Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 2(30), 2018 г., [143–157]

УДК 631.6:631.8:631.445.41

О. Ю. Шалашова
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация
А. Н. Бабичев
Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРИТЕЛЬНО-МЕЛИОРИРУЮЩИХ СРЕДСТВ ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦЕВАТЫХ ПОЧВ

Цель исследований – провести сравнительный анализ воздействия фосфогипсосодержащего удобрительно-мелиорирующего компоста и железо-, алюмосодержащей удобрительно-мелиорирующей смеси на свойства чернозема обыкновенного солонцеватого. Объект исследования – чернозем обыкновенный деградированный в результате поливов слабоминерализованной водой (в среднем по годам 1,7 г/дм^3) сульфатно-натриевого состава. Образцы почв отбирались осенью до мелиорации и ежегодно в последействии мелиорирующих средств по слоям 0–20, 20–40 см на постоянных динамических площадках. Образцы, согласно ГОСТам, подвергались анализам, характеризующим основные свойства почвы. Сравнительный анализ показал, что по мелиорирующему воздействию на свойства чернозема обыкновенного солонцеватого выделяется вариант с удобрительно-мелиорирующей смесью, в котором щелочность была устранена с первого года последействия и не проявилась к шестому году. При внесении удобрительно-мелиорирующего компоста она снижалась с первого года (60 %) до пятого года (55 %), к шестому году наблюдалось ее восстановление (–14 %). Солонцеватость устранялась постепенно, но в большей степени в варианте со смесью. Содержание обменного натрия по сравнению с контролями в варианте со смесью уменьшилось на 37 % (первый год последействия) и на 91 % (шестой год последействия). В варианте с компостом – соответственно на 60 и 82 %. Физическое состояние промелиорированного чернозема в обоих вариантах улучшалось практически одинаково. Общее содержание гумуса в варианте с компостом, усиливающим процессы гумификации, увеличилось на 6 % по сравнению с контролем, а в варианте со смесью – на 4 %. В варианте с компостом тип гумуса из гуматно-фульватного трансформировался в фульватно-гуматный, в варианте со смесью продолжал оставаться гуматно-фульватным. Увеличение биопродуктивности мелиорируемого чернозема по сравнению с контролем в среднем за 6 лет в варианте с компостом составило 44 %, а в варианте со смесью – 51 %.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный солонцеватый, химическая мелиорация, удобрительно-мелиорирующие компосты, удобрительно-мелиорирующие смеси, свойства почв.

O. Y. Shalashova
Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation
A. N. Babichev
Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

COMPARATIVE ANALYSIS OF APPLICATION OF FERTILIZER-RECLAMATIVE MEANS FOR THE ALKALI SOILS RECLAMATION

The aim of the research is to carry out a comparative analysis of the effect of phospho-hypso-containing fertilizer-reclamative compost and iron-aluminium containing fertilizer-reclamative mixture on the properties of ordinary alkali chernozem. The object of the study is ordinary chernozem degraded as a result of brackish water (1.7 g per dm cubic on average) irrigation of sodium sulphate-composition. Soil samples were selected in autumn before reclamation and annually after reclamation means usage in layers 0–20, 20–40 cm on permanent dynamic sites. According to GOSTs, samples were subjected to analysis characterizing soil basic properties. A comparative analysis showed that according to the reclamation effect on the ordinary alkali chernozem properties an option with a fertilizer-reclamative mixture in which alkalinity was eliminated from the first year of aftereffect and did not manifest itself by the sixth year is distinguished. When applying fertilizer-reclamative compost, alkalinity decreased from the first year (60 %) to the fifth year (55 %), and by the sixth year its recovery (–14 %) was observed. Alkalinity was eliminated gradually, but to a greater extend in the variant with the mixture. The content of exchangeable sodium in comparison with the controls in the variant with the mixture decreased by 37 % (the first year of aftereffect) and by 91 % (the sixth year of aftereffect). In the variant with compost – respectively, by 60 and 82 %. The physical state of the reclaimed chernozem in both variants improved almost identically. The total humus content in the variant with compost, which enhances humification processes, increased by 6 % in comparison with the control, and in the variant with the mixture – by 4 %. In the variant with compost, the humus type from the humate-fulvate was transformed into a fulvate-humate type, in the variant with the mixture it continued to remain a humate-fulvate one. The increase of bioproductivity of reclaimed chernozem in comparison with the control for 6 years average in the variant with compost was 44 %, and in the variant with the mixture was 51 %.

