

УДК 631.445.53

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ МЕЛИОРАЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОКА РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2008 г. Л.П. Ильина¹, В.А. Суковатов², В.В. Черненко², В.П. Калиниченко²

Проанализирован комплексный способ мелиорации степных солонцов, сочетающий агротехнический и химический приемы. На основании данных полевых опытов показано, что в мелиорируемых почвах происходит уменьшение содержания легкорастворимых солей, особенно в солонцовых горизонтах, а также улучшение структуры почвы и воздушного режима. Применение комплексного способа позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: мелиорация, степные солонцы, фосфогипс, структура почвы, воздушный режим почв, степень засоления, урожайность сельскохозяйственных культур.

Проблема разработки перспективных способов мелиорации комплексных солонцовых почв особо актуальна в связи с широким распространением на юго-востоке Ростовской области площадей низкоплодородных засоленных почв, которые могут быть резервом увеличения производства сельскохозяйственной продукции и кормовой базы животноводства.

Сохранение плодородия земель и их рациональное использование при хозяйственной деятельности является основным условием земледелия. Проведение мелиоративных обработок солонцовых почв способствует повышению их плодородия и получению на них высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В настоящее время в Ростовской области насчитывается 2020 тыс. га земель в той или иной степени осолонцованных, из них сильносолонцеватых 15,2 тыс. га [1–3]. Следует отметить, что при возрастающей аридизации климата последних лет зональные почвы сухостепной зоны приобретают значительную солонцеватость и солончаковатость. В условиях сухой степи скудное увлажнение положительных элементов поверхности в сочетании со значительным промачиванием отрицательных форм за счет стока с прилегающей поверхности является основной причиной формирования высококонтрастной структуры

почвенного покрова и интенсивной дифференциации сопряженной с ней растительности [2].

Солонцы редко встречаются в виде сплошных массивов, чаще всего они покрывают территорию мелкими пятнами различной площади и конфигурации, образуя комплексный почвенный покров. Почвенные комплексы с солонцами встречаются и среди орошаемых массивов, так, в зоне распространения орошаемых южных черноземов солонцы лугово-черноземные составляют до 40% всего комплекса. Формирование пятен солонцов в структуре почвенного покрова обуславливает разнокачественность физических и физико-химических свойств почв, снижает эффективность использования любого почвенного массива, урожайность на котором оказывается на 25–35% ниже, чем на зональных почвах [3].

Несмотря на то, что значительное количество солонцовых земель уже вовлечено в пашню, они в основном обрабатываются путем проведения обычной вспашки плугами типа ПЛН-5-35 и остаются неокультуренными. При мелиоративной обработке солонцовых почв трехъярусными плугами не всегда достигается мелиоративный эффект, поэтому необходимо разрабатывать новые, комплексные, способы мелиорации, сочетающие механические, агробиологические и химические приемы [4].

Химический метод мелиорации солонцовых почв применяется в основном на безгипсовых и глубокогипсовых хлоридных и сульфатно-хлоридных солонцах. В качестве мелиорантов могут использоваться гипс, фосфогипс, глиногипс, серная и азотная кислота, отходы химической промышленности.

¹ Южный научный центр Российской академии наук, 344006, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, (8632) 250-98-10, e-mail: iljina@mmbi.krinc.ru.

² Донской государственный аграрный университет, 346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, корпус 1, тел./факс (86360) 3-61-44; e-mail: instit03@mail.ru; kalinitch@mail.ru.

Использование фосфогипса в Ростовской области для мелиорации степных солонцов показало, что этот прием наиболее эффективен при условии, если сумма осадков в год составляет 380–400 мм [1].

Впервые в качестве мелиоранта фосфогипс начали применять в Орловском районе Ростовской области в 1985 г. На производственных полях этого района фосфогипс вносили в разных дозах, используя различные способы заделки в почву. При внесении фосфогипса на солонцовых почвах выявлено, что происходит улучшение структуры почвы, изменяется солевой состав засоленных горизонтов, увеличивается содержание фосфора и серы (мелиорант является источником этих элементов), что в конечном итоге улучшает плодородие почв и повышает урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования были степные почвенные комплексы Орловского района Ростовской области. Полевые опыты проводились в 2005–2007 гг. на производственных полях сельскохозяйственного производственного кооператива (СПК) «Родина» Орловского района Ростовской области. Почвы опытного участка представлены солонцами средними степными.

