micromorphology of chernozems.

Введение. Одним из процессов, наносящих большой урон плодородию почв, является их деградация под действием водной эрозии. В результате действия процесса ручейковой эрозии происходит изменение и относительное ухудшение физических, химических и морфологических свойств почв, особенно пахотных, так как они более уязвимы и подвержены эрозии.

Проблеме транспорта наносов посвящено много работ [1–4]. Большинство исследований проводились применительно к русловым потокам, между тем перемещение наносов является одним из важных компонентов ручейковой эрозии почв. Однако известно, что основной смыв почвенного материала происходит в результате формирования склоновых потоков глубиной 10–15 мм.

В связи с этим возникает необходимость разработки методов для оценки транспорта почвенного материала мелководными потоками, а

также поиска и исследования взаимосвязи между свойствами поверхностных горизонтов различных типов агрогенных почв и транспортирующей способностью водных потоков малой глубины.

Цель работы – характеристика свойств материала поверхностных горизонтов пахотных почв после воздействия моделируемых эрозионных процессов и верификация уравнения транспортирующей способности водных потоков малой глубины.

В задачи исследований входило:

1. В модельном эксперименте на большом эрозионном лотке оценить влияние скорости водного потока на средний диаметр вынесенных потоком и отложившихся в русле агрегатов почвы при разном её исходном состоянии (воздушно-сухом и капиллярно-увлажненном).

2. Провести верификацию уравнения транспортирующей способности потоков малой глубины [2].

3. Охарактеризовать микропризнаки сносимого и откладывающегося материала во фракциях, преобладающих в агрегатном составе (при разных скоростях водного потока).

Объект исследования. Для проведения экспериментов отбирали образцы поверхностных горизонтов несмытого, слабо- и среднесмытого черноземов типичных на территории ОНО «ОПХ ГНУ ВНИИЗиЗПЭ» в Медвенском районе Курской области.

Методы: 1) гидрологический (эксперименты на большом эрозионном лотке); 2) морфологические исследования почвенных агрегатов на микроуровне; 3) расчёт транспортирующей способности потока по формуле В.М. Гендугова, М.С. Кузнецова, Д.Р. Абдулхановой, Г.А. Ларионова [2]:

$$\beta = \frac{C}{(gH)^{1/\gamma}} (V^2 - V_k^2)^{1/\gamma}, \quad (1)$$

где β – транспортирующая способность потока, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; H – глубина потока, м; V – средняя скорость потока, м/с; V_k – критическая скорость потока, м/с; C – эмпирический коэффициент, кг/м³; $1/\gamma$ – эмпирический показатель степени.

Результаты и обсуждение. Модельные эксперименты на большом эрозионном лотке с образцами почвы в воздушно-сухом и капиллярно-увлажненном состоянии проводились в диапазоне скоростей от 0,30 до 0,57 м/с. Проведенный анализ изменения диаметра влекомого потоком воды и отложившихся в русле агрегатов почвы, поступающей в него как в воздушно-сухом, так и капиллярно-увлажненном состоянии, показал, что с увеличением скорости водного потока диаметр транспортируемых агрегатов возрастает, а диаметр откладывающихся агрегатов уменьшается.

По результатам модельных экспериментов с насыпными образцами исследуемых почв на «большом» эрозионном лотке были построены графики зависимости $\ln B$ от $\ln ((V^2 - V_{\text{кр отп}}^2)/gH)$ для верификации уравнения (1). Коэффициенты корреляции R при линейной аппроксимации зависимостей $\ln B$ от $\ln ((V^2 - V_{\text{кр отп}}^2)/gH)$ оказались достаточно высоки (от 0,86 для среднесмытой воздушно-сухой и капиллярно-увлажненной почвы до 0,95 для слабосмытой воздушно-сухой почвы), что говорит об удовлетворительной достоверности выполненной аппроксимации.

Для образцов чернозема несмытого и среднесмытого в преобладающих после размыва на большом эрозионном лотке фракциях установлено, что водный поток при низкой скорости выносит прежде всего многопорядковые и наиболее плотные прогумусированные агрегаты (в том числе копролиты), в то время как в русле откладываются обломки агрегатов и отдельные минеральные зерна.

Выводы:

1. В модельном эксперименте на большом эрозионном лотке установлено, что средневзвешенный диаметр влекомых агрегатов увеличивается с возрастанием скорости потока, а диаметр отложившихся – уменьшается как при воздушно-сухом, так и при капиллярно-увлажненном исходном состоянии образца.

2. Проведена верификация уравнения применительно к чернозему типичному разной степени смытости. Сопоставление полученных экспериментально и рассчитанных по уравнению значений мутности показало удовлетворительное соответствие. Средняя относительная ошибка по модулю составила 18,0%, а коэффициент корреляции – 0,89.

3. Установлено, что водный поток при низкой скорости выносит прежде всего многопорядковые и наиболее плотные прогумусированные агрегаты (в том числе копролиты), в то время как в русле откладываются обломки агрегатов и отдельные минеральные зерна.

Список литературы

1. *Алексеевский Н.И.* Движение наносов и русловые процессы / Н.И. Алексеевский, Р.С. Чалов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 170 с.
2. *Гендугов В.М.* Модель транспорта наносов склоновыми потоками / В.М. Гендугов, М.С. Кузнецов, Д.Р. Абдулханова, Г.А. Ларионов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2007. – № 1. – С. 35–40.
3. *Григорьев В.Я.* Модификация модели предельного транспорта наносов потоками малой глубины / В.Я. Григорьев // Эрозия почв и русловые процессы. – М., 2012. – Вып. 18. – С. 24–41.
4. *Демидов В.В.* Закономерности процессов переноса и отложения почвенного материала водными потоками малой глубины / В.В. Демидов, О.О. Осанина // Электронное периодическое издание ЮФУ «Живые и биокосные системы». – 2015. – № 12, электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.jbks.ru/assets/files/content/2015/issue12/article-1.pdf>

УДК631.445.4:631

ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОСЛЕ ПИРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Горбунова Юлия Сергеевна

*кандидат биологических наук,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: gorbunova.vsu@mail.ru*

Девятова Татьяна Анатольевна

*доктор биологических наук, профессор,
Воронежский государственный университет, г. Воронеж
E-mail: devyatova@bio.vsu.ru*

Аннотация. Представлены результаты мониторинга агрохимических свойств чернозема выщелоченного выгоревшего участка леса за 4-летний период. Установлено снижение содержания органического вещества и соединений щелочногидролизуемого азота на фоне увеличения содержания зольных элементов (P_2O_5 , K_2O).

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, лесной пожар, гумус, щелочногидролизуемый азот, подвижные соединения фосфора, обменный калий.

CHANGE OF CHEMICAL PROPERTIES OF THE CHERNOZEMS LEACHED LATER THE INFLUENCE OF THE PYROGENE FACTOR

Gorbunova Yu. S.

*candidate of biological sciences,
Voronezh state University, Voronezh
E-mail: gorbunova.vsu@mail.ru*

Devyatova T. A.

*doctor of biological sciences, professor
Voronezh state University, Voronezh
E-mail: devyatova@bio.vsu.ru*

Abstract. Results of monitoring of agrochemical properties of the chernozem leached for the 4-year period are presented. Decrease in the content of organic substance and a compound of alkali hydrolysis nitrogen against increase in the maintenance of cindery elements (P_2O_5 , K_2O) is established.

Keywords: chernozem leaching, forest fire, humus, alkali hydrolysis nitrogen, mobile compounds of phosphorus, exchange potassium.

Введение. Лесной пожар – один из важных экологических факторов, нарушающий естественное равновесие между отдельными компонентами биогеоценоза, влияющей на состояние и динамику почвы. Послепожарная трансформация почв изучалась многими авторами [3, 4]. Изучение агрохимических свойств почв после лесного пожара представляет одну из наиболее актуальных проблем оценки их современного состояния. Нами были исследованы изменения в содержании гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия.

Цель работы – исследование динамики агрохимических свойств чернозема выщелоченного под воздействием пирогенного фактора.

В задачи исследований входило: 1 – заложение почвенных разрезов и их морфологическое описание; 2 – определение основных агрохимических показателей изучаемых почв [1]; 3 – вариационно-статистическая обработка полученных результатов с использованием программ Stadia и Microsoft Excel и их сравнительный анализ.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований являются черноземы выщелоченные среднегумусные среднесуглинистые (Задонский район Липецкой области). Почвенные образцы отбирались в течение четырех лет (2011–2014 гг.) на территориях подвергшихся пирогенному воздействию в 2010 году. Было заложено 9 прикопок в суборе и 9 прикопок в широколиственном лесу. Из прикопок отбор проводился послойно до глубины 40–50 см. В качестве фонового участка изучались идентичные черноземы выщелоченные под субором и широколиственным лесом, расположенные на удалении 1,5 км от сгоревшего участка.

Результаты и обсуждение. Важнейший экологический эффект от пожаров – потери органического вещества экосистемой, в том числе потери органического вещества почвы. В исследованных пирогенных почвах выявлена тенденция к снижению содержания гумуса в слое 0–10 см. В почвах субори и широколиственного леса, на следующий 2011 год после пирогенного воздействия, особенно активно происходят потери органических веществ (в относительных процентах в среднем для субори и широколиственного леса составляет 25,1 %) [2]. Максимальные потери в 2014 году в черноземе выщелоченном установлены в суборе и составляют 28,6 % (на фоновом участке содержание гумуса – 6,08 %, на территории, подвергшейся воздействию огня – 4,34 %). В черноземе выщелоченном, расположенном в широколиственном лесу содержание гумуса в пирогенных почвах снизилось на 20,9 % (изначальное содержание гумуса составляло 6,40 %, после воздействия огня – 5,06 %) (табл. 1, 2) [2]. Нами установлено, что особенно активны процессы потери гумуса при выгорании подстилки и верхнего гумусового горизонта на следующий

год после лесного пожара, это связано с непосредственным разрушением органических веществ под действием высоких температур. Снижение содержания щелочногидролизуемого азота в 0–10 см слое после лесного пожара в 2011 году в относительных процентах в среднем для субори и широколиственного леса составляет 25,7 % [2]. Содержание щелочногидролизуемого азота в черноземе выщелоченном в 2014 году в суборе в слое 0–10 см уменьшилось на 18,3 % по сравнению с фоновыми почвами (от 24,1 мг/100 г почвы до 19,7 мг/100 г почвы), а в березняке на 19,3 % (от 25,4 мг/100 г почвы до 20,5 мг/100 г почвы), из-за сгорания органических соединений азота при высоких температурах (табл. 1, 2).

После пирогенного воздействия в 2011 году, в черноземе выщелоченном происходит увеличение содержания зольных элементов P_2O_5 и K_2O (в относительных процентах в среднем для субори и широколиственного леса составляет 11,8 % и 4,03 % соответственно) [2]. Содержание P_2O_5 в черноземе выщелоченном под субором в 2014 году в слое 0–10 см после лесного пожара увеличилось на 11,7 % по сравнению с фоновыми почвами (от 7,78 мг/100 г почвы до 8,69 мг/100 г почвы) под широколиственным лесом в слое 0–10 см после пирогенного воздействия произошло увеличение в содержании P_2O_5 на 10,0 % (от 8,56 мг/100 г почвы до 9,42 мг/100 г почвы) (табл. 1, 2). После лесного пожара содержание K_2O в черноземе выщелоченном под субором в слое 0–10 см увеличилось на 2,70 % по сравнению с фоновыми почвами (от 18,5 мг/100 г почвы до 19,0 мг/100 г почвы), а под широколиственным лесом произошло увеличение в содержании K_2O на 3,21 % (от 18,7 мг/100 г почвы до 19,3 мг/100 г почвы) (табл. 1, 2). Наблюдаемое увеличение в концентрации P_2O_5 и K_2O в пирогенных почвах произошло из-за большего их содержания в образовавшейся после лесного пожара золе.

Достоверность полученных данных подтверждена результатами дисперсионного анализа. $F_{\text{эмп.}} < F_{\text{кр.}}$, следовательно нулевая гипотеза о равенстве генеральных дисперсий на уровне значимости 0,05 не отвергается, таким образом, все разности между парами находятся в пределах ошибки при 5 % уровне значимости.

Выводы. В почвах субори и широколиственного леса в 2011 году в 0–10 см слое, после пирогенного воздействия, происходят потери органических веществ, что негативно воздействует на плодородие почвы. Та же тенденция характерна и для 2014 года. Снижение содержания щелочногидролизуемого азота в верхних горизонтах почвы в 2011 году больше выражено по сравнению с 2014 годом. Что свидетельствует о постепенном восстановлении почвенного покрова. После пирогенного воздействия происходит увеличение содержания зольных элементов P_2O_5 и K_2O ,

Таблица 1

Химические показатели чернозема выщелоченного (фоновая почва)

Глубина, см	Суборь				Широколиственный лес			
	Гумус, %	N _{щел.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %	N _{щел.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/100 г почвы				мг/100 г почвы		
0–10	6,08	24,1	7,78	18,5	6,40	25,4	8,56	18,7
10–20	5,24	21,5	7,23	18,2	5,54	22,7	7,83	18,3
20–30	3,97	17,2	6,69	17,5	4,13	17,4	7,19	17,5
30–40	3,37	11,4	5,85	16,9	3,46	11,5	6,48	16,8
50–60	2,89	8,48	5,53	15,7	2,91	8,49	5,92	15,7
70–80	1,62	1,60	5,31	14,0	1,63	1,63	5,30	14,1
90–100	0,54	–	5,29	13,4	0,52	–	5,29	13,5
110–120	0,49	–	5,23	12,7	0,48	–	5,24	12,7
140–150	0,26	–	5,22	10,8	0,25	–	5,22	10,8

Таблица 2

Статистические показатели химических свойств чернозема выщелоченного (пирогенная почва 2014 год)

Глубина, см	n	Гумус, %	N _{щел.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг/100 г почвы		
		$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$			
чернозем выщелоченный среднегумусный среднесильный суглинистый (суборь)					
0–10	4	4,34±0,63	19,7±0,95	8,69±0,59	19,0±1,89
10–20	4	5,05±0,68	21,1±0,83	7,18±0,51	18,9±1,77
20–30	4	3,74±0,49	16,2±0,79	6,61±0,43	17,2±1,41
30–40	4	3,29±0,42	11,8±0,61	5,83±0,48	17,4±0,98
40–50	4	2,95±0,37	9,44±0,67	5,69±0,44	16,8±0,86
чернозем выщелоченный среднегумусный среднесильный суглинистый (широколиственный лес)					
0–10	4	5,06±0,45	20,5±0,84	9,42±0,62	19,3±1,72
10–20	4	5,44±0,56	20,4±0,91	8,08±0,57	18,6±1,49
20–30	4	4,19±0,32	16,9±0,64	7,27±0,43	17,1±1,22
30–40	4	3,48±0,48	11,2±0,78	6,42±0,46	16,9±1,04
40–50	4	3,02±0,25	9,89±0,59	6,39±0,44	15,2±1,08

Примечание: n – количество лет; \bar{x} – среднее арифметическое; $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$ – среднее арифметическое с ошибкой среднего арифметического

что является благоприятным фактором в восстановлении растительного покрова на почвах пройденных лесным пожаром.