Key words: ordinary alkali chernozem, chemical reclamation, fertilizer-reclamative composts, fertilizer-reclamative mixtures, soil properties.

Введение. Результаты государственного мониторинга земель указывают на то, что почвообразовательные процессы изменяются в сторону деградации, особенно на орошаемых землях. На таких землях особенно широко распространены процессы осолонцевания и ощелачивания, сопровождающиеся дальнейшим уплотнением, дегумификацией, образованием токсичных веществ и т. д. Из общей площади орошаемых земель (3150 тыс. га), согласно официальным данным Росстата РФ, 15 % составляют слабо-, средне- и сильно солонцеватые почвы. Но их гораздо больше, так как к ним следует отнести не только почвы, обладающие природной солонцеватостью, но и те орошаемые массивы, которые поливаются водой с минерализацией более 1 г/дм^3. В России они составляют около 500 тыс. га. Особенно сильно эти явления выражены при использовании слабощелочных бикарбонатных или слабоминерализованных вод сульфатно-натриевого

состава. Именно черноземы обыкновенные, наиболее плодородные почвы нашей страны, при поливах такой водой подверглись трансформации в сторону потери почвенного плодородия, ухудшения экологической ситуации и снижения биопродуктивности, связанных с процессами осолонцевания и ощелачивания [1–5].

Для улучшения солонцовых почв применяют различные виды мелиорации, но для орошаемых земель предпочтительнее использовать комплексный способ мелиорации, включающий химическую мелиорацию (внесение мелиорантов) и агробиологический метод (внесение органических удобрений, проведение мелиоративных обработок, в т. ч. и глубокое рыхление) [6–9].

Однако последние работы Н. Б. Хитрова, В. Г. Приходько, И. Н. Любимовой указывают на полигенетичность формирования солонцовых почв, а значит, и в приемы их улучшения следует вносить изменения [10–12].

Тем более что во многих работах и ранее, и на данный момент доказывается, что мелиорация солонцовых почв традиционными мелиорантами (гипсом, глиногипсом, фосфогипсом и др.) не обеспечивает полного осаждения молекулярной плазмы, которая является основным фактором дисперсий в таких почвах [13–15], поэтому последействие химической мелиорации продолжается до 5–6 лет, затем происходит восстановление негативных свойств почв [5].

Цель исследований – провести сравнительный анализ воздействия фосфогипсосодержащего удобрительно-мелиорирующего компоста (УМК) и железо-, алюмосодержащей удобрительно-мелиорирующей смеси (УМС) на свойства чернозема обыкновенного солонцеватого.

Материалы и методы. В лабораторных опытах устанавливались оптимальные соотношения между компонентами для приготовления УМК и УМС. В качестве компонентов для приготовления УМС выбраны: для мелиорирующей основы – фосфогипс (Ф), глауконит (Гл.), терриконовая по-

рода (Тп) и электролит травления стали (ЭТС); в качестве удобрительной и водопоглощающей – птичий помет (Пп) и измельченная солома (Сол.).

На основании лабораторных исследований были выявлены наиболее эффективные по воздействию на почвы УМК и УМС. В ГП «Батайское» Аксайского района Ростовской области с ними были заложены полевые опыты: с УМК (опыт № 1) – 2004–2010 гг., с УМС (опыт № 2) – 2007–2013 гг. [16, 17].

Объект исследования – чернозем обыкновенный деградированный в результате поливов слабоминерализованной водой (в среднем по годам 1,7 г/дм^3) сульфатно-натриевого состава.

Образцы почв отбирались осенью до мелиорации и ежегодно в последействии мелиорирующих средств по слоям 0–20, 20–40 см на постоянных динамических площадках.

В образцах почв определялись следующие виды анализов:

- агрегатный состав [18];
- pH водной вытяжки[1];
- состав водной вытяжки[2, 3, 4, 5, 6];

[1] ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 4 с.

[2] ГОСТ 26424-85. Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[3] ГОСТ 26425-85. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[4] ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[5] ГОСТ 26427-85. Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[6] ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. – Введ. 1986-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

- обменные формы кальция, магния[7], натрия[8];

- содержание питательных элементов (обменного калия и подвижного фосфора[9]);

- содержание гумуса[10];

- групповой состав гумуса ускоренным методом М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [19].

В полевых условиях в шурфах методом кольца по Качинскому определялась плотность сложения почв по слоям: 5–10, 15–20, 25–30, 35–40, 45–50 см [18].

Урожайность культур оценивалась методом пробных площадок по Б. А. Доспехову [20].

Методика исследований и статистическая обработка общепринятая.