Схема опыта:

- 1) отвальная обработка почвы плугом ПЛН-5-35 на глубину 20–22 см (контроль);
- 2) трехъярусная обработка почвы плугом ПТН-40 на глубину 40–45 см;
- 3) отвальная обработка почвы + 11 т/га фосфогипса.

Полевой опыт проводился в трех вариантах, трехкратно.

В качестве мелиоранта использовался фосфогипс – тонкоразмолотый порошок с частицами не более 0,1 мм, содержащий 85–90% гипса, до 5% фосфорных соединений и до 1,5% различных микроэлементов [1].

В полевых условиях проводилось морфологическое описание почв (структура, гранулометрический состав, сложение, признаки засоления, наличие карбонатов и т.д.) по общепринятым методикам [5, 6].

В лабораторных условиях в почвенных образцах был определен состав водной вытяжки [7], агрегатный состав по методу Н.И. Савинова [7], плотность и скважность почвы общепринятыми физическими методами [7, 8]. Биометрические показатели (количество растений на одном квад-

ратном метре, высота растений, число колосьев и зерен в колосе, масса 1000 зерен, урожайность) агрофитоценоза с озимой пшеницей определяли в фазу полной спелости этой культуры по общепринятым геоботаническим методикам [9, 10].

В почвенных образцах были определены следующие агрохимические показатели: содержание гумуса методом Тюринга в модификации Орлова и Гриндель [11], карбонаты по Кудрину [7], подвижные формы азота, фосфора и калия [7].

В вариантах полевого опыта было определено валовое содержание тяжелых металлов (ТМ) в длительном последствии мелиоранта. Почвенные образцы отбирались послойно до глубины 40 см, в них определялись валовые формы Cu, Zn, Ni, Pb и Cd. Оценка содержания валовых форм ТМ в почвах проводилась по фоновому уровню в почве и ПДК [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенный покров Орловского района, как и всей территории юго-востока Ростовской области, характеризуется комплексностью, обусловленной взаимосвязью природных и антропогенных факторов. Почвенный покров исследуемой территории представлен комплексом каштановых почв (50%), солонцов глубоких (40%), солонцов средних (60%), солонцов солончаковых (35%), лугово-каштановых почв (15%) [3].

Происхождение и формирование солонцов связано с одновременным участием следующих процессов: солонцовый процесс, осолодение, или щелочной гидролиз минеральной части почвы, элювиально-иллювиальная дифференциация продуктов солонцового процесса и щелочно-го гидролиза в профиле почвы, выщелачивание легкорастворимых солей с образованием иллювиального десуктивно-карбонатного и иллювиального солевого горизонтов, дерновый процесс и формирование гумусового горизонта [2].

Приводим краткую морфолого-генетическую характеристику степных (автоморфных) солонцов. Эти почвы формируются в условиях глубокого залегания грунтовых вод (> 6 м), их образование связано с выходом засоленных почвообразующих пород. Профиль солонца разделяется на отчетливо выраженные горизонты:

A₁ – гумусово-элювиальный (надсолонцовый);

B₁ – солонцовый (иллювиальный горизонт);

B_k – иллювиально-карбонатный;

BC – переходный к почвообразующей породе.

В почвенном профиле гумусово-элювиальный горизонт комковатой или пластинчатой структу-

ры, слоеватый, пористый, обедненный илстой фракцией и поэтому более легкого гранулометрического состава, чем нижележащие горизонты, цвет темно-серый или каштановый, мощность этого горизонта от 2–3 до 20–25 см. Солонцовый горизонт более темной окраски – темно-бурый или бурый с коричневым оттенком, столбчатой структуры, реже призматической, ореховатой или глыбистой, почвенные агрегаты прочно скреплены между собой и имеют глянец на структурных отдельностях, не вскипает, очень плотный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В сухом состоянии плотный, трещиноватый, во влажном – вязкий, бесструктурный, мажущийся. Мощность солонцового горизонта от 7–12 до 25 см и более.

Подсолонцовый горизонт более светлой окраски, призматической или ореховатой структуры, содержит гипс и карбонаты. За ним выделяется горизонт скопления легкорастворимых солей.

Следует отметить, что степные солонцы имеют черты зонального типа каштановых почв (окраска, структура, гранулометрический состав, новообразования и др.)

