

УДК: 630.114

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ ЧИСТЫХ ПАРОВ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ. ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

*И.М. Яшин, д.б.н., С.Л. Белопухов, д.с.-х.н., Р.Ф. Байбеков, ак. РАН, В.А. Черников, д.с.-х.н.,
И.И. Васенев, д.б.н., С.Р. Рамазанов, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ivan.yashin2012@gmail.com, belopuhov@mail.ru, baibekov@bk.ru,
4ernikov@mail.ru, vasenev@gmail.com, rsr005@yandex.ru*

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-04-01376,
а также Правительства России – №11.G.34.31.0079*

На основе результатов длительных стационарных опытов (2006–2018 гг.) и лабораторных исследований черноземов, в нативных (целинных) и аграрных ландшафтах ОАО «Учхоз Муммовское» Саратовской области (в пределах Приволжской возвышенности – правобережье Волги), обосновывается экологическая концепция деградации черноземов (при их засолении) в черноземы солонцеватые и осолоделые. При этом их физико-химические свойства, состав гумуса и бонитет заметно снижаются. В аграрных ландшафтах деградация черноземов выщелоченных в черноземы солонцеватые наиболее активно происходит в условиях применения традиционной технологии чистых паров. В то же время земледельцы отмечают, что урожайность возделываемых культур после чистых паров в севообороте устойчиво повышается на 18-25% из-за уменьшения засоренности посевов. В серии модельных экспериментов обосновывается влияние водорастворимых солей на состав, свойства и водную миграцию гуматов и фульватов натрия в черноземах солонцеватых – дегумификацию почв лесостепи.

Ключевые слова: черноземы, щелочной гидролиз гумусовых веществ, гуматы и фульваты натрия, сорбционные лизиметры, водная миграция, органическое земледелие.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.13

В последние годы наблюдается снижение урожайности возделываемых культур в лесостепной зоне РФ. Это связано с возросшими экологическими рисками и снижением уровня плодородия черноземов [1, 5, 6, 13, 14]. Так, в аграрных ландшафтах тенденцию к ухудшению почвенного плодородия и дефицит доступной влаги в черноземах отмечали еще почвоведы Тимирязевской с.-х. академии, обстоятельно изучив почвенный покров [3, 9]. Однако экологические риски для условий лесостепной зоны РФ охарактеризованы неполно, не изучено

воздействие засоления на гумусовые вещества при реализации технологии чистых паров в аграрных ландшафтах, не раскрыты механизмы реакций, способствующих эволюции черноземов, что особенно важно для технологий органического земледелия.

Объекты и методы исследований. Объекты изучения – подтипы черноземов выщелоченных и обыкновенных, лугово-черноземные почвы в пойме реки Большой Колышлей и солонцы автоморфные (рис.1).

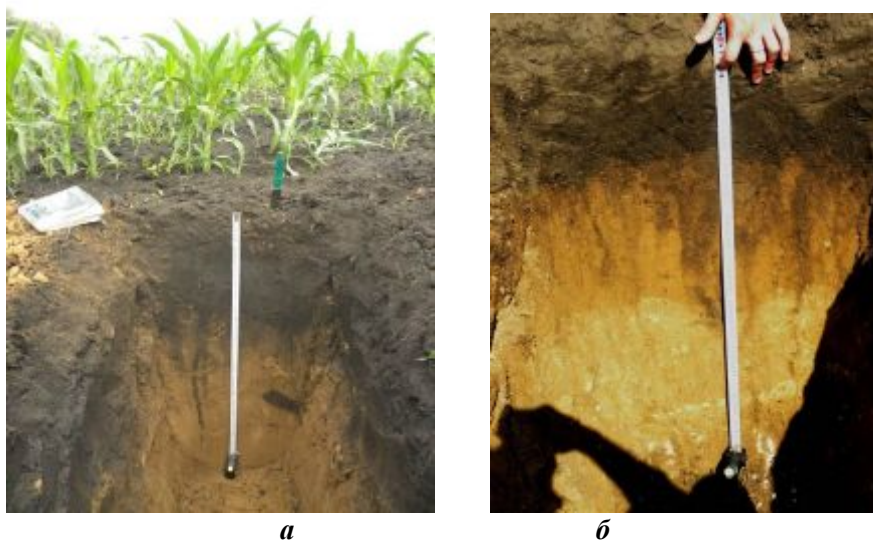


Рис. 1. Аграрные ландшафты учхоза «Муммовское» Саратовской области на 3-й надпойменной террасе реки Большой Колышлей:
а – фашия кукурузы – профиль ненарушенного чернозема выщелоченного легкосуглинистого на лессовидных карбонатных суглинках (2012 г.);
б – фашия чистого пара – профиль чернозема обыкновенного легкосуглинистого на лессовидных карбонатных суглинках; четко видна зона миграции влаги и БОВ (их затеки после длительных ливней), которая граничит с горизонтом Вса, где находится педогенная белоглазка – CaCO_3 (2015 г. фото И.М. Яшина).