Степень деградации почв определялась по «Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель» [21].

Для сравнительного анализа применения удобрительно-мелиорирующих средств, в частности УМК и УМС, были выбраны наилучшие варианты по мелиорирующему воздействию. Из опыта № 1 взят вариант с компостом Пп + Ф + Гл., а из опыта № 2 – смесь, созданная из Пп + Тп + ЭТС + Сол. Данные средства изучались на фоне внесения NPK с расчетом на планируемый урожай.

Результаты и обсуждение. Особенностью, отличающей УМК (Пп + Ф + Гл.) от УМС (Пп + Тп + ЭТС + Сол.), является наличие в последней

---

[7] ГОСТ 26487-85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. – Введ. 1986-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[8] ГОСТ 26950-86. Метод определения обменного натрия. – Введ. 1987-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[9] ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

[10] ГОСТ 26213-91. Методы определения органического вещества» – Введ. 1993-07-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2017.

медленнодействующего компонента – терриконовой породы – и быстродействующего компонента – электролита травления стали, в состав которых входят кроме гипса и другие вещества: серная кислота, сульфаты железа и алюминия. Именно эти соли в большей степени обладают коагулирующей способностью дисперсной массы солонцовых почв [14, 15, 22].

Анализ таблицы 1 показал, что УМС, благодаря наличию в ней ЭТС (кислого компонента), устранила щелочность с первого года воздействия и она не появилась и в шестой год последействия, когда уже наметилась тенденция к восстановлению негативных свойств почв. В устранении щелочности компост был гораздо слабее, в пределах 60 %, но в то же время в первые три года воздействия компост сильнее снизил солонцеватость (с 60 до 70 %), а УМС по этому показателю в первые годы последействия давала эффект в пределах 30–56 %. С третьего года исследований количество обменного натрия снижалось в вариантах с компостом до 86 %, а в варианте с УМС – до 92 %. Но и в шестой год последействия в вариантах с компостом наступил процесс восстановления солонцеватости, чего пока не наблюдалось в варианте с УМС.

Также при мелиорации УМС чернозем быстрее разуплотнялся по сравнению с компостом. Однако по количеству агрономически ценных агрегатов (АЦА) в первые годы последействия выделялся компост, но после трех лет воздействия по этому показателю лучше в какой-то степени оказалась УМС (таблица 1).

Количество водопрочных агрегатов в вариантах с компостом было больше, чем при мелиорации УМС, что, видимо, связано с лучшим состоянием гумуса. Общее содержание гумуса в варианте с компостом увеличилось на 6 %, а со смесью – на 4 %, но по показателям гумусного состояния чернозем обыкновенный, промелиорированный компостом (УМК), лучше, чем смесью (УМС) (таблица 2).

Таблица 1 – Сравнительный анализ изменения свойств почв при применении удобрительно-мелиорирующего компоста и смеси

В % к контролю

Показатель	УМК (Пп + Ф + Гл.)						УМС (Пп + Тп + ЭТС + Сол.)					
	Год последействия											
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Физико-химические свойства												
Щелочность	–61	–60	–57	–58	–55	–14	Ca > HCO_3					
pH водной суспензии	–7	–9	–10	–11	–10	–2	–13	–12	–10	–8	–8	–7
Токсичные соли	–30	–30	–35	–25	–24	–19	–20	–20	–21	–21	–19	–20
Обменный Na	–60	–71	–86	–86	–86	–82	–37	–56	–73	–88	–92	–91
Обменный Ca	+15	+26	+29	+27	+24	+18	+7	+10	+12	+11	+15	+17
Физические свойства												
Плотность сложения почв			–8			–11			–10			–14
Структурное состояние (АЦА)			+41			+38			+36			+40
Водопрочность агрегатов			+266			+277			+233			+241
Агрохимические свойства												
Общий гумус			+2			+6			+2			+4

Таблица 2 – Гумусное состояние мелиорируемого чернозема обыкновенного

Показатель	До мелиорации	3-й год последействия	6-й год последействия
Мелиорация УМК			
Гумус, %	3,80	3,87	4,02
$C_{гк}/C_{фк}$	0,66	0,94	1,13
Тип гумуса	Г-Ф	Г-Ф	Ф-Г
Мелиорация УМС			
Гумус, %	3,77	3,83	3,90
$C_{гк}/C_{фк}$	0,68	0,77	0,98
Тип гумуса	Г-Ф	Г-Ф	Г-Ф

Как видно из данных таблицы 2, гумусное состояние чернозема, промелиорированного УМК, более благоприятное, так как процесс гумификации перевел тип гумуса из гуматно-фульватного (Г-Ф) в фульватно-гуматный (Ф-Г). На шестой год последействия УМС так и не способствовала переходу состава гумуса в другую категорию, он продолжал оставаться по общепринятой классификации Г-Ф, имея тенденцию перестройки в сторону гуматизации при возрастании его общего содержания. Если

до мелиорации УМС содержание гумуса в почве составляло 3,77 % при соотношении углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$), равном 0,68, то к третьему году последействия его количество равнялось 3,83 %, $C_{гк}/C_{фк}$ = 0,77, к шестому году – 3,94 % и 0,98 соответственно.