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ КАШТАНОВО-СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА

Важнейшими показателями, определяющими плодородие почв, являются содержание и запасы гумуса. Оптимальное гумусное состояние почвы обеспечивает ценную агрономическую структуру, благоприятный водно-воздушный режим, высокую емкость катионного обмена [11]. Особенности распределения гумуса по профилю изученных почв тесно связаны с условиями формирования их в сухостепной зоне, для них характерно повышенное содержание гумуса в верхних горизонтах и постепенное уменьшение его вниз по профилю. Полученные результаты определения общего содержания гумуса в почвах каштаново-солонцового комплекса представлены в табл. 1. Установлено, что для каштановых и каштановых солонцеватых почв содержание гумуса в верхних горизонтах не превышает 2,38%, вниз по профилю оно постепенно убывает до 1,32–0,17%. Лугово-каштановая солонцеватая почва имеет в верхних горизонтах более высокое содержание гумуса – 2,78–3,02%, а в нижележащих – 0,87%. Это, безусловно, связано с более благоприятными условиями гумификации и поступлением большего количества растительных остатков. В солонце каштановом в верхнем горизонте содержится всего лишь 1,70–1,83% гуму-

са, а в нижележащих горизонтах его количество не превышает 0,21–1,24%. Такое профильное распределение гумуса определяет невысокую мощность гумусового слоя в солонцах, что создает неблагоприятные условия для формирования корневых систем растений вследствие развития процессов засоления.

Используя стандартную систему показателей гумусного состояния по Д.С. Орлову [11] для оценки общего содержания гумуса, следует отметить, что очень низким содержанием гумуса в верхних горизонтах характеризуется солонец каштановый, каштановые и каштановые солонцеватые почвы имеют низкое содержание гумуса, а лугово-каштановые солонцеватые – среднее.

При определении карбонатов в почвах каштаново-солонцового комплекса была выявлена следующая закономерность: в верхних горизонтах содержание карбонатов не превышает 0,81% (CO_2 карбонатов), вниз по профилю (до глубины 50 см) плавно увеличивается в среднем до 3%, карбонатов кальция всегда больше, чем карбонатов магния, по всему почвенному профилю. Анализ каштановой солонцеватой почвы в полнопрофильном разрезе до глубины 100 см показал, что максимальное количество карбонатов находится на глубине от 60 до 100 см – 3,60–5,63% (CO_2 карбонатов), что связано с максимальным скоплением карбонатных новообразований в форме белоглазки на этой глубине (табл. 1).

В вариантах опыта были определены агрохимические показатели почвы: подвижные формы азота (нитратный), фосфора и калия (табл. 1). Выявлено, что каштановые почвы (обычные, карбонатные, солонцеватые) имеют низкую степень обеспеченности подвижными формами нитратного азота; лугово-каштановые солонцеватые – среднюю, а солонцы каштановые – низкую. Установлено, что практически все изученные почвы характеризуются низкой степенью обеспеченности фосфором. Это можно объяснить тем, что последние годы отличались сильной засухой и высокими температурами в летние месяцы, что способствовало процессу перехода подвижных форм азота и фосфора в формы органических и минеральных соединений, которые практически не доступны для использования растениями. Что касается подвижных форм калия, то все изученные почвы имеют высокую степень обеспеченности этим элементом питания, что является характерным показателем для почв Ростовской области. Распределение по профилю подвижных форм питательных элементов следующее: в верхних го-

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв каштаново-солонцового комплекса