Список литературы

1. Воробьева Л.А. Химический анализ почв / Л.А. Воробьева. – М. : МГУ, 1998. – 272 с.
2. Девятова Т.А. Современная эволюция почв и флоры лесостепи русской равнины после лесных пожаров / Т.А. Девятова, Ю.С. Горбунова, А.Я. Григорьевская. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. – 259 с.
3. Тарасов П.А. Постпирогенные изменения гидротермических параметров почв среднетаежных сосняков / П.А. Тарасов, В.А. Иванов, Г.А. Иванова, Е.Н. Краснощекова // Почвоведение. – 2011. – № 7. – С. 795–803.
4. Шапченкова О.А. Использование методов термического анализа для оценки органического вещества почв, пройденных пожарами / О.А. Шапченкова, Ю.Н. Краснощеклов, С.Р. Лоскутов // Почвоведение. – 2011. – № 6. – С. 738–747.

УДК 631.452 : 631.51.01 : 631.871

ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ

Антипина Полина Викторовна

научный сотрудник,

СФНЦА РАН СибНИИЗиХ, Новосибирская область, р.п. Краснообск

E-mail: polyshka@cn.ru

Аннотация. При использовании интенсивной технологии возделывания яровой пшеницы различные обработки почвы при двух уровнях поступления растительных остатков в почву не оказали существенного влияния на урожайность яровой пшеницы.

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, растительные остатки, яровая пшеница.

THE IMPACT OF MINIMIZING TREATMENT OF LEACHED CHERNOZEM ON YIELD OF SPRING WHEAT IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OB REGION

Antipina P. V.

*researcher, Siberian Institute of Agronomy and Agricultural Chemistry,
Krasnoobsk, Novosibirsk region*

E-mail: polyshka@cn.ru

Abstract. When using intensive technology of cultivation of spring wheat of different tillage at two levels of income of plant residues to the soil had no significant effect on the yield of spring wheat.

Keywords: chernozem leached, crop residues, spring wheat.

Введение. В настоящее время актуальным вопросом является разработка и совершенствование экономически эффективных и экологически безопасных технологий возделывания культур, основанных на рациональном использовании природных и техногенных ресурсов. В процессе освоения данных технологий прослеживается тенденция к минимизации обработки почвы, что обеспечивает значительное сокращение затрат, связанных с возделыванием культур, и способствует повышению экономической эффективности хозяйствования.

Одним из основных показателей целесообразности применения минимальных обработок почвы является урожайность возделываемых культур [1].

Цель настоящей работы – оценить влияние минимизации обработки почвы на урожайность яровой пшеницы в зависимости от уровня поступления растительных остатков в почву.

Объекты и методы. Исследования проводили в 2011–2013 гг. в многофакторном полевом опыте, заложенном в 2001 г. в центральной лесостепи Приобья. Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднесиловый среднесуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое – 5,8%, N_{общ.} – 0,30%, P₂O₅ и K₂O (по Чирикову) – 23 и 18 мг/100 г почвы соответственно, рН_{KCl} – близкий к нейтральному.

Трехпольный зернопаровой севооборот развернут во времени и пространстве (пар-пшеница-пшеница). Исследования проводились на двух фонах с различным количеством поступления в почву растительных остатков: в одном случае солома удалялась с поля, в другом – оставлялась на поле и заделывалась в почву. Изучалось два способа основной зяблевой обработки почвы – вспашка плугом на глубину 25–27 см и поверхностная обработка культиватором «Степняк» на глубину 6 см. Яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 возделывали по интенсивной технологии, т.е. с полной защитой растений от болезней, сорняков и вредителей.

Содержание общего углерода определяли методом Тюрина в модификации Никитина [2], детрита – по методу Ганжары с соавт. [3]. Урожай зерна определяли прямым комбайнированием.

Результаты и обсуждения. В лесостепном регионе Западной Сибири в ходе ранее проведенных исследований [1] было отмечено, что на интенсивных фонах минимизация обработки почвы, как правило, уступает традиционной обработке. Различия в продуктивности зерновых культур между способами основной обработки почвы при увеличении интенсификации технологии выращивания сглаживаются. При комплексной химизации продуктивность зерна с 1 га пашни на почвозащитной обработке иногда превосходит вспашку.

В то же время отмечается, что проводится мало комплексных исследований по изучению эффективности различных систем основной обработки почвы в повышении урожайности зерновых культур [4–6]. Одним из таких малоизученных аспектов является влияние минимизации обработки почвы на поступление и распределение растительных остатков в почве.

В настоящей работе мы рассматриваем содержание общего углерода и детрита как показатели потенциального и эффективного плодородия почвы. В наших исследованиях содержание общего углерода на вспашке и поверхностной обработке не различалось существенно (табл. 1).

Вне зависимости от обработки почвы наблюдалась тенденция к накоплению общего углерода при оставлении соломы на поле. В отношении содержания детрита можно отметить следующее: во-первых, при минимизации обработки почвы детрит локализуется в верхнем слое почвы (0–10 см); во-вторых, при систематическом удалении соломы с поля содержания детрита в почве снижается в 1,4 раза. Следовательно, можно предположить, что эти два фона поступления органических остатков в почву должны существенно различаться по потенциальному плодородию.

Наши исследования показали, что минимизация основной обработки почвы и увеличение уровня поступления растительного вещества, вследствие заделки в почву соломы, не повышали продуктивность яровой пшеницы. Средняя урожайность её при минимизации обработки почвы была незначительна, на 2–4%, ниже, чем на вспашке. Следовательно, различия между фонами обработки были несущественными (табл. 2). За исключением 2012 года, когда в условиях весенне-летней засухи урожайность

Таблица 1

Содержание в почве органического вещества спустя 9 лет проведения опыта

Вариант поступления растительных остатков	Слой почвы, см	Вспашка	Поверхностная обработка
Общий углерод, % от массы почвы			
Удаление соломы	0–10	3,68	3,66
	10–20	3,64	3,60
Оставление соломы	0–10	3,78	3,94
	10–20	3,79	3,92
Углерод детрита, мг/кг почвы			
Удаление соломы	0–10	1089	1515
	10–20	1119	730
Оставление соломы	0–10	1651	2186
	10–20	1590	918

пшеницы на фоне вспашки была выше, чем на поверхностной обработке почвы (рис. 1). Основная причина данного факта заключается в изреженности всходов вследствие высева семян в иссушенный верхний слой почвы на поверхностной обработке.

Достоверных изменений продуктивности пшеницы на 1 га севооборотной площади в зависимости от различного уровня поступления в почву растительных остатков (в среднем за три года) не установлено (табл. 2). Способ основной обработки почвы так же не оказывал влияния на продуктивность пшеницы.

Заключение. На чернозёме выщелоченном в условиях центральной лесостепи Приобья минимизация обработки почвы не приводила к снижению урожайности яровой пшеницы по сравнению с традиционной обработкой почвы – вспашкой. Удаление соломы в течение трёх ротаций севооборота приводило к снижению содержания детрита в почве в 1,4 раза по сравнению с оставления её на поле. При удалении соломы с поля не наблюдалось снижения урожайности яровой пшеницы. Таким образом,

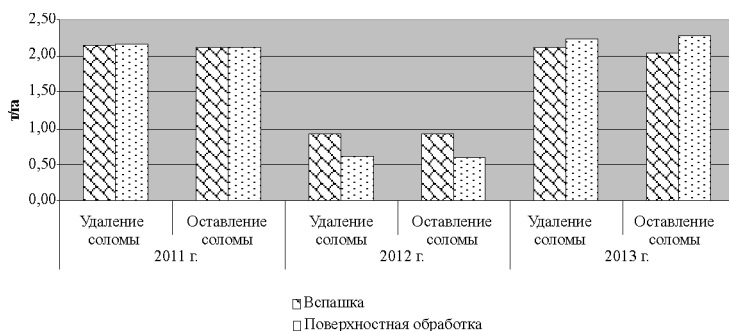


Рис. 1. Урожайность яровой пшеницы на 1 га севооборотной площади, т/га

Таблица 2

**Урожайность яровой пшеницы на 1 га севооборотной площади
в среднем за 2011–2013 гг., т/га**

Уровень поступления растительных остатков	Обработка почвы	
	Вспашка	Поверхностная обработка
Удаление соломы	1,73	1,67
Оставление соломы	1,70	1,66

минимизация обработки выщелоченного чернозёма в лесостепи Приобья приводит к дифференциации верхнего слоя почвы по содержанию лабильного органического вещества, но данный процесс существенно не влияет на урожайность яровой пшеницы независимо от уровня поступления растительных остатков в почву.

Список литературы

1. Холмов В.Г. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири / В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 396 с.
2. Никитин Б.А. Метод определения гумуса почвы / Б.А. Никитин // Агрехимия. – 1999. – № 5. – С. 91–93.
3. Ганжара Н.Ф. Метод определения содержания и состава мобильных форм органического вещества в почвах / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, А.В. Шевченко, В.А. Деревягин // Известия ТСХА. – 1987. – Вып. 1. – С. 173–177.
4. Храмов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводство плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук / И.Ф. Храмов. – Омск, 1997. – 32 с.
5. Обработка почвы, химизация и урожайность яровой пшеницы в чернозёмной лесостепи Западной Сибири / В.Г. Холмов, Л.В. Юшкевич // Тез. докл. науч. конф. учёных Сиб. региона, посвящённой 30-летию Селекцентра СибНИИСХ, г. Омск, 15 декабря 2000. – Омск, 2000. – С. 93–96.
6. Экологизация обработки почв в Западной Сибири / А.Н. Власенко, В.К. Каличкин, Ю.П. Филимонов, Л.Н. Иодко, В.Т. Усолкин. – Новосибирск, 2003. – 267 с.

УДК 631.433.3

ПОСТ-АГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ*

Овсепян Лилит Арменовна

аспирант, младший научный сотрудник,

ФГБУН Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, г. Пуццино

E-mail: Lill.ovsepyan@gmail.com

Аннотация. Изучение активности ферментов проводили в хроноряду чернозема южного (Ростовская область), включающем пашню и залежи разного возраста. В верхнем 0–5 см слое в ряду от пашни к зрелой залежи 84 лет выявлено повышение скорости базального дыхания и увеличение содержания микробного углерода. Активность гидролитических ферментов, как правило, возрастала от пашни к залежи 19 лет, затем снижалась.

Ключевые слова: пост-агрогенные почвы, микробная биомасса, ферментативная активность.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-04-05156а) и Программы Президиума РАН № 15.

**POST-AGROGENIC DYNAMIC OF MICROBIAL CARBON
AND ENZYMATIC ACTIVITY
ON HAPLIC CHERNOZEMS ROSTOV REGION**

Ovsepyan L. A.

*PhD student, junior researcher,
Institute of Physicochemical
and Biological Problems in Soil Science, RAS, Pushchino
E-mail: Lill.ovsepyan@gmail.com*

Abstract. The enzymatic activity of arable and abandoned soils of different age (haplic chernozem, Rostov region) was determined. The increase of basal respiration rate and microbial carbon content from arable to 84-yr old abandoned land were observed in the topsoil (0–5 cm layer). The activity of hydrolytic enzymes increased generally from arable land to 19-yr abandoned land and then decreased again.

Keywords: post-agrogenic soils, microbial biomass, enzymatic activity.

Введение. Микробиологическая активность почв ввиду ее быстро-го отклика на любые изменения землепользования является весьма чувствительным индикатором пост-агрогенных изменений, обусловленных снятием сельскохозяйственной нагрузки. Выведение пахотных почв из сельскохозяйственного оборота ведет к увеличению микробной активности [5] и изменению структуры микробного сообщества [1, 7]. Целью настоящей работы было изучение динамики микробного углерода и ферментативной активности чернозема южного Ростовской области в процессе пост-агрогенного развития.

Объекты и методы. Сукцессионный хроноряд бывших пахотных угодий располагался в Ростовской области (чернозем южный) на территории агробиостанции ЮФУ (47°27'N, 39°35'E) и включал пашню и залежи 13, 19, 29 и 84 лет. Смешанные образцы почв отбирались методом конверта из 4 слоев: 0–5, 5–10, 10–20 и 20–30 см. Микробиологическую (дыхательную) активность почв (V_{basal}) измеряли в лабораторных условиях по интенсивности выделения CO_2 с использованием портативного газоанализатора LiCor 840 (США). Содержание микробного углерода (C_{mic}) определяли методом субстрат-индуцированного дыхания [4]. Определение активности гидролитических почвенных ферментов проводили методом флюорогенно-меченых субстратов [6]. Флюоресценцию полученных растворов измеряли на спектрофотометре (FilterMax F5, Molecular Devices, США). Все определения проводили в 3-х кратной повторности.

Результаты и обсуждение. Дыхательная активность почвы была максимальной в слое 0–5 см, последовательно возрастая от 0,7 мг С кг⁻¹ ч⁻¹ на пашне и достигая 1,1 мг С кг⁻¹ ч⁻¹ на залежи 84 лет (рис. 1А). Содержа-

ние C_{mic} также было наибольшим в слое 0–5 см и возрастало от 511 мг С кг⁻¹ почвы на пашне до 877 мг С кг⁻¹ почвы на залежи 84 лет (рис. 1Б). С глубиной на залежах всех возрастов происходило постепенное снижение V_{basal} и величины C_{mic} (рис. 1А, Б). Схожие тенденции, как для активности базального дыхания, так и для динамики C_{mic} были обнаружены для хроноряда залежных серых лесных почв Московской и Белгородской областей [2, 3] и дерново-подзолистых почв Костромской области [1].