Различия воздействия УМК и УМС на почвы выявлены и по экологическим показателям, индикаторами которых нами взяты солонцеватость, щелочность и плотность сложения почв (таблица 3).

Таблица 3 – Степень деградации черноземов при мелиорации компостом и смесью

Индикатор экологического состояния	УМК (Пп + Ф + Гл.)			УМС (Пп + Тп + ЭТС + Сол.)		
	До мелиорации	3-й год последействия	6-й год последействия	До мелиорации	3-й год последействия	6-й год последействия
Солонцеватость	сильно деградированный	среднедеградированный	слабодеградированный	очень сильно деградированный	недеградированный	слабодеградированный
Щелочность	среднедеградированный	недеградированный	слабодеградированный	сильно деградированный	недеградированный	недеградированный
Плотность сложения почв	среднедеградированный	слабодеградированный	слабодеградированный	среднедеградированный	слабодеградированный	недеградированный

До мелиорации УМК черноземы обыкновенные по степени солонцеватости относились к сильно деградированным, а до мелиорации УМС – к очень сильно деградированным. В результате мелиорации и тем, и другим мелиорантом к третьему году они стали средне-, а к шестому году – слабодеградированными. Но, учитывая, что в варианте со смесью черноземы до проведения опыта были очень сильно деградированными, можно отметить, что УМС обладает большей мелиорирующей активностью по сравнению с компостом. Это подтвердили результаты определения щелочности. По данному индикаторному показателю почвы относились после 3 лет мелиорации обоими удобрительно-мелиорирующими средствами к нещелочным, но к шестому году их воздействия щелочность начала восстанавливаться при мелиорации компостом и почвы получили статус сла-

бодеградированных, а при мелиорации смесью чернозем продолжал оставаться недеградированным.

Аналогичные данные о деградации получены и при оценке плотности сложения мелиорированных почв, которые также подтверждают мелиорирующую эффективность УМС.

Урожайность возделываемых культур и биопродуктивность чернозема при мелиорации УМК и УМС представлена в таблицах 4, 5.

Таблица 4 – Урожайность возделываемых культур и биопродуктивность чернозема при мелиорации УМК

Вариант опыта № 1	Картофель (2005 г.)	Озимая пшеница (2006 г.)	Капуста (2007 г.)	Яровой ячмень + горчица (2008 г.)	Подсолнечник (2009 г.)	Картофель (2010 г.)
Урожайность, т/га						
Контроль	26,9	2,35	17,8	2,60	2,15	25,4
Пп + Ф + Гл.	37,7	3,37	25,5	3,17	3,16	37,6
$НСР_{05}$, т/га	1,95	0,20	2,8	0,83	1,28	9,3
Биопродуктивность, т з. е./га						
Контроль	6,73	2,35	2,85	2,60	3,16	4,06
Пп + Ф + Гл.	9,43	3,37	4,08	3,17	4,65	6,02

Таблица 5 – Урожайность возделываемых культур и биопродуктивность чернозема при мелиорации УМС

Вариант опыта № 2	Картофель (2008 г.)	Озимая пшеница (2009 г.)	Люцерна на сено (4 укоса) (2010 г.)	Люцерна на сено (4 укоса) (2011 г.)	Люцерна на сено (2 укоса) (2012 г.)	Пожнивно горох + овес на зеленую массу (2012 г.)	Подсолнечник (2013 г.)
Урожайность, т/га							
Контроль	28,5	2,56	5,5	6,8	1,82	16,2	1,61
Пп + Тп + ЭТС + Сол.	40,7	3,59	9,0	11,2	2,93	24,7	2,49
$НСР_{05}$, т/га	2,10	0,40	0,38	0,29	0,07	3,20	0,73
Биопродуктивность, т з. е./га							
Контроль	7,13	2,56	2,75	3,40	0,91	2,97	2,37
Пп + Тп + ЭТС + Сол.	10,18	3,59	4,50	5,60	1,47	3,46	3,66

Увеличение биопродуктивности мелиорируемой почвы по сравнению с контролем (без мелиорации) представлено на рисунке 1. Из данных рисунка 1 видно, что во все годы последействия, кроме второго, биопродуктивность при мелиорации УМС выше, чем в вариантах с УМК.