Почвенный покров исследовали с 2006 г. с помощью маршрутных и стационарных методов, закладки катен в фациях, используя для сравнения целинные степные (залежные) и лесные участки дубрав. Миграцию водорастворимых форм гумусовых веществ изучали методом сорбционных лизиметров [16, 18].

Стационары выбирали на топографической карте вдоль условной линии – от русла реки (в южном направлении) через пойму, надпойменные террасы к пла-

кору коренного берега р. Б. Колышлей.

Среди лабораторных методов применяли хроматографию, ионометрию, спектроскопию [17, 18]. Был заложен также лабораторный модельный опыт по изучению влияния ионов Na^+ зола растений (после масштабных пожаров) на мобилизацию в раствор и водную миграцию в почве гумусовых веществ в форме гуматов и фульватов натрия.

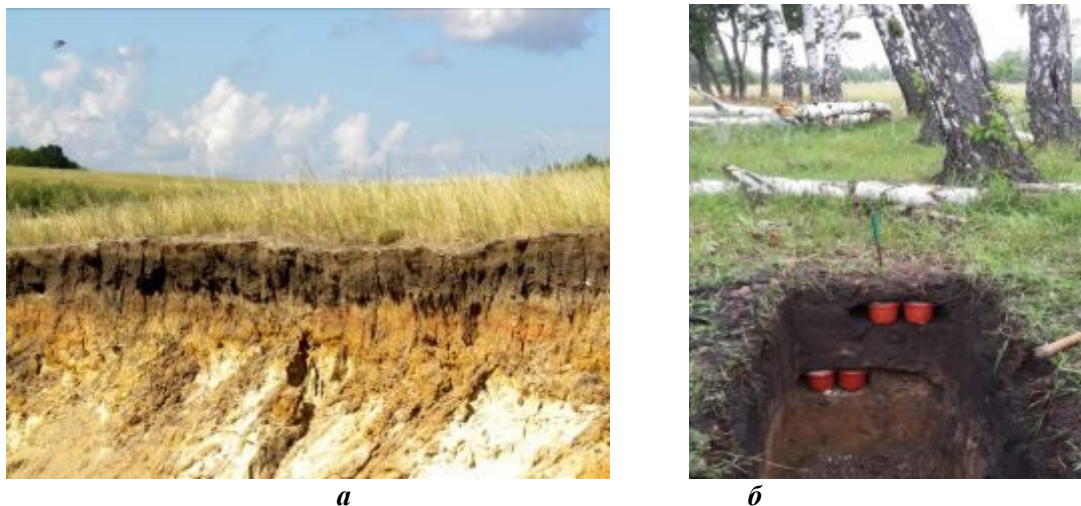


Рис. 2. Почвенный профиль:

а – южный склон коренного берега долины реки Большой Колышлей у дер. Марфино – пустошь (выбитое пастбище со степной растительностью на черноземе солонцеватом) – глубже гумусового горизонта, в слое песка древнего аллювия заметны продукты деградации и выщелачивания гумусовых веществ в форме гуматов и фульватов натрия; после их биodeградации в осадок выпадают гидрогели гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, формируя природную хроматограмму соединений железа; *б* – профиль чернозема осолоделого в фации засохших берез после продолжительных ливней – белесый песчаный горизонт ELg маскирован мигрантами – гуматами и фульватами Na^+ (фото И.М. Яшина, 2015).

Результаты и их обсуждение. Гранулометрический состав черноземов на надпойменных террасах в бассейнах рек Большой Колышлей и Медведица супесчаный и характеризуется высоким содержанием фракции песка. Широко развиты почвенные комплексы черноземов с солонцами автономными. Почвообразующие породы – лессовидные карбонатно-кальциевые суглинки, подстилаемые часто засоленными и сильно ожеженными отложениями [11, 20]. Они залегают на глубине 1,7–2,7 м и оказывают существенное влияние на процессы почвообразования, вызывая засоление и осолонцевание черноземов. Об этом свидетельствуют данные Аткарской метеорологической станции: средняя годовая температура воздуха $+4,3^\circ\text{C}$, количество осадков – 420 мм. Атмосферная засуха сочетается с иссушением чернозёмных почв на значительную глубину при высоких температурах почвы, что сказывается на запасах доступной влаги, продуктивности севооборотов, масштабной восходящей миграции водорастворимых солей при выпотном водном режиме летом и длительном периоде с температурой воздуха $+32\text{--}37^\circ\text{C}$. [3, 11]. При этом возможен эоловый привнос легкорастворимых солей пыльными бурями из Прикаспийской низменности и Средней Азии с солончаков и сильнозасоленных почв и такыров [14, 20].