№ п/п	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Карбонаты, в % на 100 г почвы			Подвижные формы NPK, мг /100 г почвы		
			CaCO ₃	MgCO ₃	CO ₂	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Каштановая								
1	0–10	2,38	1,06	0,52	0,74	0,82	1,25	28
2	10–20	2,27	1,25	0,66	0,85	0,70	1,18	25
3	20–30	1,54	1,68	0,92	1,22	0,42	0,64	20
4	30–50	1,32	2,25	1,15	1,54	0,20	0,37	15
Каштановая солонцеватая								
5	0–10	2,12	0,96	0,75	0,81	1,12	1,24	29
6	10–20	2,06	1,10	0,92	0,97	1,08	1,20	28
7	20–30	1,78	1,44	1,27	1,30	1,02	1,15	25
8	30–40	1,50	1,63	1,38	1,44	0,85	1,07	20
9	40–50	1,46	3,53	2,68	2,97	0,76	0,83	15
10	50–60	1,20	4,61	2,97	3,60	0,48	0,65	10
11	60–70	0,76	4,87	3,60	4,04	0,20	0,41	8
12	70–80	0,52	5,57	3,74	4,41	0,12	0,20	6
13	80–90	0,25	5,76	4,43	4,85	0,09	0,10	4
14	90–100	0,17	6,53	5,27	5,63	0,05	0,05	4
Лугово-каштановая солонцеватая								
15	0–10	3,02	1,06	0,43	0,69	1,05	1,36	30
16	10–20	2,78	1,25	0,78	0,96	0,95	1,28	27
17	20–30	1,65	1,44	1,04	1,17	0,64	1,12	25
18	30–50	0,87	2,06	1,44	1,66	0,50	0,87	17
Солонец каштановый								
19	0–10	1,83	1,10	0,57	0,78	0,43	1,20	25
20	10–20	1,70	2,02	1,35	1,61	0,20	1,11	20
21	20–30	1,52	3,74	2,85	1,16	0,15	0,65	15
22	30–40	1,48	3,43	3,55	2,21	0,12	0,51	10
23	40–50	1,24	4,47	3,38	2,12	0,09	0,30	6
24	50–85	0,21	0,43	0,22	0,50	0,05	0,12	5

ризонтах их содержание максимально, вниз по профилю оно постепенно уменьшается до очень низкого содержания (см. табл. 1).

СОСТАВ ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВ

При мелиоративной обработке комплексных солонцовых почв происходит механическое разрушение солонцового горизонта и перемешивание его с карбонатным слоем почвы, что предотвращает реставрацию неблагоприятных физических свойств и создает предпосылки улучшения химических свойств в солонце вследствие вытеснения поглощенного натрия кальцием карбонатов. Гумусовый, надсолонцовый горизонт остается при этом на поверхности почвы.

Анализ водной вытяжки солонца среднего степного по вариантам полевого опыта представ-

влен в табл. 2. Установлено, что во всех вариантах с поверхности содержание солей минимальное, тогда как в средней части профиля происходит накопление легкорастворимых солей, что свидетельствует о рассолении верхней части почвенного профиля и формировании иллювиального (солонцового) горизонта. Общая щелочность от бикарбонатов в контроле и мелиоративных вариантах незначительна и существенно не различается. Среди анионов преобладает сульфат-ион, его содержание равномерно увеличивается вниз по профилю в контрольном варианте с 0,72 до 4,76 мг-экв/100 г. Такая же закономерность установлена и для хлора. При проведении мелиоративных обработок установлено, что в солонцовых горизонтах происходит существенное снижение сульфатов и хлора – более чем в 3 раза по сравнению с контролем. Максимальное уменьшение было отмечено в комплексном ва-

Таблица 2. Влияние мелиоративных обработок на состав водной вытяжки солонца среднего степного (мг-экв на 100 г почвы)

Варианты опыта	Глубина взятия образца, см	Сухой остаток, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	pH
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻						
Отвальная обработка почвы плугом ПЛН-5-25 на глубину 20–22 см (контроль)	0–20	0,08	–*	0,65	0,15	0,72	0,26	0,38	0,88	7,5
	20–40	0,09	–	0,87	0,30	0,46	0,48	0,57	0,58	7,8
	40–60	0,47	–	0,56	2,02	3,26	1,50	0,77	3,57	8,2
	80–100	0,99	–	1,55	4,85	4,76	2,50	2,26	6,40	8,2
Трехъярусная обработка почвы плугом ПТН-40	0–20	0,09	–	0,45	0,40	0,46	0,25	0,31	0,75	7,4
	20–40	0,08	–	0,70	0,15	0,66	0,50	0,45	0,56	7,5
	40–60	0,24	–	0,64	1,16	1,36	0,50	0,76	1,90	7,7
	80–100	0,32	–	1,04	2,48	2,40	1,48	2,09	2,35	7,5
Отвальная обработка + 11 т фосфогипса	0–20	0,08	–	0,39	0,44	0,58	0,33	0,55	0,53	7,4
	20–40	0,11	–	0,56	0,27	0,76	0,48	0,68	0,43	7,4
	40–60	0,21	–	0,68	1,23	0,96	0,61	0,78	1,48	7,2
	80–100	0,36	–	1,21	1,76	1,99	1,29	1,96	1,71	7,2

* Прочерк обозначает отсутствие элемента в содержании водной вытяжки.