Динамика активности ферментов углеродного цикла, ответственных за разложение целлюлозы и гемицеллюлозы (бета-глюкозидаза, целлобиогидролаза и ксиланаза), была схожей и возрастала от пашни к залежи 19 лет примерно в 1,5 раза, и в более зрелых залежах снова снижалась. Активность бета-глюкозидазы в изучаемом хроноряде была самой высокой по сравнению с другими ферментами и составляла: 4039 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹ на пашне, 7083 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹ на залежи 19 лет и 3880 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹ – на залежи 84-летнего возраста. Активность целлобиогидролазы изменялась в ряду пост-агрогенных почв от 878 до 1245 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹, а активность ксиланазы варьировала в более широких пределах – от 797 до 2046 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹. Хитиная активность была самой низкой среди изучаемых ферментов, составляя 55 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹ на пашне, 778 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹ на залежи 29 лет и снова снижаясь до 347 μM МУФ г⁻¹ почвы ч⁻¹ на 84-летней залежи. При этом, как правило, наблюдалось снижение активности ферментов вниз по профилю, что можно объяснить уменьшением поступления легкодоступных органических веществ в нижележащие слои и снижением в них микробиологической активности (рис. 2).

Выводы. В процессе пост-агрогенной эволюции происходит последовательное увеличение скорости базального дыхания и содержания

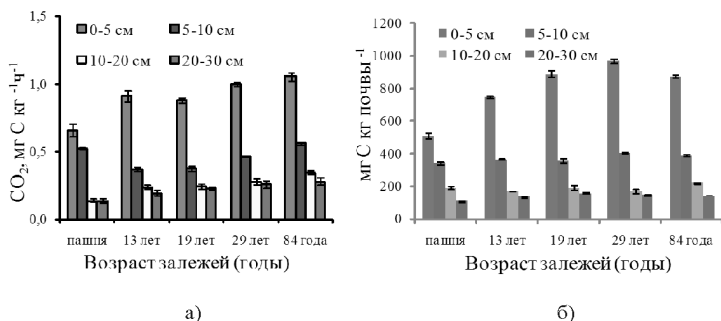


Рис. 1. Динамика скорости базального дыхания (а) и содержания микробной биомассы (б) хроноряда чернозема южного Ростовской области

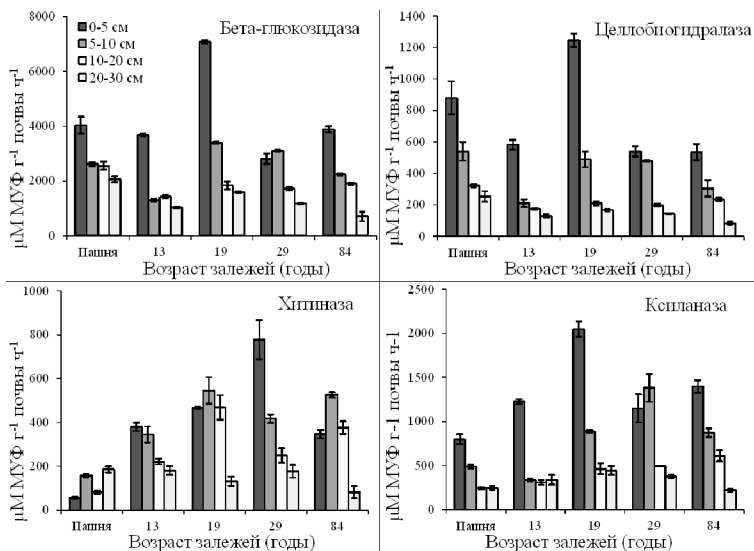


Рис. 2. Изменение активности гидролитических ферментов в процессе пост-агрогенной эволюции чернозема южного

микробной биомассы, обусловленное увеличением поступления свежих органических веществ в почвы залежей по сравнению с пахотными почвами. Возрастание активности внеклеточных ферментов в процессе пост-агрогенного развития почв обусловлено повышением активности почвенной микрофлоры, притоком питательных веществ и субстратов в процессе самовосстановления почв.

Научный руководитель: Курганова Ирина Николаевна, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории циклов азота и углерода ИФХиБПП РАН.

За помощь в проведении эксперимента автор благодарен к.т.н., в.н.с. ИФХиБПП РАН В.О. Лопес де Гереню, к.б.н., в.н.с. ИФХиБПП РАН Е.В. Благодатской и нс. ЦЭПЛ РАН В.В. Каганову.

Список литературы

1. *Ананьева Н.Д.* Грибная и бактериальная микробная биомасса (селективное ингибирование) и продуцирование CO_2 и N_2O дерново-подзолистыми почвами пост-агрогенных биогеоценозов / Н.Д. Ананьева, Е.В. Стольников, Е.А. Сусьян, А.К. Ходжаева // Почвоведение. – 2010. – № 11. – С. 1387–1393.
2. *Курганова И.Н.* Потoki и пулы углерода в залежных землях Подмосkовья. Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв / И.Н. Курганова, А.М. Ермолаев,

В.О. Лопес де Гереню, А.А. Ларионова, Д.В. Сапронов, Т. Келлер, Ш. Ланге, Л.Н. Розанова, В.И. Личко, Т.Н. Мякшина, Я.В. Кузяков, В.А. Романенков. – М. : Наука, 2006. – С. 271–284.

3. *Мостовая А.С.* Изменение микробиологической активности серых лесных почв в процессе естественного лесовосстановления / А.С. Мостовая, И.Н. Курганова, В.О. Лопес де Гереню, О.С. Хохлова, А.В. Русаков, А.С. Шаповалов // Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 2. – С. 64–72.

4. *Anderson J.P.E.* A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils / J.P.E. Anderson, K.H. Domsch // Soil Biol. Biochem. – 1978. – № 10. – P. 215–221.

5. *Lopes de Gerenyu V.* Carbon pools and sequestration in former arable Chernozems depending on restoration period / V. Lopes de Gerenyu, I. Kurganova, Ya. Kuzyakov // Ekologija. – 2008. – Vol. 54. – № 4. – P. 38–44.

6. *Marx M.C.* A microplate fluorimetric assay for the study of enzyme diversity in soils / M.C. Marx, M. Wood, S.C. Jarvis // Soil Biology and Biochemistry. – 2001. – № 33. – P. 1633–1640.

7. *van der Wal A.* Fungal biomass development in a chronosequence of land abandonment / A. van der Wal, J.A. van Veen, W. Smant, T.S. Boschker, J. Bloem, P. Kardol, W.H. van der Putten, W. de Boer // Soil Biol. Biochem. – 2006. – № 38. – P. 51–60.

УДК 631.47

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ГРУПП СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Бахарев Андрей Александрович

магистр,

Российский государственный аграрный университет МСХА

им. К.А. Тимирязева, г. Москва

E-mail: a.bakharev@inbox.ru

Чинилин Андрей Владимирович

ассистент кафедры почвоведения геологии и ландшафтоведения,

Российский государственный аграрный университет МСХА

им. К.А. Тимирязева, г. Москва

E-mail: andreychinilin@gmail.com

Аннотация. Во всём мире сегодня происходит переход от бумажных карт к цифровым. Важным элементом в составлении цифровых карт является статистическая обработка результатов исследований. Целью работы являлось составление карт групп структур почвенного покрова при помощи четырёх различных методов статистического обучения. Было проведено полевое почвенно-ландшафтное обследование и в ходе работ была выявлена закономерность формирования СПП на данной территории. В итоге, при помощи каждого из четырёх методов машинного обучения, была получена карта групп СПП.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография, машинное обучение, лесостепная зона, чернозём, структура почвенного покрова.

MACHINE LEARNING METHODS APPLICATION FOR THE MAPPING OF SOIL STRUCTURE GROUPS

Bakharev A. A.

*master, Russian state agrarian university
Moscow Timiryazev agricultural academy, Moscow
E-mail: a.bakharev@inbox.ru*

Chinilin A. V.

*assistant of soil science geology and landscape science department,
Russian state agrarian university
Moscow Timiryazev agricultural academy, Moscow
E-mail: andreychinilin@gmail.com*

Abstract. All over the world there is a transition from paper maps to digital maps. The important element in digital mapping is statistical data processing. The purpose of this research is to draw a digital soil structure map with the four different machine learning methods application. We did the field soil-landscape research and found out the rules of soil structure formation in this territory. As a result, we received the digital map of soil structure group by each of four machine learning methods.

Keywords: digital soil mapping, machine learning, forest steppe, black soil, chernozem, soil structure.

Введение. Современная направленность почвенно-картографических работ на обоснование адаптивно-ландшафтных систем земледелия, точного земледелия, почвенно-экологического мониторинга повышает требования к отображению пространственной неоднородности природной среды [3]. Автоматизированные методы картографирования могут рассматриваться как один из путей повышения качества и информативности как почвенных карт, так и карт почвенных свойств в сочетании с оценкой достоверности выходных карт. С внедрением цифровых методов достигается увеличение скорости картирования и снижение стоимости картографических работ [5]. Во всём мире сегодня происходит переход от бумажных карт к цифровым. Возможность применения автоматизированных методов картографирования и их стремительное развитие обусловлены возникновением и становлением цифровой почвенной картографии (ЦПК). С момента оформления ЦПК в самостоятельную дисциплину наблюдается огромный интерес к этому направлению и необыкновенно высокая скорость его развития [4].

Важной особенностью ЦПК является использование возможностей современных технологий для пространственного количественного анализа почвенного покрова на разных этапах исследования. Это, например,

GPS-приёмники – при полевых работах; цифровые модели рельефа – как источники цифровой информации о факторах среды. И, наконец, на чём мы остановимся подробнее, – математические и статистические методы – как средство обработки результатов исследований [2].

Объекты и методы. Целью работы являлось составление карт групп структур почвенного покрова (СПП) при помощи различных методов статистического обучения (машинного обучения), с последующим сравнением полученных результатов, на примере хозяйства ОАО «АФ «Роговатовская Нива» Старооскольского городского округа Белгородской области.

Исследуемое хозяйство расположено в южной части Среднерусской возвышенности, на территории Старооскольского городского округа Белгородской области. Данная территория характеризуется умеренно-континентальным климатом с прохладной зимой, продолжительным вегетационным периодом и умеренным атмосферным увлажнением. Большая часть используемых земель находится на водораздельных территориях, сильно изрезанных оврагами и балками, склоны которых подвержены эрозии. В качестве почвообразующих пород обычно выступают лессовые породы, залегающие на других породах четвертичного периода: водно-ледниковых, озёрно-ледниковых и моренных суглинках и глинах. На склонах балок почвообразующей породой выступает элювий мела. Согласно природно-сельскохозяйственному и почвенно-географическому районированию хозяйство расположено в зоне лесостепи на типичных черноземах (миграционно-мицелярные черноземы в «Классификации и диагностике почв России», 2004 г.; *Нарlic chernozems* в классификации WRB). Большая часть черноземов в пашне представлена смытыми категориями, в том числе средне- и сильносмытыми. Сравнительно велика доля лугово-чернозёмных и чернозёмно-луговых почв.

Было проведено полевое почвенно-ландшафтное обследование (252 точки почвенного опробования и 42 точки бурения) и в ходе работ была выявлена закономерность формирования СПП на территорию хозяйства.

С использованием топографической карты масштаба 1:10000 была построена цифровая модель рельефа (ЦМР) с разрешением 20 м в программе SAGA GIS. На основе ЦМР были рассчитаны морфометрические характеристики рельефа (крутизна, индекс конвергенции, водосборная площадь, индекс влажности и т.д.), которые задавали факторно-индикационную основу.

На исследуемой территории рельеф выступает главенствующим фактором распределения структур почвенного покрова. Следовательно, были использованы характеристики рельефа для выделения следующих групп

структур почвенного покрова: полугидроморфные, афтоморфные, слабоэрозионные, среднеэрозионные, сильноэрозионные, полугидроморфно-зональные, почвы ОБК.

Выделенные группы структур почвенного покрова задавали эталоны или обучающую выборку, на которой строятся вероятностно-статистические модели. Территория, не обеспеченная полевыми описаниями, образует обучаемую выборку [1].

В качестве средства построения вероятностной модели и интерпретации точечных описаний были использованы четыре метода машинного обучения: линейный дискриминантный анализ (linear discriminant analysis), мультиномиальная логистическая регрессия (multinomial logistic regression), случайный лес (random forest) и метод опорных векторов (support vector machine). Все перечисленные методы реализованы с помощью R – программной среды статистических вычислений.

Результаты и обсуждение. В итоге на территорию хозяйства, при помощи каждого из четырёх методов, была получена карта групп СПП.

На рисунке 1 изображена карта групп СПП, полученная методом линейного дискриминантного анализа. Также указаны полученные показатели точности статистической модели: общая точность 71% и коэффициент каппа 0.65.

На рисунке 2 изображена карта групп СПП, полученная с помощью метода «Мультиномиальная логистическая регрессия». Показатели точности здесь ниже, чем при дискриминантном анализе (общая точность

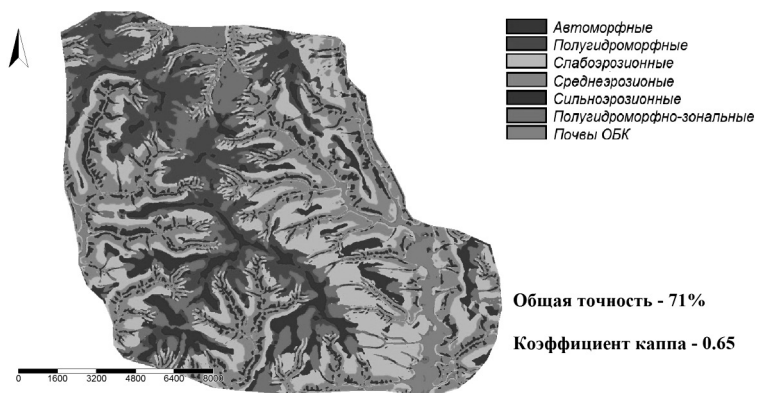


Рис. 1. Карта групп СПП, полученная с помощью метода «Линейный дискриминантный анализ»

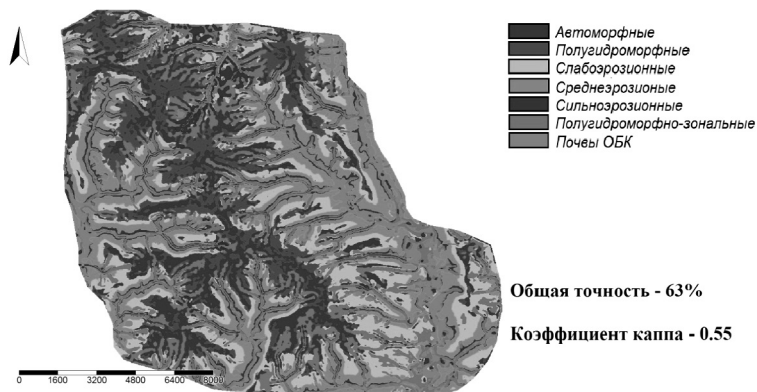


Рис. 2. Карта групп СПП, полученная с помощью метода «Мультиномиальная логистическая регрессия»

63% и коэффициент каппа 0.55). Это проявляется и в явных ошибках в разделении групп СПП, которые можно выявить при визуальном анализе полученной карты.