Растительность на стационарах – типичная для лесостепи. Фации древесных пород (березняки и дубравы) и кустарников пострадали от экстремально-длительной засухи 2010 г. Травянистые ассоциации – разнотравно-ковыльно-типчаковые и типчаково-ковыльные (на плакоре коренного берега) сообщества, – устойчивые к глобальной аридизации климата и засолению почв. Нами выявлены сукцессии растительности: повсеместная

гибель березовых фаций и поселение на их пространстве степных злаков – ковыля, тонконога и полыней. Данный процесс изучен недостаточно.

Установлено, что эволюция черноземов тесно связана с остепнением лесных фаций и урочищ, очаговым опустыниванием степных экосистем, уменьшением запасов доступной влаги, резким снижением биопродуктивности севооборотов [18, 20]. В фундаментальном труде об антропогенной деградации черноземов [15] отмечалось, например, что многие подтипы черноземов не являются таковыми, а эволюционировали в черноземные почвы, заметно утратив свой первоначальный бонитет. О деградации черноземов упоминалось и в работе «Русский чернозем: 100 лет после В.В. Докучаева» [10]. Но объяснить в полной мере процессы эволюции черноземов специалистам не удавалось как в нативных, так и в аграрных экосистемах. Мы попытались изучить данную почвенно-экологическую проблему на основе известной триады И.П. Герасимова: факторы – процессы – свойства с привлечением сведений из коллоидной химии. В этой триаде не хватает ключевого положения «механизмы реакций». Именно они и обуславливают превращение гумусовых веществ при нативном засолении черноземов. Таким образом, причина засоления черноземов – глобальная аридизация климата, способствующая развитию процесса засоления и существенному изменению свойств почв. Но механизмы реакций, напомним, вызывающие изменение генезиса гумусовых веществ черноземов, не выяснены.

Специалисты основное внимание уделяли самому процессу засоления почв и грунтов в лабораторных экспериментах, разрабатывая шкалы, типы засоления

почв, количество токсичных солей, изучая скорость миграции.

В нативных почвах и ландшафтах ситуация с процессами почвообразования и засоления иная в сравнении с лабораторными опытами.

Это касается прежде всего гумусовых веществ черноземов – продуктов функционирования экосистем. Установлено, что при засолении черноземов в ландшафтах Приволжской возвышенности ярко выражена восходящая миграция солей Na_2SO_4 , MgSO_4 (их пленочно-капиллярное подтягивание вследствие гидротермического и концентрационного градиентов наряду с биогенным накоплением в биомассе степных растений) из засоленных пород. Другим источником солей является зола растений, остающаяся на поверхности почв после масштабных пожаров. В слоях золы растений наблюдается превращение оксидов Na_2O , CaO , K_2O в период дождей в сильные щелочи с pH 10,9-13,5. Взаимодействие водных растворов щелочей с твердой фазой черноземов сопровождается щелочным гидролизом почвенных минералов (и гумусовых веществ). Развивается солонцовый процесс почвообразования [7, 9, 13]. Он включает [16]:

- декальцирование – ионообменное замещение катионов Ca^{2+} на ионы Na^+ ;
- разрыв сложных эфирных связей в молекулах высокомолекулярных гумусовых веществ и образование мономеров, в том числе формирование низкомолекулярных фракций гуматов и фульватов натрия;
- водная миграция этих мономеров по профилю в период выпадения осадков.

Таким образом, верхние генетические горизонты черноземов при засолении испытывают восходяще-нисходящее (пульсирующее) воздействие ионов солей (электролитов). Причем слабые органические кислоты, мобилизуемые в раствор из лесных подстилок и опада в лесных фациях, быстро нейтрализуются катионами натрия и кальция. Доступные формы органических веществ используются микроорганизмами, а ионы Na^+ накапливаются в почвенном поглощающем комплексе. Однако эти теоретические положения следовало еще доказать в модельном эксперименте. Хотя опыты с прямым воздействием водных растворов солей на разные типы почв были проведены еще в 1987-1988 гг. [16].