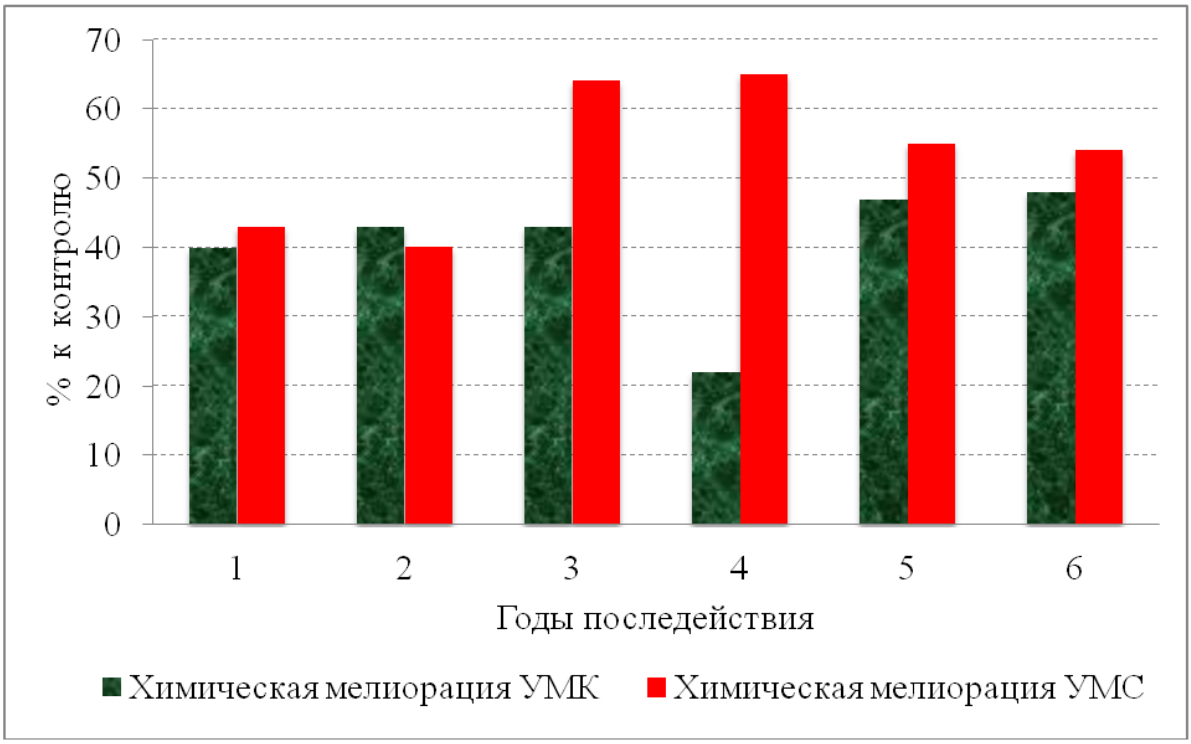

Рисунок 1 – Увеличение биопродуктивности мелиорируемой почвы по сравнению с контролем, %

Средневзвешенное увеличение биопродуктивности в среднем за шесть лет в варианте с УМК составляет 40 %, а в варианте с УМС – 54 % по сравнению с их контролями при точности проведения опытов 4–5 %.

Таким образом, сравнительный анализ показал, что по мелиорирующему воздействию на черноземы обыкновенные деградированные выделяется вариант с УМС. Также, учитывая, что для некоторых регионов, например Ростовской области, фосфогипсосодержащие мелиоранты довольно затратны, следует использовать для проведения химической мелиорации местные сырьевые ресурсы.

Выводы

1 Сравнительный анализ показал, что по мелиорирующему воздействию на свойства чернозема обыкновенного деградированного выделяется вариант с удобрительно-мелиорирующей смесью, в котором щелочность была устранена с первого года последействия и не проявилась к шестому году. При внесении удобрительно-мелиорирующего компоста она

снижалась с первого года (60 %) до пятого года (55 %), к шестому году наблюдалось ее восстановление (–14 %).

Солонцеватость устранялась постепенно, но в большей степени в варианте с УМС. Содержание обменного натрия по сравнению с контролями в варианте с УМС уменьшилось на 37 % (первый год последействия) и на 91 % (шестой год последействия). В варианте с УМК – соответственно на 60 и 82 %.