На рисунке 3 изображена карта групп СПП, полученная с помощью метода «Случайный лес». Картина здесь более адекватна рельефу исследуемой территории, по сравнению с предыдущей, но всё-таки можно наблюдать явные ошибки в разделении групп СПП. Показатели по крите-

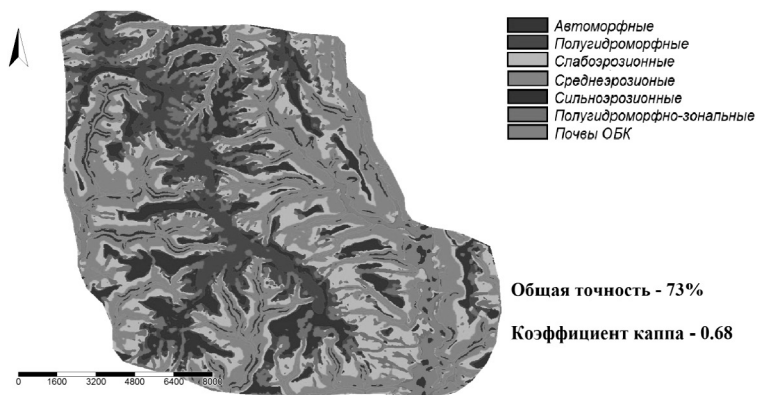


Рис. 3. Карта групп СПП, полученная с помощью метода «Случайный лес»

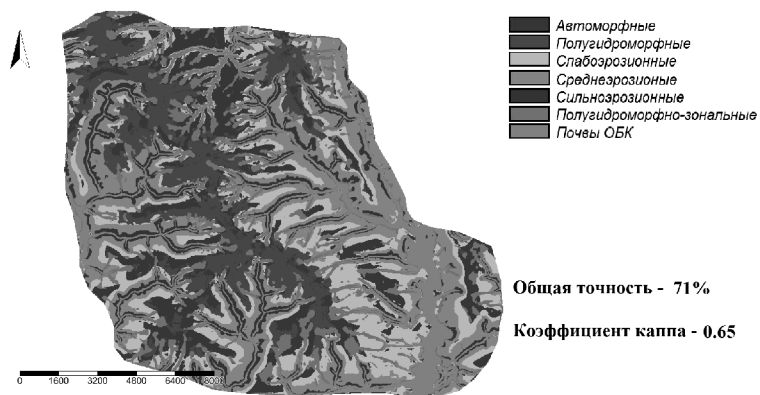


Рис. 4. Карта групп СПП, полученная с помощью «Метода опорных векторов»

риям точности модели у данного метода получились наиболее высокие (общая точность – 73, каппа – 0,68).

На рисунке 4 изображена карта групп СПП, полученная с помощью «Метода опорных векторов». Показатели точности статистической модели: общая точность 71% и коэффициент каппа 0.65.

На всех полученных картах присутствуют ошибки в разделении автоморфных и полугидроморфных групп СПП. Мы связываем это с малым количеством точек почвенного опробования и предполагаем, что картина улучшится при повторном проведении почвенно-ландшафтного картографирования и/или составлении модели уровня грунтовых вод (для более точного разделения автоморфных и полугидроморфных групп СПП) и включения этой модели в анализ в качестве одной из факторно-индикационных основ.

Выводы.

1) Меньшие показатели точности при исследовании данной территории показал метод «Мультиномиальной логистической регрессии» (Общая точность – 63%, коэффициент каппа – 0.56).

2) Лучшие показатели по общей точности и по коэффициенту каппа демонстрирует метод «Случайный лес» (Общая точность – 73%, коэффициент каппа – 0.68).

Список литературы

1. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю.Г. Пузаченко. – М.: Академия, 2004.

2. Сорокина Н.П. Опыт цифрового картографирования структуры почвенного покрова / Н.П. Сорокина, Д.Н. Козлов // Почвоведение. – 2010. – № 2. – С. 198–210.

3. Сорокина Н.П. Методы цифровой почвенной картографии в задачах агроэкологической оценки земель / Н.П. Сорокина, Д.Н. Козлов // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. – М. : Изд-во Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. – С. 140–154.

4. Budiman Minasny Digital soil mapping: A brief history and some lessons / Budiman Minasny, B. Alex. McBratney // Geoderma. – 2015. – Vol. 11.

5. MacMillan R.A. Automated predictive ecological mapping in a Forest Region of B.C., Canada, 2001–2005 / R.A. MacMillan, D.E. Moon, R.A. Courty // Geoderma. – 2008. – Vol. 140. – Issue 4. – P. 353–373.

УДК 631.4

**ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВ
(ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ЗАСУХИ)
НА СООТНОШЕНИЕ УГЛЕРОДА,
АЗОТА, ФОСФОРА
В ПОДВИЖНЫХ ФОРМАХ
И МИКРОБНОЙ БИОМАССЕ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

Дударева Дарья Михайловна

магистрант,

Пуцинский государственный естественно-научный институт,

г. Пуцино

E-mail: darya_dudareva@mail.ru

Квиткина Анна Константиновна

младший научный сотрудник,

Институт физико-химических

и биологических проблем почвоведения, РАН, г. Пуцино

E-mail: aqvia@mail.ru

Аннотация. На примере выщелоченного чернозема обсуждаются механизмы действия удобрений и абиотического стресса на стехиометрические отношения C:N и C:P в микробной биомассе и подвижных формах, экстрагируемых из почвы. Абиотические стрессы (высушивание–увлажнение и замораживание–оттаивание почвы) приводят к изменениям отношений C:N и C:P в микробной биомассе и подвижных формах, которые сопоставимы с изменениями величин C:N и C:P при внесении минеральных удобрений в почву.

Ключевые слова: стехиометрия биофильных элементов, микробная биомасса, абиотический стресс, подвижные формы, C:N, C:P, чернозем.

**INFLUENCE OF ABIOTIC STRESS (FREEZING AND DRYING)
ON THE RATIO OF CARBON, NITROGEN, PHOSPHORUS
IN MOBILE FORMS AND MICROBAL BIOMASS
IN LEACHED CHERNOZEM**

Dudareva D. M.

master student,

Pushchino State Natural Science Institute, Pushchino

E-mail: darya_dudareva@mail.ru

Kvitkina A. K.

junior Researcher,

Institute of Physical-Chemical and Biological Problems

in Soil Science, RAS, Pushchino

E-mail: aqvia@mail.ru

Abstract. The mechanisms of fertilizers application and abiotic perturbations on the stoichiometry ratios C:N and C:P in microbial biomass and labile dissolved forms in leached chernozem. The abiotic perturbations (drying–rewetting and freezing–thawing) result in C:N and C:P changes in both microbial biomass and dissolved forms, which are comparable with the C:N and C:P changes caused by soil fertilization.

Keywords: stoichiometry of biophilic elements, microbial biomass, abiotic stress, mobile forms, C:N, C:P, chernozem.

Внесение удобрений является основным фактором, определяющим соотношения C:N и C:P в доступных формах в почве при оптимальных гидротермических условиях. Однако наряду с удобрениями, абиотические стрессы (колебания температур, заморозки почвы, кратковременные и долговременные засухи, циклы замораживания–оттаивания и высушивания–увлажнения почвы) могут изменять соотношение C:N:P в подвижных формах и изменять доступность элементов минерального питания для растений [4].

В инкубационном эксперименте сравнивали воздействие долговременного внесения удобрений (стационарный полевой опыт) и кратковременного абиотического стресса (лабораторный опыт) на стехиометрию углерода, азота, фосфора в черноземе выщелоченном.

Образцы почв отбирались из долговременного полевого опыта по выращиванию кукурузы (с 1966 г.) на территории ОПС ВНИИ кукурузы Хохольского р-на, Воронежской обл. [2]. Объект исследования – агрочернозем среднemoshный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке. Полевой опыт расположен на выровненном водораздельном пространстве и ограничен лесополосами. Варианты: 1. Многолетняя

культура кукурузы ($N_{120}P_{60}K_{60}$ внесение удобрения под кукурузу более 50 лет; С орг. = 3,42%, N общ. = 0,27%, рН = 5,85), далее «NPK»; 2. Бессменная кукуруза без удобрений (С орг. = 3,37%, N общ. = 0,24%, рН = 6,2), далее «без удобрений»; 3. Бессменный черный пар (С орг. = 3,11%, N общ. = 0,16%, рН=6,6), далее «пар».

Для инкубационного опыта верхний слой почвы (0–25 см) увлажняли, прединкубировали две недели. Вариант высушивание–увлажнение: в течение 11 сут. высушивали почву при 22°C, на 11 сут. почву увлажняли вновь до 70% ППВ. Вариант замораживание–оттаивание: в течение 11 сут. почву замораживали при –10°C, на 11 сут. почву оттаивали при +4°C. Контролем служил параллельный вариант – оптимальное увлажнение (70% ППВ) и температура 22°C. Отборы производились на 1, 11, 12, 15, 19 сут.

В инкубационном эксперименте изучали изменение соотношения CNP в микробной биомассе и подвижных формах, экстрагируемых раствором 0.05 н. сульфата калия, в верхнем слое (0–25 см) чернозёма выщелоченного.

Для определения содержания С, N, P в микробной биомассе и подвижных формах воспользовались методом фумигации–экстракции, а также определили С и N на CHN-анализаторе LECO 5. На газовом хроматографе измеряли базальное дыхание (эмиссию углекислого газа). Экстракцию фосфора проводили с помощью анионно-обменных мембран с колориметрическим окончанием (реагенты молибдат аммония и аскорбиновая кислота) [1, 3, 5].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

CNP в растворимых формах. Внесение удобрений не сказалось на содержании растворимой формы углерода, но увеличило содержание азота (в 3–3,5 раза) и фосфора (в 3 раза). С:N (без удобрений) = 10, С:N (NPK) = 2, С:N (пар) = 5. С:P (без удобрений) = 26, С:P (NPK) = 7, С:P (пар) = 9.

После абиотического стресса произошел выход углерода в растворимые формы, в результате выхода внутреннего содержимого микробных клеток после их гибели. При воздействии высушивания–увлажнения наблюдали выход в растворимые формы С, N, P. При воздействии замораживания–оттаивания – только углерода.

При высушивании–увлажнении происходило волнообразное снижение отношения С:N, а при замораживании–оттаивании – постепенное повышение величины С:N. При высушивании–увлажнении отношение С:P почти не изменялось, а при замораживании–оттаивании значение С:P увеличилось, так же как и величина С:N во всех вариантах опыта.

CNP в микробной биомассе. Внесение удобрений не влияло на иммобилизацию С в микробной биомассе. Содержание азота и фосфора в микробной биомассе в 2–3 раза выше в варианте NPK, чем в варианте без удобрений и на пару. С:N (без удобрений) = 10, С:N (NPK) = 6, С:N (пар) = 17. С:Р (без удобрений) = 42, С:Р (NPK) = 13, С:Р (пар) = 35.

После абиотического стресса при высушивании–увлажнении в вариантах без удобрений и на пару происходит волнообразное изменение С:N, а в варианте с NPK снижение С:N в 2 раза. При замораживании–оттаивании происходит повышение С:N в варианте без удобрения и NPK, а на пару не изменилось. Через 12 ч. после увлажнения высушенной почвы отмечается резкое снижение С:Р, до С:Р = 3–4 во всех вариантах. Затем на вариантах без удобрения и на пару увеличивается С:Р до 94 и 115, соответственно. При замораживании–оттаивании в вариантах без удобрений и NPK С:Р не изменяется, а на пару С:Р снижается.

Таким образом, воздействие абиотических стрессов на стехиометрические отношения биофильных элементов С:N и С:Р в подвижных формах и микробной биомассе оказывается сопоставимыми или даже превышают изменения величин С:N и С:Р за счет внесения минеральных удобрений.

Работа выполнена под руководством Аллы Александровны Ларионовой, в.н.с., к.б.н., Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения, РАН, г. Пущино.

Выражаем благодарность с.н.с. ИФХиБПП РАН Дмитрию Васильевичу Сапронову за помощь в организации исследований.

Список литературы

1. *Благодатская Е.В.* Протокол определения экстрагируемого и микробного фосфора в почвах с помощью метода анион-обменных мембран / Е.В. Благодатская, И.В. Евдокимов. – 2014.
2. *Стулин А.Ф.* Влияние длительного применения удобрений в бессменном посеве кукурузы на ее продуктивность и вынос элементов питания на черноземе выщелоченном / А.Ф. Стулин // *Агрохимия*. – 2007. – №1. – С. 25–30.
3. *Cheesman A.W.* Interaction of Phosphorus Compounds with Anion Exchange Membranes. Implications for Soil Analysis / A.W. Cheesman, B.L. Turner, K.R. Reddy // *Soil Science Society of America Journal*. – 2010. – 74 (5). – P. 1607.
4. *Cleveland Cory C.* C:N:P stoichiometry in soil: is there a “Redfield ratio” for the microbial biomass? / Cory C. Cleveland, Daniel Liptzin // *Biogeochemistry*. – 2007. – № 85. – P. 235–252.
5. *Yevdokimov I.* Microbial immobilisation of phosphorus in soils exposed to drying–rewetting and freeze–thawing cycles / I. Yevdokimov, A. Larionova, E. Blagodatskaya // *Biology and Fertility of Soils*. – 2016. – 52 (5). – P. 685–696.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОЗОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОЧВЕННЫХ КАТЕН ПО ЗАПАСАМ ГУМУСА НА ПАШНЕ РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Смирнов Григорий Валерьевич

*магистрант, Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, г. Белгород
E-mail: 772235@bsu.edu.ru*

Чендев Ю. Г.

*доктор географических наук, профессор,
Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, г. Белгород*

Аннотация. На катенах полярных экспозиций выделяются ландшафтные микрозоны по запасам гумуса в почвах. В условиях катен северного направления максимальное значение данного показателя, как в лесу, так и на пашне разного возраста отмечается в транзитно-аккумулятивной и аккумулятивной микрозонах. С увеличением возраста распашки (150 лет) в аккумулятивной микрозоне запасы гумуса возрастают. Максимальные запасы гумуса в почвах катен южной экспозиции наблюдаются в транзитно-аккумулятивных микрозонах. Происходит постепенное увеличение запасов гумуса вниз по склону.