Не исключено, что почвенно-экологические условия в ландшафтах Правобережья Волги благоприятны не только для процесса осолонцевания черноземов, но и для реализации процесса солодообразования, на что указывают оторфованная лесная подстилка, белесые горизонты (следствие элювиально-глеевого процесса) и ярко выраженная щелочная реакция среды, например, в фациях засохших берез [19].

Рассмотрим модельный опыт по воздействию золы лесостепных растений на вещества гумусово-аккумулятивного горизонта чернозема выщелоченного. Опыт проводился в сорбционной колонке – в динамике [20]. В широкой и короткой колонке снизу вверх последовательно располагали слои чистого кварцевого песка (дренаж), 2 см слой почвы (из гор. A_1 выщелоченного чернозема – исследуемый объект), вновь слой песка и 3 мм белесый слой золы лесостепных растений. В колонку периодически доливали небольшие порции воды. Скорость фильтрации раствора в колонке была очень низкая – 4,5 мл/ч. «Пальчатая» фильтрация бурых рас-

творов гуматов и фульватов натрия началась через 3,2 ч и продолжалась 37 ч, затем прекратилась. Возможно, вследствие формирования органоминеральных коллоидов Si, Al, Fe [8], которые и вызвали кольматацию порового пространства слоя почвы. Было собрано 157 мл гидролизат натриевых солей гумусовых веществ. Подкислив данный раствор 10%-ной HCl до pH 1,5, наблюдали быстрое формирование бурых хлопьев гуминовых кислот (ГК), которые через 1,4 ч полностью выпали в осадок (это высокомолекулярные органические вещества почвы), а в растворе над осадком находились фульвокислоты (ФК) – химически активные, склонные к водной миграции органические вещества. Затем аналитически было установлено, что на долю ГК приходится 71% $C_{\text{орг}}$, а на долю ФК – 29% $C_{\text{орг}}$.

Таким образом, после длительных засух и пожаров при последующем выпадении дождей возможны трансформация оксидов щелочных и щелочноземельных катионов золы растений с образованием щелочных растворов, взаимодействие ионов натрия с гумусовыми веществами, формирование натриевых солей гумусовых веществ и их водная миграция в профиле черноземов. С этим, полагаем, и связан один из феноменов черноземов – их мощный гумусовый горизонт, в частности, в подтипе выщелоченного чернозема. В черноземе обыкновенном потребуется более значительная масса ионов натрия солей для обменных реакций, чтобы вызвать пептизацию гумусовых веществ и их водную миграцию.

Следовательно, теоретические положения, высказанные ранее, нашли экспериментальное подтверждение. Осолонцевание черноземов – это естественный масштабный процесс эволюции черноземов в черноземные почвы: сначала в черноземы солонцеватые, а затем в солонцы черноземные и солонцы автоморфные. Последние лучше не использовать в севообороте.

В аграрных экосистемах лесостепной зоны применение технологии чистых паров активизирует процесс осолонцевания черноземов в условиях близкого залегания засоленных пород. Смягчить этот нативный процесс, в известной мере, можно с помощью технологии занятых паров и реализации в аграрном секторе эколого-экономической парадигмы.

Насколько глубоко проникают атмосферные осадки в гор. A_1 чернозема солонцеватого и могут ли почвенные растворы попадать в сорбционный лизиметр, показали результаты другого полевого опыта, который проводили на опушке дубравы. На фронтальной стенке почвенного разреза была выкопана площадка примерно 1 м^2 с бортиками 15-17 см. Моделировали условия ливневого выпадения атмосферных осадков толщиной слоя воды 30 мм. Известно, что 1 мм осадков на 1 га соответствует 10 т воды, а на 1 м^2 поступит 1 л. При 30 мм осадков приход воды составит 30 л, или 3 ведра. Воду брали из реки Большой Колышлей и приливали по мере ее впитывания почвой. Результаты опыта показали, что в первые минуты наблюдалось активное впитывание воды почвой, фильтрация практически отсутствовала: создавался фронт миграции. Затем, через 1,2 ч, по мере насыщения порового пространства и создания гидростатического давления, была отмечена фильтрация гравитационной влаги и растворимых в ней веществ до глубины 18-21 см. Сорбционный лизиметр с сухим кварцевым песком был установлен и замурован в почву на глубину 15 см. В процессе полевого опыта песок в

колонке увлажнился полностью. Затем колонку вынули из почвы, и отметили вытекание из колонки светло-бурых капель почвенного раствора, что подтвердило возможность функционирования таких устройств в условиях лесостепи в период ливневых осадков. Однако сорбционные колонки, по рекомендации авторов метода, лучше устанавливать в профиле почвы с мокрыми сорбентами и песком (из колонки должны стекать капли воды) [19].