рианте (отвальная обработка почвы + 11 т фосфогипса). В составе катионов водной вытяжки натрия преобладает над кальцием и магнием. Содержание катионов, так же как и анионов, равномерно увеличивается вниз по профилю. Выявлено, что мелиоративные обработки снижают количество кальция и магния в солонцовых горизонтах и особенно существенно – натрия, так, в контрольном варианте в иллювиальном горизонте натрия было 3,57–6,40 мг-экв/100 г, после проведения мелиорации в варианте с трехъярусной обработкой его содержание уменьшилось до 1,90–2,45 мг-экв/100 г, а в комплексном варианте до 1,48–1,71 мг-экв/100 г.

Верхние горизонты почвы в вариантах опыта имеют слабощелочную реакцию среды почвенного раствора (pH 7,4–7,5), в солонцовых горизонтах – щелочную (pH 8,2), что связано с накоплением ионов натрия в средней и нижней частях почвенного профиля и свидетельствует о наличии в почвенном растворе двууглекислой соли натрия. После проведения мелиорации в солонцовых горизонтах значение этого показателя изменилось до слабощелочной реакции среды (pH 7,2–7,7).

Таким образом, проведение мелиоративной обработки позволяет существенно уменьшить содержание легкорастворимых солей в почвенном профиле, особенно в солонцовых горизонтах, в которых степень засоления изменяется от средне- и сильнозасоленной до слабо- и средне-

засоленной. Максимальный мелиоративный эффект был отмечен в комплексном варианте при проведении отвальной обработки почвы и внесении химического мелиоранта – фосфогипса в дозе 11 т/га.

АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ В ПОСЛЕДЕЙСТВИИ МЕЛИОРИРУЕМЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

Важным показателем агрофизического состояния почв является структура почвы. Агрономически ценная структура почв имеет агрегаты от 0,25 до 10 мм, обладающие пористостью и водопрочностью. Такая структура обеспечивает наиболее благоприятный водно-воздушный режим почвы и нормальные условия для произрастания растений.

Результаты определения агрегатного состава в последствии мелиорируемых солонцовых почв представлены в табл. 3. Выявлено, что максимальное количество агрономически ценных агрегатов содержится в почве в слое 20–50 см, при этом в комплексном варианте их больше, чем в контроле и в варианте с трехъярусной вспашкой. При анализе содержания водопрочной агрономически ценной структуры в корнеобитаемом слое (0–50 см) отмечено равное содержание этой фракции в вариантах опыта с отвальной обработкой (контроль) и трехъярусной обработкой плугом ПТН-40. В комплексном ва-

Таблица 3. Агрегатный состав солонца среднего степного в последствии мелиоративных обработок

Варианты опыта	Глубина взятия образца, см	Размер агрегатов, и их содержание (в % от массы воздушно-сухой почвы)			
		Сухое просеивание		Мокрое просеивание	
		10–0,25 мм	< 0,25 мм	10–0,25 мм	< 0,25 мм
Отвальная обработка почвы плугом ПЛН-5-25 на глубину 20–22 см (контроль)	0–10	47,8	49,5	41,5	56,5
	10–20	51,7	47,4	41,5	57,5
	20–50	53,5	45,6	44,2	54,5
	0–20	49,5	48,3	41,0	57,0
	0–50	51,7	47,7	41,8	56,5
Трехъярусная обработка почвы плугом ПТН-40	0–10	49,1	50,9	42,4	57,6
	10–20	52,6	47,4	41,5	58,5
	20–50	53,5	46,5	44,2	55,8
	0–20	50,9	49,1	42,0	58,0
	0–50	51,7	48,3	42,7	57,3
Отвальная обработка почвы + 11 т/га фосфогипса	0–10	54,6	45,4	32,1	67,9
	10–20	62,2	37,8	42,3	57,7
	20–50	62,6	37,4	45,0	55,0
	0–20	58,4	41,6	37,2	62,8
	0–50	59,8	40,2	39,8	60,2

рианте, сочетающем отвальную обработку и внесение фосфогипса, общее количество фракции водопрочных агрегатов выше на 8–12% по сравнению с контролем. Такая же закономерность прослеживается и в других слоях солонца. В длительном последствии в солонце при мелиоративной обработке плугом ПТН-40 не наблюдалось значительного изменения количества агрономически ценных агрегатов в корнеобитаемом слое, но отмечено уменьшение их общего количества в пахотном слое. Отвальная обработка с внесением фосфогипса положительно влияет на агрегатный состав и структурность солонца степного среднего в длительном последствии (на протяжении 25 лет).