Ключевые слова: ландшафтные микрозоны, катены полярных экспозиций, запасы гумуса в почвах, деградация почв, распашка почв.

FEATURES MIKROSOMALNOE DIFFERENTIATION OF SOIL CATENAS ON THE RESERVES OF HUMUS IN THE ARABLE LAND OF DIFFERENT AGES

Smirnov G. V.

master student

*Belgorod state national research University, Belgorod
E-mail: 772235@bsu.edu.ru*

Chendev Yu. G.

*doctor of geographical sciences, professor,
Belgorod state national research University, Belgorod*

Abstract. On the catenas polar exposures are allocated landscape micro zone reserves of humus in the soil. In terms of catenas in the Northern direction, the maximum value of this indicator in the forest and on the arable land of different ages observed in the transit-accumulative and accumulative micro-zones. With increasing age of cultivation

(150 years) in the accumulation zone, the reserves of humus increases. The maximum amount of humus in the soil catenas of southern exposure are observed in the transit-accumulating microzones. There is a gradual increase in reserves of humus down the slope.

Keywords: landscape, micro zone, the catenas polar exposures, the reserves of humus in the soil, degradation of soils, disturbance of soils.

Структура почвенного покрова изменяется под воздействием антропогенных факторов. Наиболее значимым из них является вековая распашка ландшафтов, которая приводит к изменению компонентного состава почвенного покрова и появлению антропогенно-модифицированных почв. Воздействие длительной распашки на почвы вызывает однонаправленный процесс деградации. Изучение направления данного процесса и стадии его изменения является важным аспектом в современном почвоведении. Проблема агротехнической трансформации лесостепных почв требует более детального изучения. Поэтому целью данного исследования явилось – изучение влияния распашки на запасы гумуса в катенарных сопряженных лесостепных почвах.

В задачи исследования входило: 1) выявить микрозональную дифференциацию на контрастных склонах в почвах по запасам гумуса; 2) установить влияние разновременной распашки на данный показатель.

Исследования проводили на лугово-степных и широколиственных лесных ключевых участках. Ключевые участки находились в урочище Батрацкая дача, который расположен в 20 км юго-восточнее г. Белгорода на водораздельных склонах. Изучаемыми объектами являлись лесостепные почвы, приуроченные к пространственно сопряженным угодьям: пашням разных сроков освоения (100 лет и 150 лет) и лесным угодьям. На 6 катенах полярных экспозиций было заложено 42 разреза и у каждого разреза дополнительно закладывались скважины. Основными методами исследования являлись: генетического анализа почвенного профиля, сравнительно-географический, оценки гумусного состояния почв. Идентификация территорий, в разное время вовлеченных в земледельческое освоение основана на сравнительном анализе карт конца XVIII, середины XIX века и начала XX столетия.

Содержание гумуса в почвах на различно ориентированных склонах зависит от соотношения между процессами накопления и его убылью. Почвы на склонах южной экспозиции характеризуются меньшим его содержанием по сравнению с почвами, которые сформировались в условиях северной экспозиции. На северных склонах происходит постепенное уменьшение содержания гумуса с глубиной, а на южных

склонах такая тенденция не наблюдается, вследствие резкого падения гумуса с глубиной [1].

Запасы органического вещества являются важным показателем плодородия почв полярных катен. В зависимости от ландшафтной микрозоны возникает их дифференциация по данному признаку.

В условиях элювиальной микрозоны в лесу на катене северной экспозиции запасы гумуса достоверно ниже (383,2 т/га), чем в почвах катены южной экспозиции (401,6 т/га). В почвах пашни векового использования в условиях катены северной экспозиции (329,8 т/га) наоборот этот показатель значительно выше, чем на катене южной экспозиции (274,7 т/га). На катенах, заложенных в условиях 150 летней пашни, отмечается такая же тенденция, как и в микрозоне в лесу (табл. 1).

В транзитно-элювиальной микрозоне, на катенах южной экспозиции, расположенных в лесу наблюдается достоверное увеличение запасов гумуса на 101,3 т/га, по сравнению с показателем в условиях катены северного направления. Обратная тенденция наблюдается на пашне длительного использования (пашня 150 лет), где запасы гумуса в почвах на катене южной экспозиции меньше на 28,7 т/га.

Запасы гумуса в транзитной микрозоне на полярных катенах изменяются неравномерно. На лесных участках между показателями разницы нет, и значения находятся на одном уровне (389,4 и 391,9 т/га). На пашне 100-летнего использования разница между запасами гумуса в почвах в условиях южной катены выше на 73,3 т/га, чем на северной, в тоже время на пашне длительного сельскохозяйственного использования (пашня 150 лет) отмечается уменьшение запасов гумуса на 67,2 т/га. Таким обра-

Таблица 1

**Запасы гумуса (т/га) в слое 0–200 см
в почвах ландшафтных микрозон сопряженных катен**

	Северная экспозиция			Южная экспозиция		
	лес	пашня 100 лет	пашня 150 лет	лес	пашня 100 лет	пашня 150 лет
Э	383,2	329,8	292,0	401,6	274,7	321,7
ТЭ	297,3	351,6	342,4	398,6	361,8	313,7
Т	389,4	323,9	342,6	391,9	397,2	275,4
ТА	476,6	350,1	456,7	439,3	302,9	408,9
А	335,1	324,6	609,0	316,5	–	388,7
среднее по катене	380,0	332,5	389,7	390,3	355,2	322,7

НСР₉₅ Фактор А – экспозиция – 11,1%,
Фактор В и АВ – виды угодий – 13,6 %.

зом, в транзитной микрозоне распашка почв в течение 150 лет на катене южной экспозиции приводит к уменьшению запасов гумуса, а в условиях 100 летнего использования наоборот выявлено его накопление (табл. 1).

В транзитно-аккумулятивной микрозоне запасы гумуса в почвах на лесном участке катены северной экспозиции выше на 37,3 т/га (476,6 т/га), чем в условиях южной (439,3 т/га). Такая закономерность отмечается и на разновременной пашне. Запасы гумуса стабильно снижались в почвах катены южной экспозиции на 47,2 и 47,8 т/га соответственно возрасту распашки.

Перенесенная по катене поверхностными водами почвенная масса, накапливается у подножья склона. Поэтому запасы гумуса в аккумулятивной микрозоне значительно выше в условиях катены северной экспозиции, как в почвах лесного участка, так и на разновозрастной пашне. Максимальное количество наблюдалось на пашне 150 лет и достигало 609,0 т/га (табл. 1).

При анализе гумусного состояния представляется важным провести оценку изменения запасов гумуса в почвах катен, как одного из основных параметров почвенного плодородия.

Сравнивая запасы гумуса в условиях полярных катен, следует отметить, что данный показатель на лесном участке практически не меняется и остается на одном уровне. Разница между значениями незначительная, что говорит о стабильности признака. В почвах при использовании пашни в течении 100 лет отмечается заметная разница (на 22,7 т/га) между запасами гумуса в почвах катены южной экспозиции, по сравнению с показателем на катене северного направления. Длительная распашка (пашня 150 лет) привела к существенному изменению запасов гумуса. Наблюдается значительная разница между показателями. В почвах катены северной экспозиции на 67,0 т/га запасы гумуса выше, чем в условиях катены южного направления (табл. 2).

Таким образом, в почвах в условиях полярных катен наблюдается микрозональная дифференциация по запасам гумуса. Данный процесс происходит неоднородно. В условиях катены северной экспозиции на лесном участке наибольшие запасы гумуса (476,6 т/га) отмечаются в почвах транзитно-аккумулятивной микрозоны, наименьшие в почвах транзитно-элювиальной микрозоны (297,3 т/га). На пашне вековой распашки запасы гумуса в почвах распределены более равномерно по микрозонам. Выделяются по наибольшим запасам микрозоны транзитно-элювиальные (351,6 т/га) и транзитно-аккумулятивные (350,1 т/га). Более длительная распашка почвенного покрова (150 лет) приводит к значительному накоплению запасов гумуса (609,0 т/га) в аккумулятивной микрозоне, наи-

**Оценка значимости различий запасов органического вещества
в слое 0–200 см в условиях полярных катен при одновременном
земледельческом освоении по критерию НСР при уровне вероятности 95 %**

Варианты	Показатели		Разница	НСР	Оценка разницы
	X_1	X_2			
Лес: Южная (X_1) и северная экспозиции (X_2)	390,3	380,0	10,3	15,3	несущественная
Пашня 100 лет: Южная (X_1) и северная экспозиции (X_2)	355,2	332,5	22,7	15,8	существенная
Пашня 150 лет: северная экспозиции (X_1) и Южная (X_2)	389,7	322,7	67,0	28,8	существенная

меньший показатель отмечается в элювиальной микрозоне (292,0 т/га). Наблюдается постепенное увеличение запасов гумуса по катене сверху вниз. В среднем по катене происходит уменьшение запасов гумуса в ряду: лес (380,0 т/га) – пашня 100 лет (332,5 т/га), а затем наблюдается его увеличение в ряду: пашня 100 лет–пашня 150 лет (389,7 т/га).

В почвах на склоне южной экспозиции запасы гумуса распределяются по видам угодий неравномерно. На лесном участке максимальные значения показателя наблюдаются в почвах элювиальной (401,6 т/га) и транзитно-аккумулятивной микрозон (439,3 т/га). В условиях вековой пашни прослеживается увеличение запасов гумуса по катене и максимальное значение отмечается в почвах транзитной микрозоны (397,2 т/га). Длительная распашка приводит к значительному увеличению запасов гумуса в транзитно-аккумулятивной микрозоне (408,9 т/га). В почвах по катене южного направления в среднем происходит постепенное уменьшение запасов гумуса в ряду: лес 390,3 т/га – пашня 100 лет (355,2 т/га) – пашня 150 лет (322,7 т/га).

Список литературы

1. *Смирнов Г.В.* Влияние длительной распашки на содержание гумуса в почвах полярных катен / Г.В. Смирнов, Ю.Г. Чендев // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сб. докладов научно-практ. конф. курского отделения МОО «Общества почвоведов им. В.В. Докучаева», посвященной Международному году почв. – Курск : ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2015. – С. 176–181.

ЭМИССИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO₂, N₂O, CH₄) ПОЧВАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Козорезова Ирина Васильевна

аспирант,

Воронежский государственный университет, г. Воронеж

E-mail: i.samoshkina@yandex.ru

Аннотация. В настоящее время тема глобального изменения климата пользуется повышенным интересом среди ученых и исследователей. Одним из ведущих факторов, определяющих климатические процессы, является так называемый парниковый эффект, который обусловлен поступлением в атмосферу парниковых газов. Несмотря на актуальность проблемы, существующая информация по влиянию различных видов природопользования на почвенную эмиссию ограничена. В данной статье описывается зависимость эмиссии парниковых газов от типа землепользования.

Ключевые слова: метан, углекислый газ, закись азота, парниковые газы, ценоз, сукцессия, тип землепользования.

GREENHOUSE GAS EMISSIONS (CO₂, N₂O, CH₄) SOILS OF DIFFERENT LAND USE TYPE

Kozorezova I. M.

PhD student, Voronezh State University, Voronezh

E-mail: i.samoshkina@yandex.ru

Abstract. Currently, the topic of global climate change is in high interest among scientists and researchers. One of the main factors determining the climate process is the so-called greenhouse effect, which is due to the receipt of greenhouse gases. Despite the urgency of the problem, the existing information on the impact of different types of environmental management on soil emissions is limited. This article describes the dependence of the greenhouse gas emissions from land-use type.

Keywords: methane, carbon dioxide, nitrous oxide, greenhouse gases, cenosis, succession, land use type.

Введение. Одна из важнейших задач современной экологии – отслеживание и прогнозирование климатических изменений, связанных с увеличением содержания в атмосфере так называемых парниковых газов. Основными парниковыми газами, в порядке их воздействия на тепловой баланс Земли, являются водяной пар, углекислый газ, метан, озон, сульфурилфторид, галоуглероды, оксиды азота и др. [1, 2, 3]. Все эти газы, за исключением промышленных, имеют естественное происхождение.

Сельское, лесное хозяйство, и другие типы землепользования отвечают за немногим менее четверти (~ 10–12 Гт CO₂экв/ год) антропогенных выбросов парниковых газов, главным образом, в результате обезлесения и сельскохозяйственных выбросов из почвы [1]. Среди выбросов парниковых газов лесными экосистемами, необходимо выделить сектор антропогенной деградации лесов и сжигания биомассы (лесные пожары), который также вносит существенный вклад в общую картину эмиссии. Ежегодные выбросы парниковых газов от сельскохозяйственного производства в 2000–2010 годы были оценены в 5,0–5,8 Гт CO₂экв/ год [1].

Объекты и методы. Объектом нашего исследования стали почвы двух типов землепользования – сельскохозяйственные земли (почвы ВНИИСС имени А.Л. Мазлумова) и земли лесного фонда (объектом исследования стали почвы БУНЦ Веневитиново с двумя типами ценозов – лес и сукцессия после пожара 2010 года). Почвы сельскохозяйственных земель представлены черноземами выщелоченными малогумусными среднemosными тяжелосуглинистыми на покровных карбонатных лессовидных суглинках. В данном эксперименте были изучены эмиссии газов почвой контрольного и опытного (участка с дополнительным внесением азотистого удобрения и соломы) [4]. Почвы лесного фонда охарактеризованы нами как дерново-подзолистые хорошо дифференцированные элювиально-железистые песчаные на древнем аллювии.

Исследование потоков метана, закиси азота и углекислого газа проводилось с помощью метода экспозиционных камер [1] в течение двух лет – 2014 и 2016 гг. В начале измерительного периода на участках наблюдения в поверхность почвы врезались основания, на которые во время измерения устанавливалась камера. Образцы воздуха отбирались через 0, 30 и 60 минут с момента начала экспозиции шприцами в герметизированные стеклянные вials с последующим определением содержания газа на хроматографе КРИСТАЛЛ-5000.2 с детекторами пламенно-ионизационным (ПИД) и электронного захвата (ЭЗД). Поток рассчитывался по трем полученным значениям на основании уравнения идеального газа.

Обсуждение результатов. Изучение эмиссии углекислого газа выявило высокий почвенный поток CO₂ на сукцессионных почвах – в 2014 г. – 54 г CO₂/м² в сутки, который снижается по мере восстановления экосистемы после пожара (в 2016 г. до 35 г CO₂/м² в сутки) (рис. 1).