При изучении морфологии чернозема осолоделого, в фации засохших берез, был выявлен процесс деградации почвенных минералов иллювиального горизонта (рис. 2 б). На наш взгляд, минералы иллювиального горизонта, поглощая катионы Na^+ при восходящей миграции водорастворимых солей, защищают от деградации вещества гор. A_1 . Однако со временем горизонт B_t трансформируется. В дубовой фации иллювиальный горизонт чернозема пока еще не нарушен. В нем отмечено много крупных корней, хотя в гумусовом плодородном горизонте их почти нет. Корни располагаются в трансформируемом горизонте B_t на контакте с влажной засоленной песчаной породой с включением щебня опок. Характерно, что после цикла деградации и выщелачивания продуктов щелочного гидролиза почвенных минералов гор. B_t на их месте остается белесый песок. Подобные слои были отмечены под гумусовым горизонтом в фации засохших берез. Подчеркнем, при выпадении атмосферных осадков в виде ливней, указанные белесые горизонты в черноземах осолоделых маскируются водными мигрантами – гуматами и фульватами натрия, как это показано на рис 2 б.

При крупномасштабном почвенном картографировании такие белесые песчаные горизонты являются маркерами деградации черноземов в непочвенные песчаные образования. Таким образом, при близком залегании засоленных пород черноземы (и другие типы почв в аридных зонах земного шара) со временем трансформируются в песчаные субстраты (пески закрепленные и незакрепленные) [14, 18]. При этом возрастает роль педогенных CaCO_3 .

Напомним, что в подтипе чернозема обыкновенного верхний слой горизонта скопления педогенных карбонатов кальция (B_{ca}) пульсирует во времени и пространстве (при сезонной миграции влаги), обеспечивая восходящую миграцию катионов кальция из CaCO_3 в верхний гумусово-аккумулятивный горизонт как в жаркий летний сезон, так и зимой. Вследствие этого возможно ухудшение физико-химических свойств чернозема: слитизация и уплотнение почвы в плужной подошве. Наряду с засолением, это другой весьма важный и негативный экологический риск. Действительно, емкость поглощения щелочноземельных катионов в горизонтах $A_{пах}$ и A_1 очень высокая – более 45-53 мг-экв/100 г почвы. Поэтому при высоком содержании фосфора и калия данные химические элементы часто доступны в минимуме возделываемым культурам, в частности, на начальном этапе их развития. Азот и фосфор в черноземах также находятся в гумусовых веществах и слабо доступны биоте. Карбонатно-кальциевый барьер миграции в черноземах регулирует их гумусовый режим (состав, свойства и химическую активность органических веществ), а также водную миграцию водорастворимых органических веществ (ВОВ), мобилизуемых в почвенный раствор из корневого опада растений, гуматов и фульватов натрия. Катионы кальция способствуют

формированию ярко выраженного гуматного состава гумуса черноземов [8].

С агроэкологической точки зрения – это хорошо, в частности, в пахотном горизонте отмечается комковатая структура, создаются оптимальные химические и водно-физические свойства. С химической точки зрения – это устойчивый, но инертный гумус, образно говоря «банк элементов питания». Такой гумус хорошо защищен катионами кальция от биodeградации и водной миграции, но вновь повторим – это инертный гумус с низкой биологической активностью. Улучшить активность таких гумусовых веществ могут алифатические (низкомолекулярные) органические кислоты растительных остатков – корневые и наземные – (и запаханная вегетативная масса сидератов). Микроорганизмы трансформируют растительные остатки в почве, формируя активные компоненты ВОВ с кислотными и комплексообразующими свойствами [17, 18].

При водной миграции в почвах и геохимических ландшафтах лесостепной зоны коллоиды железа (их гидрозоли) могут удерживать органические лиганды, ионы тяжелых металлов, а также микроорганизмы и в такой форме трансформироваться на барьерах миграции – карбонатно-кальциевом, солевом (табл.). Проводимые исследования подтверждают это положение: гидроксиды Fe сорбируют в почве соединения кадмия, свинца, цинка и меди.

Валовое содержание тяжелых металлов и микроэлементов (мг/кг) в горизонтах черноземов учхоза «Муммское» Саратовской области (2013 г.)