2 Физическое состояние промелиорированного чернозема в обоих вариантах улучшалось практически одинаково. Однако, оценивая почву по плотности сложения, установили, что к шестому году последействия УМК чернозем из категории средне- перешел в категорию слабодеградированных, а при мелиорации УМС – из средне- в недеградированную почву.

3 Общее содержание гумуса в варианте с компостом, усиливающим процессы гумификации, увеличилось на 6 % по сравнению с контролем, а в варианте со смесью – на 4 %. В варианте с УМК тип гумуса из гуматно-фульватного трансформировался в фульватно-гуматный (Ф-Г). В варианте с УМС он продолжал оставаться гуматно-фульватным, но при этом имел тенденцию к перестройке в сторону гуматизации при возрастании его общего содержания.

4 Увеличение биопродуктивности мелиорируемого чернозема по сравнению с контролем в среднем за шесть лет в варианте с УМК составило 40 %, а в варианте с УМС – 54 % при точности проведения опытов 4–5 %.

Список использованных источников

1 Ковда, В. А. Проблемы использования и мелиорации степных земель / В. А. Ковда // Степные просторы. – 1980. – № 8. – С. 21–27.

2 Егоров, В. В. Причины устойчивости солонцовых свойств и обоснование мелиорации солонцовых почв / В. В. Егоров // Почвоведение. – 1979. – № 7. – С. 8–12.

3 Пронько, Н. А. Приемы восстановления плодородия почв при орошении / Н. А. Пронько, А. Г. Романова // Плодородие. – 2005. – № 4(25). – С. 31–32.

4 Андреев, Г. И. Экологическое состояние орошаемых почв на Нижнем Дону / Г. И. Андреев, Г. А. Козлечков, А. Г. Андреев. – Ростов н/Д., 2007. – 262 с.

5 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск: НОК, 2005. – 180 с.

6 Панов, Н. П. К вопросу о факторах, определяющих неблагоприятные свойства

малонатриевых солонцов / Н. П. Панов, Н. А. Гончарова // Мелиорация солонцов: сб. науч. тр. – Ч. 1. – М., 1972. – С. 56–66.

7 Скуратов, Н. С. Использование фосфогипса и глиногипса для мелиорации лугово-степных орошаемых солонцов / Н. С. Скуратов, З. С. Науменко // Мелиоративное состояние орошаемых земель и использование водных ресурсов: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1984. – С. 3–8.

8 Бабушкин, В. М. Мелиорация темно-каштановых солонцовых почв южного региона России / В. М. Бабушкин, А. И. Баранов. – Новочеркасск, 2007. – 211 с.

9 Effect of phosphogypsum amendment on soil physico-chemical properties, microbial load and enzyme activities / S. Nayak, C. S. K. Mishra, B. C. Guru, M. Rath // J Environ Biol. – 2011. – № 32. – P. 613–617.

10 Хитров, Н. Б. Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах / Н. Б. Хитров // Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 18–31.

11 Приходько, В. Е. Почвенные процессы на разных структурных уровнях организации и диагностики их изменений при орошении / В. Е. Приходько, Д. В. Манахов // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2010. – № 2. – С. 8–16.

12 Любимова, И. Н. Диагностика солонцового процесса в целинных и агрогенно-измененных почвах разных регионов / И. Н. Любимова, В. В. Хан, И. А. Салпагарова // Почвоведение. – 2014. – № 9. – С. 1046–1055.

13 Зонн, С. В. К вопросу о роли солей железа, алюминия и кальция при химической мелиорации почв / С. В. Зонн, А. С. Чечнева, М. А. Боголепова // Труды комиссии по ирригации. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – Вып. 9. – С. 293–306.

14 Лактионов, Б. И. О природе повышенной дисперсности солонцовых почв в приемах химической мелиорации солонцов / Б. И. Лактионов // Почвоведение. – 1962. – № 6. – С. 78–87.

15 Михайличенко, В. Н. Галогенез и осолонцевание почв равнин Северного Казахстана / В. Н. Михайличенко. – Алма-Ата: Наука, 1979. – 172 с.

16 Докучаева, Л. М. Влияние удобрительно-мелиорирующих компостов на физико-химические свойства чернозема обыкновенного деградированного / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 4(24). – С. 70–76.