При этом поток углекислого газа в общем на землях сельскохозяйственного использования оказался ниже по сравнению с лесными экосистемами. Наименьший поток CO₂ отмечается на опытном участке – 11,1 г CO₂/м² в сутки. Необходимо отметить, что во всех ценозах (кроме

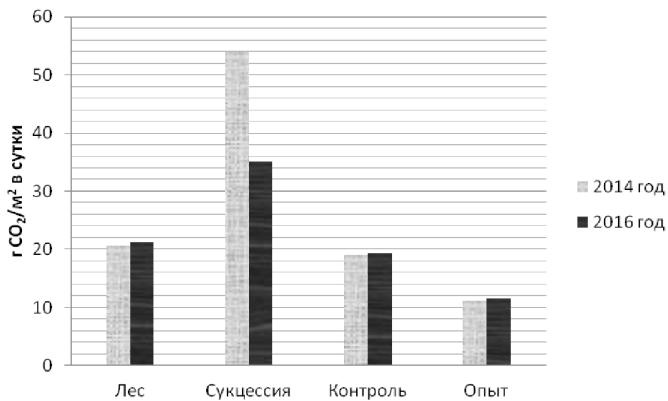


Рис. 1. Эмиссия CO₂ почвами различных ценозов

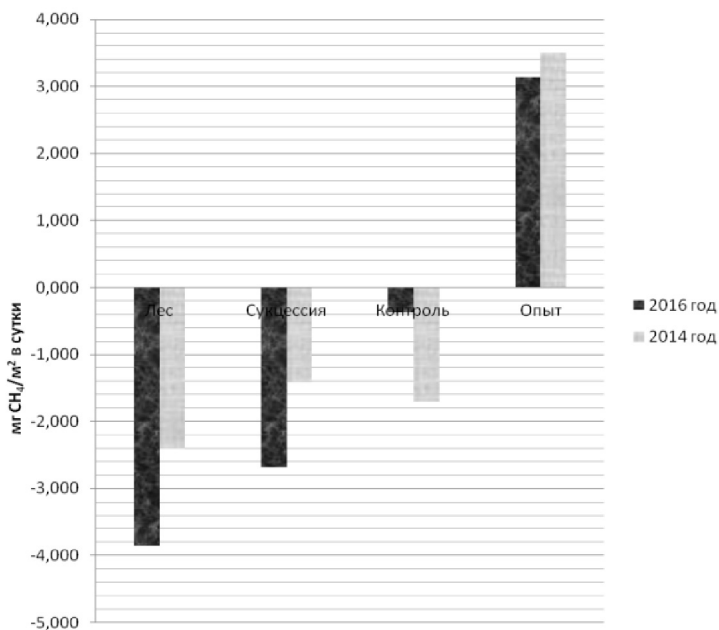


Рис. 2. Эмиссия CH₄ почвами различных ценозов

сукцессии) наблюдается тенденция к небольшому количественному увеличению потока CO_2 .

Исследуемые почвы лесных экосистем на протяжении всего исследования являлись стоком для метана (рис. 2). Максимальная величина поглощения отмечалась на лесных почвах $3,8 \text{ мг/м}^2$ в сутки, минимальная на сукцессии — $0,36 \text{ мг/м}^2$ в сутки. Только в опытном участке наблюдается положительный поток CH_4 (до $3,5 \text{ мг/м}^2$ в сутки). То может быть связано с внесением органических удобрений на данном участке, способствующее увеличению количества почвенных микроорганизмов.

При исследовании эмиссии метана почвами различных типов природопользования можно отметить сток на контрольном участке ($0,15 \text{ г CH}_4/\text{м}^2$ в сутки) и поток на опытном участке — до $0,141 \text{ г CH}_4/\text{м}^2$ в сутки, что также может быть вызвано антропогенным привнесением азотных соединений в почву в виде удобрений и загрязняющих веществ (рис. 3).

Выводы. Таким образом, эмиссия парниковых газов в пределах одного типа почвы различается в зависимости от ценоза. Поток CO_2 оказался наибольшим на почвах сукцессии, а потоки метана и закиси азота количественно выше на опытном участке сельскохозяйственных земель. В связи

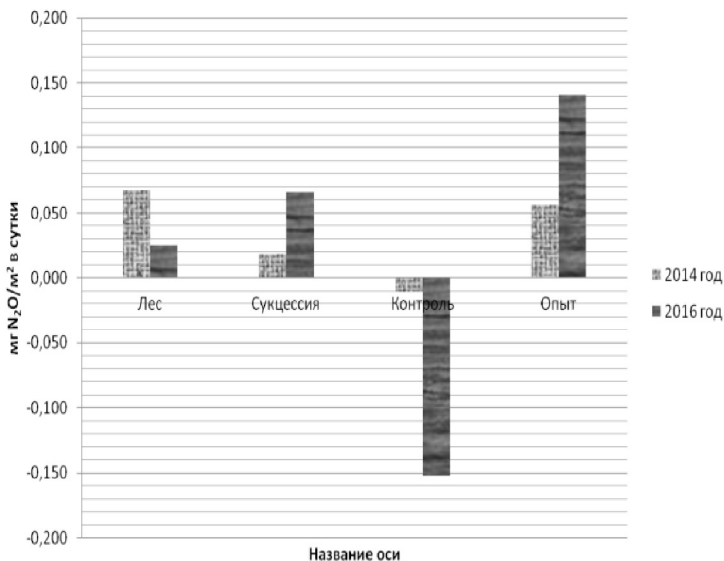


Рис. 3. Эмиссия N_2O почвами различных ценозов

с этим можно сделать вывод о присутствии антропогенного влияния на эмиссию парниковых газов.

Данная работы выполнена под руководством д.б.н., проф. Девятовой Татьяны Анатольевны.

Список литературы

1. IPCC: Climate Change 2014: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) / P. Smith, M. Bustamante, H. Ahammad, H. Clark, H. Dong (China), E.A. Elsiddig, H. Haberl, R. Harper (eds.) // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. – P. 811–922.

2. *Визирская М.М.* Экологическая оценка роли городских газонов в формировании потоков парниковых газов /М.М. Визирская и др. // Вестник РУДН. – 2013. – № 5. – С. 32 – 47.

3. *Девятова Т.А.* Скорость и интенсивность выделения закиси азота черноземом обыкновенным в различных ценозах / Т.А. Девятова, А.А. Авксентьев // Вестник ВГУ. – 2010. – № 2. – С. 76–80.

4. *Черепухина И.В.* Повышение урожайности сахарной свеклы при использовании соломы зерновых культур / И.В. Черепухина, Н.В. Безлер // Материалы межд. научно-практич. конф., посвященной 170-летию В.В. Докучаева. – Воронеж: Изд-во Воронежского гос. аграрного ун-та, 2016. – С. 134–138.

УДК 631.4

ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКОЙ ОЧАГОВ ВЕСЕННЕГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ПАШНИ В ОПТИЧЕСКОМ И РАДИО-ДИАПАЗОНАХ (SENTINEL 1, SENTINEL 2, LANDSAT 8 OLI)*

Грибов Василий Вахтангович

Почвенный Институт имени В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: vas1988@yandex.ru

Левченко Екатерина Александровна

Почвенный Институт имени В.В. Докучаева, г. Москва

E-mail: novichkova.ea@mail.ru

Аннотация. Рассматривается возможность дистанционной диагностики и мониторинга очагов переувлажнения пахотных массивов лесостепной зоны (мочаров) на основе открытых материалов оптических и радарных съемок спутников (Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 OLI). На основе сопоставления материалов разных снимков за близкие сроки сделан вывод об ограниченной возможности диагностировать мочары на основе материалов радарной съемки. За счет более высокого разрешения (12 м) и более высокой повторяемости съемки (5 дней) снимки Sentinel-2 предпочтительнее снимков Landsat 8 OLI.

Ключевые слова: Landsat 8 OLI, Sentinel 1, Sentinel 2, гидроморфизм, дистанционная диагностика.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-35-00539.

**THE POSSIBILITIES OF REMOTE SENSING
OF OVERMOISTENED AREAS
ON PLOWLAND IN OPTICAL AND RADIO RANGES
(SENTINEL 1, SENTINEL 2, LANDSAT 8 OLI)**

Gribov V. V.

Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: vas1988@yandex.ru

Levchenko E. A.

Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: novichkova.ea@mail.ru

Abstract. The possibilities of remote sensing of the hydromorphic areas (mochars) of the forest-steppe zone on the basis of open-source materials of optical and radar survey with (with the help of Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8 OLI) were studied. On the basis of the comparison of different space images for the short time period we concluded that area of use of the radar images for remote sensing of the hydromorphic areas is quite restricted. Due to the high resolution (12 m) and the highest resurvey rate (5 days) the images derived from Sentinel 2 are more preferable than ones derived from Landsat 8 OLI.

Keywords: Landsat 8 OLI, Sentinel 1, Sentinel 2, hydromorphism, remote sensing.

Введение. В последние десятилетия, в лесостепной и степной зоне отмечается увеличение площадей переувлажнённых земель и мочарных ландшафтов [4]. Проявление процессов вторичного гидроморфизма (оглеение, осолонцевание, засоление, слитизация) ведёт к деградации земель, что требует проведения дорогостоящих мелиораций, либо приводит к сокращению площади обрабатываемых земель (Деградация богарных и орошаемых черноземов ..., 2012). В целях мониторинга и изучения пространственного распространения очагов гидроморфизма перспективно использование данных дистанционного зондирования. В фундаментальном отношении изучение распространения переувлажнения способствует углублению знаний о региональных особенностях почвенно-ландшафтных связей. В прикладном отношении, дистанционная диагностика переувлажненных земель востребована при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий.

Приобретение коммерческих снимков для целей мониторинга переувлажнения затратно и поэтому затруднительно. Из открытых данных наиболее популярны продукты Landsat 8 OLI (оптический сенсор), Sentinel 1 (радарный сенсор) и Sentinel 2 (оптический сенсор). Оптические сенсоры характеризуются низкой частотой повторной съёмки и зависимостью

от погодных условий. Эти качества мешают составить непрерывный временной ряд динамики переувлажнения, нужный для дистанционно-го определения степени переувлажнения [2]. Радиолокационная система с синтезированной апертурой свободна от подобных ограничений и обладает высокой частотой повторной съёмки (5 дней). Однако возможности практического использования радарной съёмки для диагностики мочаров ранее не исследовались. Цель данной статьи – сопоставить информативность изображений, полученных со спутников Sentinel 1 и 2 и Landsat 8 OLI, по отношению к диагностике локализации мочаров и их сезонной и межгодовой изменчивости.

Объекты и методы исследований. В качестве модельного региона использованы пахотные массивы междуречного недренируемого типа местности Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности. Оно представлено пологоволнистыми слабо- и среднерасчленёнными эрозионно-денудационными равнинами, сложенными тяжело-суглинистыми лессовидными суглинками с водоупором на контакте с мореной и озерными глинами раннечетвертичного возраста и осложненными термокарстовыми и суффозионными западинами, испытывающими переувлажнение до двух месяцев после окончания снеготаяния. Норма выпадения осадков в этой зоне является повышенной и составляет 550 мм. В отдельные годы выпадает до 800 мм осадков. Почвенный покров, представлен луговато-, лугово-черноземными и луговыми почвами с выраженными признаками оглеения и оподзоленности [1]. Их распространение в связи с особенностями мезо- и микрорельефа установлено при детальной почвенно-топографической съёмке трех ключевых участков, контрастных по условиям весеннего проявления почвенного переувлажнения.

Использованы сцены наиболее близких сроков радиолокационной и оптической съёмки космических аппаратов Landsat 8 OLI (26.06.2016), Sentinel 1 (29.06.2016) и Sentinel 2 (15.07.2016), распространяемые свободно.

Результаты и обсуждение. Ареалы весеннего переувлажнения четко выделяются на снимках оптического диапазона (Landsat 8 и Sentinel-2) в виде темных пятен, поскольку поверхность с избыточным увлажнением интенсивнее поглощает солнечный свет, особенно в среднеинфракрасной зоне спектра (рис. 1). По материалам радиолокационных снимков Sentinel-1 достоверно дешифровать удалось лишь залитые водой западины. Различить на радиолокационном изображении участки открытой поверхности почвы разной влажности не удалось. Вероятно шероховатость поверхности является более значимым фактором формирования радиолокационного изображения.

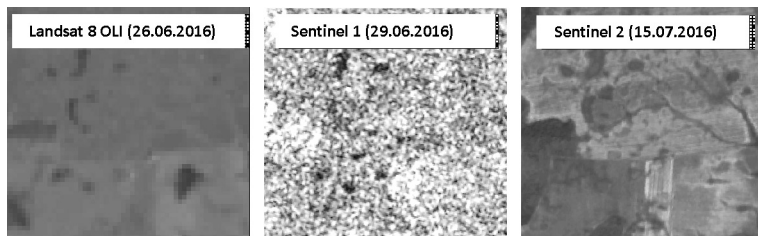


Рис. 1. Сравнение продуктов Landsat 8 OLI, Sentinel 1 и Sentinel 2 (чёрные пятна соответствуют открытой поверхности воды в днищах западин в момент съёмки)

Выводы. Радиолокационные снимки спутника Sentinel-1, возможно использовать для дешифрирования западин, заполненных открытой водой большого объёма. Дифференцировать с их помощью интенсивность переувлажнения открытой поверхности почвы практически невозможно. Предположительно, ввиду того, что шероховатость поверхности является более значимым фактором в формировании радиолокационного изображения. За счёт более высокого разрешения (12 м) и более высокой повторяемости съёмки (5 дней) снимки Sentinel-2 предпочтительнее снимков Landsat 8 OLI. Однако, их применение, точно так же как и у Landsat 8 OLI, ограничено погодными условиями.

Список литературы

1. Левченко Е.А. Гидроморфные и полугидроморфные почвы лесостепи Вороно-Цнинского междуречья Приволжской возвышенности: диагностические свойства и классификация / Е.А. Левченко, Д.Н. Козлов, М.А. Смирнова, Т.Н. Авдеева // Бюллетень Почвенного института. – 2017. (принята к печати).
2. Романова Т.А. Водный режим почв Беларуси / Т.А. Романова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 144 с.
3. Petropoulos G.P. Surface soil moisture retrievals from remote sensing: Current status, products & future trends / G.P. Petropoulos, G. Ireland, B. Barrett // Physics and Chemistry of the Earth. – 2015. – P. 1–21.
4. Bedard-Haughn A. Managing excess water in Canadian prairie soils: A review / A. Bedard-Haughn // Can. J. Soil. Sci. – 2008. – P. 157–169.
5. Doubkova M. Evaluation of the predicted error of the soil moisture retrieval from C-band SAR by comparison against modelled soil moisture estimates over Australia / M. Doubkova, A. Van Dijk, D. Sabel, W. Wagner, G. Blüschl // Remote Sensing of Environment. – 2012. – P. 188–196.
6. Gala T.S. Monitoring prairie wet area with an integrated LANDSAT ETM+, RADARSAT-1 SAR and ancillary data from LIDAR / T.S. Gala, A.M. Melesse // Catena 95. – 2012. – P. 12–23.