Генетический горизонт	Глубина отбора образцов, см	CdO*	PbO	ZnO	CuO	NiO
Р. 36я Чернозем выщелоченный среднесуглинистый на лессовидных карбонатно-кальциевых суглинках (опытное поле учхоза, посев подсолнечника)						
$A_{пах}$	0-9	0,2	12,2	25,4	15,3	25,1
A_1	15-25	0,1	10,1	23,4	14,6	22,5
AB	48-58	0,1	9,1	18,0	16,0	21,3
B_{ca}	76-86	0,2	8,9	20,8	11,1	19,5
Р. 37я Чернозем осолоделый супесчаный на древнем аллювии; выбитое пастбище у карьера – дер. Марфино (рис. 2а)						
A_1	7-17	0,3	5,2	21,8	15,1	21,2
AB	36-46	0,1	5,1	16,1	9,6	14,6
B_{ca}	55-65	0,2	10,5	16,8	6,6	20,0
B_{ca}	65-75	0,1	10,9	21,0	7,9	15,3
BC_{ca}	90-100	0,1	9,6	13,8	5,6	18,9
Зола растений, использованная в опыте ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 10,9)						
		0,3	19,1	74,0	16,5	15,0
Засоленная порода с глубины 254 см на 1-й надпойменной террасе						
D_{sl}	254	0,2	2,5	3,4	4,5	3,8
Слой Fe_2O_3 , (см. рис. 2а)		1,9	34,7	44,2	18,7	23,8

*Напомним, что оксиды тяжелых металлов (валовая их форма) **не токсичны для биоты**; опасность представляют мобильные их компоненты, которые связаны с органическими кислотами и ФК [20]. В этой связи параметры ПДК следует изучать для мобильных форм тяжелых металлов.

Кроме отмеченных факторов, происходит загрязнение поверхностных вод комплексными соединениями железа – мигрантами. Химический анализ вод реки Большой Колышлей, отобранных 15 мая 2016 г., показал, что концентрация Fe^{3+} в воде достигает 2,5 мг/л (ПДК по данному химическому элементу составляет 0,3 мг/л). Показатели БПК и ХПК речных вод также

превышают норму [20]. Нами не рассматриваются дополнительные негативные экологические процессы, сопутствующие глобальному изменению климата – нашествие саранчи, новые болезни растений, животных и людей, связанные с опустыниванием, дефицитом и ухудшением качества воды в водных источниках ландшафтов. Подобные экологические бедствия крайне опасны для южных регионов России, поскольку в перспективе возможна борьба за природные ресурсы.

Выводы. 1. Изучены экологические риски и эволюция некоторых подтипов черноземов в ландшафтах Приволжской возвышенности. Наиболее характерно из них очаговое засоление и связанная с этим эволюция черноземов в черноземные почвы. Движущей силой данного природного процесса почвообразования являются аридизация климата, изнуряющие засухи и пожары. Особенно негативно засоление черноземов проявляется в севооборотах при использовании технологии чистых паров. Дегградация черноземов сопровождается их дегумификацией и водной миграцией гуматов и фульватов натрия.

2. Лимитирующие экологические факторы были дифференцированы в агроландшафтах по подтипам черноземов: для обыкновенных черноземов – избыток обменно-поглощенных щелочноземельных катионов, дефицит доступных форм фосфора, наличие ярко выраженной плужной подошвы, вызывающей оглеение и небольшой по мощности гор. А₁; для выщелоченных черноземов – активное выщелачивание ионов кальция и магния, а также мобильных форм гумуса, сезонное оглеение по микрозападинам; для солонцов черноземных – засоление, осолонцевание почвенных горизонтов, подщелачивание, ухудшение фильтрации воды. Все указанные факторы негативно влияют на продуктивность возделываемых с.-х. культур.

3. Установлено, что процесс фильтрации воды в полевом стационарном опыте в гор. А₁ почвы на опушке дубравы (плакор) выражен активно, а масса воды (30 л) профильтровалась через слой 18-21 см за 5 ч.

4. Выявлена экологическая роль пожаров, химических соединений золы растений, а также гидроксидов щелочных и щелочноземельных оснований в осолонцевании черноземов. Гуматы и фульваты натрия в дождливый период свободно мигрируют в профиле чернозема, увеличивая мощность гумусово-аккумулятивного горизонта и маскируя белесые слои в черноземах осолоделых и солонцеватых.

5. Для возделываемых культур наиболее благоприятны участки агроландшафтов с черноземами выщелоченными, имеющими слабокислую и близкую к нейтральной реакцию среды (рН 5,6-6,3), повышенное содержание доступного калия и фосфора, более лучшие фильтрационные свойства и более мощный гумусовый горизонт.

Литература

1. Ахтырцев Б.П. Почвы и их изменение под влиянием лесных полос // Каменная степь: лесоаграрные ландшафты. – Воронеж, 1992. – С. 94-115.
2. Докучаев В.В. О происхождении русского чернозема // В кн. Дороже золота русский чернозем. Вступ. ст. и комм. Г.В. Добровольского. – М.: МГУ, 1994. – С. 217-265.