17 Шалашова, О. Ю. Изменение щелочности и солонцеватости черноземов обыкновенных деградированных при мелиорации удобрительно-мелиорирующими смесями / О. Ю. Шалашова // Известия ОГАУ. – 2016. – № 2(58). – С. 9–12.

18 Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

19 Пономарева, В. В. Гумус и почвообразование / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

20 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

21 Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:infosait.ru/norma_doc/10/10803/index.htm, 2017.

22 Казакова, Л. А. Влияние сернокислого железа и навоза на водно-физические и химические свойства солонца / Л. А. Казакова // Участие молодых ученых и специалистов в реализации комплексных программ и важнейших научно-технических проблем: тез. докл. науч. конф. молодых ученых / ВГСХА. – Волгоград, 1985. – С. 80–82.

References

1 Kovda V.A., 1980. *Problemy ispol'zovaniya i melioratsii stepnykh zemel'* [Steppe Lands Use and Reclamation Problems]. *Stepnye prostory* [Steppe Spaces], no. 8, pp. 21-27. (In Russian).

2 Egorov V.V., 1979. *Prichiny ustoychivosti solontsovykh svoystv i obosnovanie melioratsii solontsovykh pochv* [Causes of Solonetz Properties Stability and the Substantiation of Alkali Soils Reclamation]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 7, pp. 8-12. (In Russian).

3 Pronko N.A., Romanova A.G., 2005. *Priyemy vosstanovleniya plodorodiya pochv pri oroshenii* [Methods of Soil Fertility Restoration under Irrigation]. *Plodorodie* [Fertility], no. 4(25), pp. 31-32. (In Russian).

4 Andreev G.I., Kozlechkov G.A., Andreev A.G., 2007. *Ekologicheskoe sostoyanie oroshayemykh pochv na Nizhnem Donu* [Ecological State of irrigated Soils on the Lower Don]. Rostov n/D., 262 p. (In Russian).

5 Skuratov N.S. [et al.], 2005. *Melioratsiya solontsovykh pochv v usloviyakh oroshenii-ya* [Solonetz Soils Reclamation under Irrigation Conditions]. Novocherkassk, NOCK Publ., 180 p. (In Russian).

6 Panov N.P., Goncharova N.A., 1972. *K voprosu o faktorakh, opredelyayushchikh neblagopriyatnye svoystva malonatriyevykh solontsov* [On the problem of Factors Determining the Adverse Properties of Low-sodium Alkali]. *Melioratsiya solontsov: sb. nauch. tr.* [Solonetzes Reclamation. Proceed.]. Part 1, Moscow, pp. 56-66. (In Russian).

7 Skuratov N.S., Naumenko Z.S., 1984. *Ispol'zovanie fosfogipsa i glinogipsa dlya melioratsii lugovo-stepnykh oroshayemykh solontsov* [Use of Phosphohypsum and Clay Hypsum for Meadow-steppe Irrigated sSolonetzes Reclamation]. *Meliorativnoe sostoyanie oroshayemykh zemel' i ispol'zovanie vodnykh resursov: sb. nauch. tr.* [Reclamative State of Irrigated Lands and Water Resources Use: Proceed.]. GU “YuzhNIIGim”. Novocherkassk, pp. 3-8. (In Russian).

8 Babushkin V.M., Baranov A.I., 2007. *Melioratsiya temno-kashtanovykh solontsovykh pochv yuzhnogo regiona Rossii* [Reclamation of Dark Chestnut Alkali Soils in the Southern Region of Russia]. Novocherkassk, 211 p. (In Russian).

9 Nayak S., Mishra C.S.K., Guru B.C., Rath M., 2011. Effect of phosphogypsum on soil physico-chemical properties, microbial load and enzyme activities. J Environ Biol., no. 32, pp. 613-617. (In English).

10 Khitrov N.B., 2004. *Vybor diagnosticheskikh kriteriyev sushchestvovaniya i stepeni vyrazhennosti solontsovogo protsessa v pochvakh* [The Choice of Diagnostic Criteria of the Existence and Degree of Alkali Process Evidence in Soils]. *Pochvovedenie* [Soil Study], no. 1, pp. 18-31. (In Russian).

11 Prikhodko V.E., Manakhov D.V., 2010. *Pochvennye protsessy na raznykh strukturnykh urovnyakh organizatsii i diagnostiki ikh izmeneniy pri oroshenii* [Soil Processes at Different Structural Levels of Organization and Diagnostics of Their Changes under Irrigation]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie* [Bull. Moscow State University. Series 17: Soil Science], no. 2, pp. 8-16. (In Russian).