УДК 631.43

МИКРОАГРЕГАТНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ

Юдина Анна Викторовна

МГУ им. М.В. Ломоносова,

ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: anna.v.yudina@gmail.com

Милановский Евгений Юрьевич

доктор биологических наук,

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,

ФГБНУ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва

E-mail: milanovskiy@gmail.com

Аннотация. На примере гумусового горизонта чернозема типичного под лесополосой определен микроагрегатный состав при различных способах подготовки образцов к анализу. Равноценное воздействие на твердую фазу почвы, воспроизводимые и аналогичные результаты дают взбалтывание водной суспензии почвы и ее кипячение.

Ключевые слова: микроструктура, пробоподготовка, лазерная дифракция

MICROAGGREGATE ANALYSIS OF TYPICAL CHERNOZEM BY LASER DIFFRACTION TECHNIQUE

Yudina A. V.

Lomonosov Moscow State University,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: anna.v.yudina@gmail.com

Milanovskiy E. Yu.

doctor of biological sciences,

Lomonosov Moscow State University,

V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: milanovskiy@gmail.com

Abstract. In this work microaggregate composition of typical chernozem was investigated using different pretreatments of soil samples. Shaking of soil suspension and its boiling have an equal influence on soil solid phase and give replicable and similar results.

Key words: microstructure, pretreatment, laser diffraction

Для каждого из структурных уровней почв характерны свои механизмы стабилизации [4]. Элементарные почвенные частицы (ЭПЧ) – обломки горных пород и минералов, а также аморфные соединения, все элементы

которых находятся в химической взаимосвязи и не поддаются разрушению общепринятыми методами пептизации [3]. ЭПЧ являются наиболее стабильными структурными единицами. Агрегаты – группа частиц, связанных между собой прочнее, чем с соседними почвенными частицами [3, 7]. К микроагрегатам относят агрегаты размерами меньше 0.25 мм [1, 3, 5] или от 0.002 до 0.25 мм [8]. Согласно [6], микроагрегаты – устойчивые по отношению к диспергации частицы насыщенных оснований минеральных почв, состоящие в основном из илистых частиц и гумифицированного органического вещества (ОВ), связанных между собой поливалентными ионами металлов. Считается, водоустойчивость микроагрегатов связана со стабильными компонентами ОВ почв [8]. Однако иногда сложно определить взаимосвязь между ОВ и микроагрегацией, т.к. только какая-то из частей ОВ может быть ответственной за водоустойчивость микроагрегатов [8, стр. 142].

Границы между данными структурными уровнями условны. Причем, определение микроагрегата по Эдвардсу [5] и ЭПЧ по Шеину [3] в некоторых случаях совпадают. А методы пробоподготовки могут сильно отличаться в зависимости от школы почвоведения или поставленной задачи.

Существуют различные методы определения микроагрегатного состава почв. Чаще всего используются методы, основанные на явлении седиментации. В последние годы возрастает популярность метода лазерной дифракции (ЛД), как наиболее быстрого и требующего небольшое количество образца для анализа (десятки – несколько сотен миллиграмм). Большим преимуществом метода является получаемое в результате непрерывное распределение частиц по размерам. Однако необходима адаптация методов пробоподготовки к меньшей массе навески, используемой в методе ЛД.

Цель исследования – сравнение различных методов пробоподготовки образцов почв к микроагрегатному анализу методом ЛД.

Объектом исследований – гумусовый горизонт чернозема типичного, под лесополосой (1962 года посадки, трехрядная, непродуваемой конструкции, основная порода – дуб черешчатый) на территории Курского НИИ АПП. Определение микроагрегатного и гранулометрического состава проводились на лазерном анализаторе размеров частиц Microtrac Bluewave (США). Для гранулометрического анализа использовали ультразвуковую диспергацию водной суспензии пробы с энергией 500 Дж/см³ (S-250, Branson, США), обеспечивающей максимальный выход илистой фракции.

Варианты пробоподготовок к микроагрегатному анализу:

1) взбалтывание (5, 10 минут далее до 120 с шагом 10 минут) водной суспензии на орбитальном шейкере (OS-20, Biosan, Латвия) со скоростью 150 rpm;

- 2) кипячение водной суспензии в течение 1 часа [2];
- 3) перемешивание в течение 1 мин навески почвы с 1 мл $H_2O_{\text{дист.}}$ (после 10 мин насыщения) стеклянной палочкой с резиновым наконечником;
- 4) перемешивание в течение 1 мин навески почвы с 1 мл 0.4% $Na_4P_2O_7$ (после 10 мин насыщения) стеклянной палочкой с резиновым наконечником.

После пробоподготовки (1 – 4), для фракции образца < 0.25 мм, проводился микроагрегатный анализ. Все варианты пробоподготовок сделаны в трехкратной повторности.

Взбалтывание водной суспензии (рис. 1а). После 80 минут происходит значимое уменьшение среднего диаметра частиц (D_{50} , мкм), который далее остается постоянным. На графике распределения частиц по размерам видно, что это произошло вследствие разрушения фракции микроагрегатов со средним диаметром ~130 мкм. Кипячение водной суспензии в течение часа не приводит к значимым изменениям в распределении микроагрегатов по размерам по сравнению с взбалтыванием. Перемешивание стеклянной палочкой почвенной суспензии приводит к нестабильным результатам (возрастает стандартное отклонение по фракциям) и является слишком сильным воздействием на микроагрегаты по сравнению с двумя другими методами пробоподготовки. Кроме того, при всех рассмотренных методах пробоподготовки на сите 0.25 мм остаются устойчивые мик-

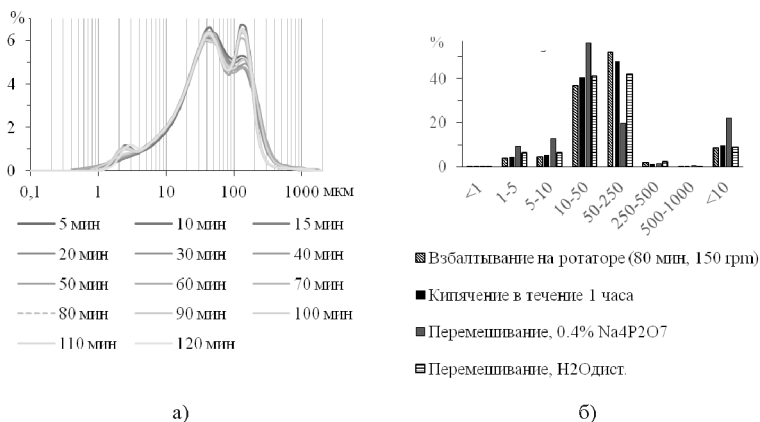


Рис. 1. Распределение микроагрегатов по размерам. Взбалтывание водной суспензии (а); Распределение микроагрегатов по фракциям в зависимости от способа пробоподготовки (б)

роагрегаты. Квалификационные границы коэффициента дисперсности по Качинскому и степени агрегированности по Бэйверу, рассчитываемы по данным ЛД, из-за различия содержания илистой фракции, определяемой по седиментации и методом ЛД, отличаются и требуют уточнения.

Пробоподготовка образцов к микроагрегатному анализу путем взбалтывания водной суспензии почвы или ее кипячения, оказывает равноценное воздействие на твердую фазу почвы. Для корректной интерпретации результатов анализа методом лазерной дифрактометрии необходима адаптация квалификационных показателей, разработанных на основе седиментационных методов.

Список литературы

1. *Гедройц К.К.* Почва как культурная среда для сельскохозяйственных растений / К.К. Гедройц // Носовская сельско-хозяйственная опытная станция. – 1926. – С. 42.
2. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
3. *Шеин Е.В.* Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
4. *Amezketta E.* Macro-and micro-aggregate stability of soils determined by a combination of wet-sieving and laser-ray diffraction / E. Amezketta // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2003. – 4: Т. 1. – P. 83–94.
5. *Edwards A.P.* Microaggregates in soils / A.P. Edwards, J.M. Bremner // Journal of Soil Science. – 1967. – 1: Т. 18. – P. 64–73.
6. *Edwards A.P.* Dispersion of soil particles by sonic vibration / A.P. Edwards, J.M. Bremner // J. Soil Sci. – 1967. – №18. – P. 47–63.
7. *Kemper W.D.* Aggragate stability and size distribution / W.D. Kemper, R.C. Rosenau // Methods of Soil Analysis. – 1984. – 2-nd ed.
8. *Tisdall J.M.* Organic matter and water-stable aggregates in soils / J.M. Tisdall, J.M. Oades // J. Soil Science. – 1982. – №33. – P. 141–163.

Содержание

Предисловие	3
ГЕНЕЗИС, ГЕОГРАФИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ	
<i>Щеглов Д. И.</i> ЧЕРНОЗЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ РОССИИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ	5
<i>Лебедева И. И.</i> ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ГЕОГРАФИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ.....	19
<i>Жуланова В. Н.</i> МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ТУВЫ.....	23
<i>Кулагина В. И., Иванов Д. В., Григорьян Б. Р.</i> ЧЕРНОЗЕМЫ ЗАКАЗНИКА «СПАССКИЙ» В УСЛОВИЯХ ПОДТОПЛЕНИЯ КУЙБЫШЕВСКИМ ВОДОХРАНИЛИЩЕМ.....	27
<i>Русанов А. М.</i> АНТРОПОГЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД МНОГОЛЕТНИМ ВЛИЯНИЕМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ «ГОРА ВИШНЕВАЯ – КАСПИЙСКОЕ МОРЕ»	31
<i>Йонко О. А., Коваленко Д. А., Шевченко К. В.</i> ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМОВ.....	36
<i>Ломов С. П., Солодков Н. Н.</i> ПОЧВЫ ПОСЕЛЕНИЙ (ЧЕРНОЗЕМЫ) РАННЕГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДИЩА МАКЛАШЕЕВКА II).....	43
<i>Кулижский С. П., Родикова А. В., Марон Т. А.</i> ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ВАРИАТИВНОСТЬ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ ХАКАСИИ	46
<i>Еремеева Д. В., Никитич П. А., Каллас Е. В.</i> ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ПОСТУПЛЕНИЕ ¹⁵ N В ПОЧВЫ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	50
<i>Хитров Н. Б., Чеве́рдин Ю. И.</i> СОЛОНЕЦ СЛИТИЗИРОВАННЫЙ С МИКРОРЕЛЬЕФОМ ГИЛЬГАЙ В КАМЕННОЙ СТЕПИ	54
<i>Левыкин С. В., Казачков Г. В.</i> В РАЗВИТИЕ ДОКУЧАЕВСКОЙ ТЕОРИИ ЧЕРНОЗЁМА	58
<i>Левыкин С. В., Казачков Г. В.</i> ЛЁСС КАК ВЕДУЩИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ СТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ И ЛАНДШАФТНОГО ЯДРА ЗОНАЛЬНОЙ ТИПИЧНОСТИ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ГОЛОЦЕНА ЕВРАЗИИ	61
<i>Песочина Л. С.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА ОКСКО-ДОНСКОЙ РАВНИНЫ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 4000 ЛЕТ	66
<i>Авдеева Т. Н., Маркина Л. Г.</i> ЭВОЛЮЦИЯ ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	72
<i>Калинин П. И. Трифонов В. А., Шишлина Н. И.</i> ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПОД ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ	77

<i>Тихонова Е. Н., Одноралов Г. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЫ.....	81
<i>Чижикова Н. П., Хитров Н. Б., Чевердин Ю. И.</i> ГЛИНИСТЫЕ МИНЕРАЛЫ В ПОЧВАХ КАМЕННОЙ СТЕПИ.....	85
ФИЗИЧЕСКОЕ, ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ	
<i>Беляев А. Б.</i> ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ 2010 ГОДА	89
<i>Мамонтов В. Г.</i> ЛАБИЛЬНЫЕ ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ	94
<i>Громовик А. И.</i> ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕЛИННЫХ И ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ	98
<i>Савич В. И., Гукалов В. В., Лось К. С.</i> ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ПОЧВ ПО ИХ МОРФОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ, ОЦЕНИВАЕМЫМ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ	107
<i>Опанасенко Н. Е.</i> СОСТАВ И СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ СКЕЛЕТНЫХ В САДАХ КРЫМА.....	111
<i>Семендяева Н. В.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИОБЬЯ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	116
<i>Минакова О. А., Александрова Л. В., Куницын Д. А.</i> ПАРАМЕТРЫ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В 9 РОТАЦИИ ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВОБОРОТА ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ.....	120
<i>Дзанагов С. Х.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ГУМУСИРОВАННОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ-АЛАНИИ.....	124
<i>Королёв В. А., Громовик А. И.</i> ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ И ИХ АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ	128
<i>Королёв В. А.</i> ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	133
<i>Сиухина М. С.</i> СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	138
<i>Середина В. П.</i> РЕЗЕРВЫ КАЛИЯ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	142
<i>Борболина А. А., Спирина В. З.</i> ЧЕРНОЗЕМЫ ОТРОГОВ БАТЕНЕВСКОГО КРЯЖА	146
<i>Спирина В. З.</i> СОЛЕВОЙ СОСТАВ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ И СВОЙСТВА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ШИРИНСКОЙ СТЕПИ	149
<i>Протасова Н. А., Беляев А. Б.</i> БИОГЕОХИМИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ	153