3. Кауричев И.С., Поддубный Н.Н. Почвы учебного хозяйства «Муммовское» и их агрономическая характеристика // Известия ТСХА. – 1957. – Вып. 2. – С. 141 – 155.
4. Ускова Н.В., Черников В.А., Белопухов С.Л. Агроэкологическая оценка влияния длительного применения удобрений на гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. – 2018. – №2. – С.18-33.
5. Яшин И.М., Черников В.А., Белопухов С.Л. Миграционные потоки, баланс и функции водорастворимых органических веществ в почвах таежных экосистем // Агрохимия. – 2020. – №8. – С. 13-21.
6. Надежкин С.М. Органическое вещество почв лесостепи Приволжской возвышенности и пути его регулирования. – М. – Пенза, 1999. – 239 с.
7. Панов Н.П., Рыбакова Б.А., Шафирян Е.М., Гончарова Н.А. Использование активированного угля при определении Fe, Al, Si, связанных с гумусовыми веществами, в солонцовых почвах // Известия ТСХА. – 1984. – Вып. 2. – С. 75 – 79.
8. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
9. Ростовцева О.С., Колпенская Н.П. К истории изучения черноземов почвоведом Тимирязевской академии // Известия ТСХА. – 1983. – Вып. 5. – С. 57 – 63.
10. Русский чернозем: 100 лет после В.В. Докучаева. – М.: Наука, 1983. – 276 с.
11. Усов Н.И. Почвы Саратовской области. Ч. 1 (Правобережье). – 288 с.; Ч. 2 (Заволжье). ОГИЗ, Саратовское областное отд., 1948. – 362 с.
12. Черников В.А. Комплексная оценка гумусового состояния почв // Известия ТСХА. – 1987. – Вып. 6. – С. 83 – 94.
13. Шишов Л.Л., Яшин И.М., Каманский А.Д. и др. Опустынивание и особенности процессов почвообразования в Средиземноморской зоне Ливии // Известия ТСХА. – 1988. – Вып. 6. – С. 95 – 106.
14. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.
15. Щербаков А.П., Козловский Ф.И., Васенев И.И. Основные условия и закономерности современного антропогенеза черноземов России. – В кн. Антропогенная эволюция черноземов. – Воронеж: ВГУ, 2000. – С. 391-409.
16. Белопухов С.Л., Савич В.И., Гукалов В.В. Агроэкологическая оценка структуры почв // Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т.52. – №12. – С.39-45.
17. Яшин И.М. Мониторинг процессов миграции и трансформации веществ в почвах. – М.: РГАУ-МСХА, 2013. – 183 с.
18. Яшин И.М., Васенев И.И., Петухова А.А., Ворников Д.В. Экологическое состояние и дегградация черноземов Приволжской возвышенности (на примере учхоза «Муммовское» Саратовской области) // Известия ТСХА. – 2012. – Вып. 1. – С. 41 – 52.
19. Яшин И.М., Черников В.А. Опыт применения хроматографии в почвоведении и экологии – М.: РГАУ-МСХА, 2017. – 240 с.
20. Яшин И.М., Васенев И.И., Рамазанов С.Р. Экологическая оценка, генезис и эволюция черноземов Приволжской возвышенности. – М.: РГАУ-МСХА, 2017. – 158 с.
21. Mikhailova, E.A., Bryant, R.B., Vasenev, I.I., Swager, S.J., Post, C.J. Cultivation effects on soil organic carbon and total nitrogen at depth in the Russian Chernozem / Soil Sci. Am. J. V.64. 2000. P. 738-745.
22. Principles and Methods in Landscape Ecology (Toward a Science of Landscape); by Almo Farina The University of Urbino Italy. Editors: Henri Decamps, Barbel Tress, Gunther Tress. Springer. 2006.
23. Soil organic matter in temperate agroecosystems: long-term experiments in North America (E.A. Paul et.al.ed.) CRS Press. 1997. 420 p.
24. Soil processes and the carbon cycle. CRS Press. 1997. 615 p.
25. Virmany S.M. (et.al.ed.) Stressed ecosystems and sustainable agriculture. Oxford. IBN Publishing Co. 1994. 380 p.