12 Lyubimova I.N., Khan V.V., Salpagarova I.A., 2014. *Diagnostika solontsovogo protsessa v tselinnykh i agro-gennoizmenennykh pochvakh raznykh regionov* [Diagnosis of Alkali Process in Virgin and Agrogenically Transformed Soils in Different Regions]. *Pochvovedenie* [Soil Study], no. 9, pp. 1046-1055. (In Russian).

13 Zonn S.V., Chechneva A.S., Bogolepova M.A., 1937. *K voprosu o roli soley zheleza, alyuminiya i kal'tsiya pri khimicheskoy melioratsii pochv* [On the Role of Iron, Aluminum and Calcium Salts in Chemical Land Reclamation]. *Trudy komissii po irrigatsii* [Proceedings of the Commission on Irrigation]. Moscow-Leningrad, Academy of Sciences of the USSR Publ., issue 9, pp. 293-306. (In Russian).

14 Laktionov B.I., 1962. *O prirode povyshennoy dispersnosti solontsovykh pochv v priyemakh khimicheskoy melioratsii solontsov* [On Nature of Increased dispersity of Alkali Soils in Methods of Chemical reclamation of Solonetzes]. *Pochvovedenie* [Soil Study], no. 6, pp. 78-87. (In Russian).

15 Mikhailichenko V.N., 1979. *Galogenez i osolontsevanie pochv ravnin Severnogo*

*Kazakhstan*a [Halogenesis and Solonetzation of Soils in the Plains of Northern Kazakhstan]. Alma-Ata, Science Publ., 172 p. (In Russian).

16 Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., Shalashova O.Yu., 2011. *Vliyanie udobritel'no-melioriruyushchikh kompostov na fiziko-khimicheskie svoystva chernozema obyknovennogo degradirovannogo* [Influence of Fertilizer-Reclamation Compost on the Physico-Chemical Properties of Ordinary Degraded Chernozem]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogokompleksa* [Bull. of Nizhnevolzhskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education], no. 4(24), pp. 70-76. (In Russian).

17 Shalashova O.Yu., 2016. *Izmenenie shchelochnosti i solontsevatosti chernozemov obyknovennykh degradirovannykh pri melioratsii udobritel'no-melioriruyushchimi smesyami* [Changes in Alkalinity and Solonetsicity of Ordinary Chernozems Degraded by Reclamation with Fertilizer-reclamative Mixtures]. *Izvestia OGAU* [Bull. Orenburg State Agrarian University], no. 2(58), pp. 9-12. (In Russian).

18 Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Soil Physical Properties]. Moscow, Agropromizdat Publ, 416 p. (In Russian).

19 Ponomareva V.V., Plotnikova T.A., 1980. *Gumus i pochvoobrazovanie* [Gumus and Soil Formation]. Leningrad, Nauka Publ., 222 p. (In Russian).

20 Dospekhov B. A., 1985. *Metodika polevogo opyta* [Procedure of Field Experience]. 5th ed., Moscow, Agropromizdat Publ., 351 p. (In Russian).

21 *Metodika opredeleniya razmerov ushcherba ot degradatsii pochv i zemel'* [Methods of determining the amount of damage from soil and land degradation]. Available: http:infosait.ru/norma_doc/10/10803/index.htm, 2017. (In Russian).

22 Kazakova L.A., 1985. *Vliyanie sernokislogo zheleza i navoza na vodno-fizicheskie i khimicheskie svoystva solontsa* [Effect of Sulphate Iron and Manure on Water-physical and chemical Properties of Solonetz]. *Uchastie molodykh uchenykh i spetsialistov v realizatsii kompleksnykh programm i vazhneyshikh nauchno-tekhnicheskikh problem: tez. dokl. nauch. konf. molodykh uchenykh* [Participation of young scientists and specialists in the implementation of complex programs and major scientific and technical problems: Proceed. Conference of Young Scientists]. VGSHA, Volgograd, pp. 80-82. (In Russian).

Шалашова Ольга Юрьевна
Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук
Ученое звание: доцент
Должность: доцент
Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета
Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428
E-mail: rosniipm@yandex.ru

Shalashova Olga Yuryevna
Degree: Candidate of Agricultural Sciences
Title: Associate Professor
Position: Associate Professor
Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University
Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428
E-mail: rosniipm@yandex.ru

Бабичев Александр Николаевич
Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук
Должность: ведущий научный сотрудник
Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»
Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421
E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru

Babichev Alexandr Nikolaevich
Degree: Doctor of Agricultural Sciences
Position: Leading Researcher
Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems
Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421
E-mail: BabichevAN2006@yandex.ru