<i>Галева Л. П.</i> СВОЙСТВА И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ РАЗНЫХ СИСТЕМАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	162
<i>Аксенова Ю. В.</i> ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ДЛИТЕЛЬНО ОРОШАЕМОГО АГРОЧЕРНОЗЕМА ГИДРОМЕТАМОРФИЗОВАННОГО	166
<i>Салимгареева О. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ОСНОВНЫХ ПОЧВЕННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО.....	170
<i>Кузина Е. В.</i> ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ И СРОКОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	173
<i>Азаренко Ю. А.</i> СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ЧЕРНОЗЕМНОГО РЯДА ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ	177
<i>Белобров В. П., Айдиев А. Ю., Юдин С. А., Ермолаев Н. Р., Дмитриева В. Т.</i> ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В МНОГОЛЕТНЕМ ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ	181
<i>Милановский Е. Ю., Рогова О. Б., Юдина А. В., Яшин М. А.</i> АККУМУЛЯЦИЯ ВОДОРАСТВОРИМОГО УГЛЕРОДА ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ ЧЕРНОЗЕМА ПАШНИ (ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ).....	186
<i>Зинякова Н. Б., Лебедева Т. Н., Соколов Д. А., Семенова Н. А.</i> ОЦЕНКА ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ИНТРАЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ	191
<i>Брехова Л. И., Беляев А. Б., Пожидаева М. А.</i> АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ПОД РАЗНЫМИ УГОДЬЯМИ.....	195
<i>Беляев А. Б., Брехова Л. И., Казарцева Ю. А.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВАЛОВОГО ГУМУСА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	199
<i>Беленков А. И., Дехканов А. О., Языков П. В.</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ В ПОЛЕВОМ ОПЫТЕ ЦТЗ	204
<i>Матвеева Н. В., Рогова О. Б., Милановский Е. Ю.</i> СОСТАВ И СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ.....	209
<i>Рогова О. Б., Колобова Н. А.</i> СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ АГРОЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В ОТНОШЕНИИ ФОСФОРА ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И В ИХ ПОСЛЕДЕЙСТВИИ	213
<i>Брехова Л. И., Щеглов Д. И., Савченко Л. И.</i> ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗЛИЧНЫХ УГОДИЙ.....	217
<i>Козлова А. А.</i> ОСОБЕННОСТИ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В ЦЕЛИННЫХ И РАСПАХАННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ	221

<i>Яблонских Л. А., Салманова С. В.</i> ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ И СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПОЙМЫ РЕКИ ХОПЕР ХОПЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА.....	225
<i>Васенев И. И., Белик А. В.</i> ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ ПЛОДОРДИЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧР.....	229
<i>Тимейко Л. В., Кузнецова Л. А., Голубева О. А.</i> К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШУНИГИТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	233

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ:
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

<i>Безлер Н. В., Петуренко М. Ю.</i> УЧАСТИЕ ПСЕВДОМОНАД В ФОРМИРОВАНИИ АЗОТНОГО ФОНДА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО.....	238
<i>Безуглова О. С., Лыхман В. А., Полиенко Е. А.</i> ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ И СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА.....	247
<i>Брескина Г. М.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ	251
<i>Воробьев Н. И., Свиридова О. В., Попов А. А., Жемакин С. В., Пищик В. Н.</i> БИОРИТМЫ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ, В КОТОРЫХ ЧЕРЕДУЮТСЯ НАКОПЛЕНИЕ И РАСХОДОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА.....	255
<i>Деятова Т. А., Алаева Л. А., Негрובה Е. А.</i> АГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЧР.....	259
<i>Йонко О. А., Быкова О. А.</i> ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА МИКРОБОЦЕНОЗА КАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ	263
<i>Клименко Н. Н.</i> СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТНОГО АЗОТА И ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВЕ ВИНОГРАДНИКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ.....	267
<i>Козут Б. М., Артемьева З. С., Масютенко Н. П.</i> ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО РУССКОГО ЧЕРНОЗЕМА: ОТ ДОКУЧАЕВА ДО НАШИХ ДНЕЙ	271
<i>Колесникова М. В., Безлер Н. В.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ИНТРОДУКЦИИ <i>NUMICOLA FUSCOATRA</i>	276
<i>Коробова Л. Н., Ершова А. В.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЛЕСОСТЕПИ СИБИРИ	281
<i>Кузнецова Т. В., Удальцов С. Н.</i> АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ	285
<i>Плотников С. Ю., Косякин П. А., Манаенкова Е. Н., Боронтов О. К.</i> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНОЙ АГРОТЕХНИКЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	290

<i>Рокитянский А. Б., Маклюк Е. И.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ОПОДЗОЛЕННОГО ПРИ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ ГЕРБИЦИДОВ С БИОПРЕПАРАТОМ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ МИКРОУДОБРЕНИЕМ	293
<i>Семенов В. М.</i> ОРГАНИЧЕСКИЙ КОНТИНУУМ ЧЕРНОЗЕМОВ: ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ПРИРОДНЫМ И АГРОГЕННЫМ НАРУШАЮЩИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ.....	298
<i>Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д.</i> БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ КАМЕННОЙ СТЕПИ	302
<i>Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д.</i> БИОМОНИТОРИНГ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ ЗАПОВЕДНИКА «СТРЕЛЕЦКАЯ СТЕПЬ»	306
<i>Сумская М. А.</i> СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ И СНИЖЕНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ КОРНЕЕДОМ ПРОРОСТКОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ В ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ	311
<i>Черепухина И. В., Безлер Н. В.</i> МИКРОБНОЕ СООБЩЕСТВО ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	316
<i>Черепухина И. В., Безлер Н. В.</i> МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВНЕСЕНИИ ЕЁ С ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКИМ МИКРОМИЦЕТОМ (<i>NUMICOLA FUSCOATRA</i> ВНИИСС 016)	325
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ: ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ, МОНИТОРИНГ И ОХРАНА	
<i>Алексеенко В. А., Швыдкая Н. В.</i> АТМОСФЕРНАЯ МИГРАЦИЯ ВЕЩЕСТВ И ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ОБЛИКА ЧЕРНОЗЕМОВ НИЖНЕГО ДОНА	335
<i>Верховец И. А., Красников Д. В., Красников М. В.</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	339
<i>Гончарова Л. Ю., Барахов А. В.</i> ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И РАДИОНУКЛИДЫ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЗАПОВЕДНОЙ ЗОНЫ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	343
<i>Горбунова Н. С.</i> СОДЕРЖАНИЕ И ВНУТРИПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СВИНЦА В ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	347
<i>Джувеликян Х. А.</i> ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ КАНЦЕРОГЕНАМИ	351
<i>Джувеликян Х. А.</i> РАДИОИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ Г. ВОРОНЕЖА.....	355
<i>Жукова Ю. А., Булгаков Д. С., Козлов Д. Н.</i> ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	359
<i>Йонко О. А., Штаталова Ю. Ю., Юрова Е. А.</i> ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ Ni, Pb, Co В ЧЕРНОЗЁМАХ	364

<i>Левченко Е. А., Козлов Д. Н.</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППИРОВКА СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ВОРОНО-ЦНИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	372
<i>Лях Т. Г.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ МОЛДОВЫ: ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ИХ ОХРАНА	376
<i>Назаренко Н. Н., Каверина Н. В., Свистова И. Д.</i> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И УГЛЕВОДОРОДАМИ ПОЧВ УРБЭКОСИСТЕМЫ ВОРОНЕЖА.....	380
<i>Никитин Е. Д., Щеглов Д. И., Никитина О. Г., Сабодина Е. П.</i> ГЕОБИОНОСФЕРНЫЙ ПОДХОД К СОХРАНЕНИЮ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН	385
<i>Новоселова Е. И., Волкова О. О.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ НА АКТИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНАВИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО	389
<i>Орёл Т. И.</i> КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КРЫМА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ	394
<i>Плеханова Л. Н.</i> МОНИТОРИНГ ЦЕЛИННЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ СТЕПНОГО ЗАУРАЛЬЯ	398
<i>Русанов А. М., Булгакова М. А.</i> КОЛЕБАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ НА ПАШНЯХ СТЕПНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ.....	401
<i>Сахабиев И. А., Рязанов С. С.</i> ЦИФРОВЫЕ КАРТЫ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ – ПУТЬ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ И РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЧЕРНОЗЕМОВ	404
<i>Семенов А. М., Глинушкин А. П., Соколов М. С.</i> ЗДОРОВЬЕ ПОЧВЫ – НОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ; УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ И КОЛИЧЕСТВЕННОСТЬ В ДИАГНОСТИКЕ И ТЕРАПИИ.....	408
<i>Середина В. П., Акинина А. Н., Гагарина Т. Ю.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КУЗНЕЦКОЙ КОТЛОВИНЫ	412
<i>Сизов В. В., Оглезнев А. К.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ В СИСТЕМЕ ЕДИНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕЕСТРА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РОССИИ.....	416
<i>Цапко Ю. Л., Десятник К. А., Калининченко В. Н.</i> СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В ПОЧВАХ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ВОСПРОИЗВОДСТВА ИХ ПЛОДОРОДИЯ	420
<i>Чернова О. В., Безуглова О. С.</i> ВЫБОР ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ КРАСНЫХ КНИГ ПОЧВ В РЕГИОНАХ ПОВСЕМЕСТНОЙ РАСПАШКИ	428
<i>Шпедт А. А., Кратасюк В. А., Римацкая Н. В., Байгина Е. М.</i> ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА И ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ.....	433
<i>Яшин И. М., Васенев И. И., Джанчаров Т. М., Рамазанов С. Р.</i> ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ АГРАРНЫХ И НАТИВНЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ	438

Цветнова О. Б., Щеглов А. И. СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
ОБСТАНОВКА В ЛЕСНЫХ И АГРОЭКОСИСТЕМАХ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ 443

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ДЕГРАДАЦИИ,
ПРОБЛЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ**

Щеглов А. И., Липатов Д. Н., Манахов Д. В., Цветнова О. Б. ВАРЬИРОВАНИЕ
СВОЙСТВ ТЕМНОГУМУСОВОГО ГОРИЗОНТА В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ
БИОГЕОЦЕНОЗОВ..... 447

Горбунова Н. С., Куликова Е. В., Щеглов Д. И. ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ
НА СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО 452

Титова В. И., Ветчинников А. А. ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ТЕХНОГЕННО
НАРУШЕННОГО ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ 457

Клименко О. Е. ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ
ПОД САДАМИ КРЫМА..... 461

Митрохина О. А. ЧЕРНОЗЕМНЫЕ ПОЧВЫ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ..... 466

Сайфуллин И. Ю., Сулейманов Р. Р. УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЧЕРНОЗЕМА
К ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПРИ ВНЕСЕНИИ ФОСФОГИПСА И ПОМЕТА 468

Спиридонова И. Н., Ломов С. П. ПОГРЕБЕННЫЕ ЧЕРНОЗЕМЫ КУРГАННЫХ
ЗАХОРОНЕНИЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ 473

Вислобокова Л. Н., Скорочкин Ю. П. ПРИМЕНЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ..... 477

Скорочкин Ю. П., Воронцов В. А. ИЗМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО..... 483

Трофимова Т. А., Коржов С. И. ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ
ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЧР 487

Чуян Н. А., Брескина Г. М. К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
ПОБОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ
НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР..... 494

Шарипова Р. Б. ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА УГРОЖАЕТ ЗДОРОВЬЮ ПОЧВ 498

Кудреватых И. Ю. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ
В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ НАК «АЗОТ»,
Г. НОВОМОСКОВСК) 501

Крайнюк М. С., Крайнюк С. В. АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ЭВОЛЮЦИИ
ЧЕРНОЗЕМОВ КРЫМА..... 505

Дедов А. В., Несмеянова М. А., Коротких Е. В. СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА
В ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ПРИЕМА БИОЛОГИЗАЦИИ И ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ 507

<i>Гуторова О. А., Шеуджен А. Х.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ РИСОВОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ АГРОГЕНЕЗА	511
<i>Горбов С. Н., Безуглова О. С.</i> ЧЕРНОЗЕМЫ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ	515
<i>Хохлова О. С., Мяскина Т. Н.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ КАРБОНАТНОГО ПРОФИЛЯ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ РАСПАШКЕ	518
<i>Деятова Т. А., Божко С. Н., Крамарева Т. Н.</i> ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВ МАЛЫХ ВОДОСБОРОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ.....	523

СЕКЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

<i>Плотникова О. О., Демидов В. В., Лебедева М. П.</i> ДЕЙСТВИЕ МЕЛКОВОДНЫХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ГОРИЗОНТЫ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ.....	528
<i>Горбунова Ю. С., Деятова Т. А.</i> ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОСЛЕ ПИРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	532
<i>Антипина П. В.</i> ВЛИЯНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ	536
<i>Овсепян Л. А.</i> ПОСТ-АГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА УГЛЕРОДА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	540
<i>Бахарев А. А., Чинилин А. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ГРУПП СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	544
<i>Дударева Д. М., Квиткина А. К.</i> ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВ (ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ЗАСУХИ) НА СООТНОШЕНИЕ УГЛЕРОДА, АЗОТА, ФОСФОРА В ПОДВИЖНЫХ ФОРМАХ И МИКРОБНОЙ БИОМАССЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО	550
<i>Смирнов Г. В., Чендев Ю. Г.</i> ОСОБЕННОСТИ МИКРОЗОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОЧВЕННЫХ КАТЕН ПО ЗАПАСАМ ГУМУСА НА ПАШНЕ РАЗНОГО ВОЗРАСТА	554
<i>Козорезова И. В.</i> ЭМИССИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO ₂ , N ₂ O, CH ₄) ПОЧВАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ	559
<i>Грибов В. В., Левченко Е. А.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКОЙ ОЧАГОВ ВЕСЕННЕГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ПАШНИ В ОПТИЧЕСКОМ И РАДИО-ДИАПАЗОНАХ (SENTINEL 1, SENTINEL 2, LANDSAT 8 OLD).....	563
<i>Юдина А. В., Милановский Е. Ю.</i> МИКРОАГРЕГАТНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДИФРАКЦИИ.....	567

Научное издание

ЧЕРНОЗЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ:
ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ
И ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Материалы научной конференции,
посвященной 80-летию кафедры почвоведения
и управления земельными ресурсами
в 100-летней истории
Воронежского государственного университета

Издание публикуется в авторской редакции
и авторском наборе

Подписано в печать 14.04.2017. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 33,60. Тираж 500 экз. Заказ 98.

ООО Издательско-полиграфический центр
«Научная книга»
394030, г. Воронеж, ул. Среднемосковская, 32б, оф. 3
Тел. +7 (473) 200-81-02, 200-81-04
<http://www.n-kniga.ru>. E-mail: zakaz@n-kniga.ru

Отпечатано в типографии ООО ИПЦ «Научная книга»
394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 116
Тел. +7 (473) 220-57-15
<http://www.n-kniga.ru>. E-mail: typ@n-kniga.ru



“... Нет тех цифр, какими можно было бы
оценить силу и мощь Царя почв,
нашего русского чернозема.
Он был, есть и будет кормильцем России”.

Д. Докучаев Докучаев В.В.