*I.M. Yashin, S.L. Belopukhov, R.F. Baybekov, V.A. Chernikov, I.I. Vasenyov, S.R. Ramazanov
RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya ul 49, 127550 Moscow, Russia, e-mail:
ivan.yashin2012@gmail.com, belopuhov@mail.ru, baibekov@bk.ru, 4ernikov@mail.ru, vasenev@gmail.com, rsr005@yandex.ru*

Based on the results of long-term stationary experiments (2006–2018) and laboratory studies of chernozems in native (virgin) and agrarian landscapes of OAO "Uchkhov Mummovskoe" of Saratov region (within Volga Upland – right bank of Volga river), the ecological concept of degradation of chernozems (with their salinization) into solonchic and solodized chernozems is substantiated. At the same time, their physicochemical properties, humus composition and bonitet are noticeably reduced. In agrarian landscapes, the degradation of leached chernozems to solonchic chernozems most actively occurs under the conditions of using the traditional technology of black fallow. At the same time, farmers note that the yield of cultivated crops after black fallow in the crop rotation is steadily increasing by 18-25% due to a decrease in weediness of crops. In a series of model experiments, the influence of water-soluble salts on the composition, properties and water migration of humates and sodium fulvates in alkaline chernozems – (dehumification of forest-steppe soils) is substantiated.

Key words: chernozems, alkaline hydrolysis of humic substances, humates and sodium fulvates, sorption lysimeters, water migration, organic farming.

УДК 631.45:631.581:631.531.01: 635.21

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

*А.А. Молявко, д.с.-х.н., А.В. Марухленко, к.с.-х.н., Н.П. Борисова, к.с.-х.н.,
Д.В. Абросимов, к.с.-х.н., О.В. Абашкин,
ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха,
E-mail: brlabor@mail.ru, тел./факс – (4832) 92-60-08,
140051, Московская обл., Люберецкий р-н, пос. Красково-1, ул. Лорха, 23*

Исследования свидетельствуют, что в севообороте с клевером без удобрений под картофель происходит стабилизация содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве, а при ежегодном внесении 10, 20 и 30 т/га ТНК наблюдается его положительный баланс. В севообороте с люпином стабилизируется содержание гумуса при внесении 10 т/га компоста с минеральными удобрениями в дозе 200 кг д.в./га в год. Устойчивый положительный баланс гумуса наблюдается при внесении 20 и 30 т/га ТНК с минеральными удобрениями. В севообороте с кукурузой без удобрений под картофель наблюдается отрицательный баланс гумуса. Применение 10, 20 и 30 т/га ТНК с минеральными удобрениями стабилизирует гумус в почве. Люпин и рапс в качестве сидеральных удобрений энергетически более выгодны, чем навоз. Использование сидератов повысило коэффициент энергетической эффективности возделывания картофеля до 1,38-2,25.

Ключевые слова: картофель, сорт, севооборот, навоз, компост, сидераты, минеральные удобрения, гумус.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.116.14

Успешное развитие земледелия во многом зависит от сохранности природных ресурсов, и, в первую очередь, основного средства производства – земли, продуцирующим элементом которой является ее плодородие [1]. В рыночных условиях в хозяйствах Центральных районов Нечерноземной зоны резко снизились поголовье крупного рогатого скота и выход навоза. Внесение навоза КРС сократилось с 8-9 до 2-3 т/га пашни и менее. На порядок уменьшились и размеры использования торфа и торфонавозных компостов [2]. В то же время установлено, что в севооборотах с высоким насыщением картофелем бездефицитный баланс гумуса обеспечивается при внесении 10 т/га навоза и посеве клевера. Без многолетних трав дозу органических удобрений следует увеличить в 1,5-2 раза (до 15-20 т/га) [3]. Для бездефицитного баланса гумуса в севооборотах с 1-2 полями многолетних трав рекомендуется вносить не менее 10-12 т/га органических удобрений на суглинистых и 15-20 т/га на легких почвах [4]. На дерново-подзолистых почвах бездефицитный баланс гумуса обеспечивается при внесении 12-16 т/га навоза [5].

В последнее время значительно расширяется применение сидератов, соломы, пожнивных остатков. По сравнению с другими видами органических удобрений они имеют преимущества: скорость воспроизводства, неисчерпаемость, относительно низкие энерго- и трудовые затраты на их производство и заделку в почву, фитомелиоративная роль, равномерность распределения по площади пашни [6, 7].

Исследования были направлены на выявление роли торфонавозного компоста как при отдельном внесении, так и совместно с минеральными удобрениями, в увеличении содержания гумуса дерново-подзолистой супесчаной почвы короткоротационных севооборотов, а также на установление эффективности различных видов сидератов при возделывании картофеля.

Методика. Экспериментальные исследования проводили на бывш. Брянской опытной станции по картофелю (ныне лаборатория клонального микроразмножения перспективных сортов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха») на дерново-подзолистой супесчаной почве. Стационарный опыт заложен в 1981 г., развернут в пространстве и