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕЛИОРИРУЕМЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

При анализе физических показателей определяли плотность и скважность послойно до глубины 40 см (табл. 4). В среднем за годы исследований во всех вариантах опыта резкой дифференциации плотности в слое 0–10 см отмечено не было. Постепенное повышение плотности с глубиной выявлено во всех вариантах опыта, однако в мелиорируемых вариантах плотность почвы меньше, чем в контроле, так, в комплексном варианте величина этого показателя в слое 0–30 см

составляет 1,31 г/см³, при трехъярусной вспашке – 1,37 г/см³.

Проведенные мелиоративные обработки способствовали улучшению воздушного режима почвы, так, общая скважность в слое 0–40 см составила 52%, в сравнении с данными до вспашки (49%) и контролем этот показатель несколько выше (табл. 5).

В целом можно сделать вывод, что мелиоративные обработки положительно влияют на физические свойства солонцовых почв.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СОЛОНЦЕ В ВАРИАНТАХ ОПЫТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПОСЛЕДСТВИИ ФОСФОГИПСА

В работе проведено исследование содержания валовых форм тяжелых металлов в почве в длительном последствии химического мелиоранта (в табл. 5 приведены данные за 2006 г., по прошествии 25 лет после внесения фосфогипса).

Одним из показателей, определяющих неблагоприятные свойства солонцовых почв, является щелочная реакция почвенной среды, поэтому внесение фосфогипса в таких условиях обеспечит мелиоративный эффект. Кроме того, с химическим мелиорантом в почву поступает фосфор, причем из-за кислой реакции фосфогипса степень его доступности для растений выше, чем

Таблица 4. Характеристика физических показателей солонца степного среднего в вариантах опыта

Показатель	Глубина взятия образца, см	Варианты опыта		
		Отвальная обработка почвы плугом ПЛН-5-25 (контроль)	Трехъярусная обработка почвы плугом ПТН-40	Отвальная обработка + 11 т фосфогипса
Плотность, г/см ³	0–10	1,30	1,27	1,23
	10–20	1,43	1,39	1,34
	20–30	1,49	1,43	1,36
	0–30	1,41	1,37	1,31
Скважность, %	0–20	53,0	53,0	53,0
	20–40	46,0	50,0	51,0
	40–60	43,0	46,0	46,0
	0–40	51,0	52,0	52,0

Таблица 5. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почве в длительном последствии фосфогипса (мг/кг)

Вариант опыта	Глубина взятия образца, см	Содержание валовых форм ТМ, мг/кг				
		Pb	Ni	Cd	Zn	Cu
Без внесения мелиоранта, обычная вспашка на глубину 20–22 см	0–10	3,3	29,3	0,13	34,0	15,8
	10–20	7,0	31,0	0,15	24,0	18,8
	20–30	15,0	34,4	0,15	13,3	13,0
	30–40	8,8	17,8	0,15	4,0	11,5
Внесение 11 т/га фосфогипса под отвальную обработку	0–10	12,0	11,6	0,25	37,5	32,8
	10–20	10,5	24,5	0,10	34,0	17,8
	30–40	8,0	35,0	0,10	36,8	14,0
ПДК ТМ в почве, мг/кг		32,0	85,0	3,0	100,0	55,0

при внесении обычных фосфорных удобрений [1, 13–15]. Отрицательной особенностью фосфогипса является достаточно высокое содержание стронция и фтора, которые являются загрязнителями окружающей среды. Однако в солонцовых почвах формируется автоморфный водный режим, что позволяет загрязняющим веществам локализоваться на глубине проникновения влаги в почву 50–80 см. Следовательно, мелиоративная агротехника не только способствует повышению плодородия почв, но и решает задачу вывода загрязнения из биосферы, обеспечивая консервацию загрязнения. Применение фосфогипса в качестве мелиоранта создает условия для быстрого рассредоточения и пассивирования загрязнения, что сводит к минимуму уровень опасности воздействия фосфогипса и содержащихся в нем веществ на окружающую среду [14, 15].

Проведена сравнительная оценка содержания валовых форм ТМ в солонце при проведении от-

вальной вспашки (контроль) и внесении фосфогипса в дозе 11 т/га. Выявлено, что при внесении фосфогипса в почву происходит увеличение количества свинца в 4 раза, кадмия и меди – в 2 раза в пределах ошибки опыта. Однако при сопоставлении полученных данных с ПДК превышений валовых форм меди, цинка и никеля в почве установлено не было (табл. 5).

БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ВАРИАНТАХ ОПЫТА

При проведении полевого опыта по изучению мелиоративных обработок были определены биометрические показатели озимой пшеницы (табл. 6). Отмечено, что по сравнению с контролем в вариантах с мелиоративными обработками наблюдалось увеличение количества растений озимой пшеницы на 1 м², число колосьев и зерен

Таблица 6. Биометрические показатели озимой пшеницы в вариантах опыта

Элементы структуры урожая	Отвальная обработка почвы орудием ПЛН-5-25 на глубину 20–22 см (контроль)	Трехъярусная обработка почвы орудием ПТН-40	Отвальная обработка почвы + 11 т/га фосфогипса
Количество растений, шт./м ²	313	325	335
Высота растений, см	76	80	84
Число колосьев, шт./м ²	704	724	742
Число зерен в колосе, шт.	24	25	26
Масса 1000 зерен, г	44,7	45,4	46,3
Урожайность, ц/га	23,6	27,8	31,8
Прибавка урожайности к контролю, %		17,7	32,2

в колосе, массы 1000 зерен, что в конечном итоге свидетельствовало о повышении урожайности. Так, урожайность в варианте с трехъярусной обработкой почвы составила 27,8 ц/га, а прибавка к контролю – 17,7%, в комплексном варианте (отвальная обработка почвы +11 т фосфогипса) – соответственно 31,8 ц/га и 32,2%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для повышения плодородия солонцовых комплексов юго-востока Ростовской области следует использовать перспективные способы мелиорации, позволяющие получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Проведенные исследования позволяют рекомендовать как наиболее эффективный комплексный способ мелиорации, сочетающий агротехнический (отвальная обработка почвы) и химический (внесение мелиоранта фосфогипса в дозе 11 т/га) приемы. При этом способе мелиорации в почвенном профиле солонцов степных происходит снижение содержания легкорастворимых солей (сульфатов, хлоридов, натрия – в 3 раза и более), особенно в солонцовых горизонтах, в которых степень засоления изменяется от средне- и сильно-засоленной до слабо- и средnezасоленной, а также отмечается улучшение агрофизических показателей – почвенной структуры (увеличение водопорочных агрегатов) и воздушного режима почв.

При изучении содержания валовых форм тяжелых металлов в почве опыта с длительным последствием фосфогипса превышений концентраций Pd, Ni, Cd, Zn и Cu по сравнению с ПДК установлено не было.

Проведение мелиоративных обработок на солонцах степных позволяет получать более высокие урожаи сельскохозяйственных культур, так,

урожайность озимой пшеницы на мелиорируемых солонцах составила 27,8–31,8 ц/га.

Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Повышение плодородия почв России на 2002–2005 годы», Федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006–2010 годы», а также при поддержке Программы Президиума ОНЗ РАН «Природные и антропогенные факторы изменения окружающей среды России», тема № 00-07-59 «Экологические проблемы природно-антропогенных ландшафтов сухостепной зоны юга России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суковатов В.А. Применение фосфогипса в качестве мелиоранта на солонцовых почвах // Современные тенденции развития агропромышленного комплекса: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (пос. Персиановский, 2006 г.). Т. 2. С. 144–146.
2. Минкин М.Б., Калинин В.П., Садименко П.А. Регулирование гидрологического режима комплексных солонцовых почв. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 1986. 232 с.
3. Калинин В.П. Природные и антропогенные факторы происхождения и эволюции структуры почвенного покрова. М.: Изд-во МСХА, 2003. 376 с.
4. Морковской Н.А., Зинченко В.Е., Черненко В.В. Последствие мелиоративной обработки солонцовых почв // Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Естеств. науки. Спецвыпуск. 2003. С. 269–273.
5. Розанов Б.Г. Морфология почв: Уч. для высш. шк. М.: Академический проект, 2004. 432 с.
6. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат, 1986. 295 с.

7. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
8. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
9. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
10. *Воронов А.Г.* Геоботаника. М.: Высшая школа, 1973. 384 с.
11. *Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.
12. Методические указания по определению ТМ в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1989. 62 с.
13. *Калиниченко В.П., Иваненко А.А., Суковатов В.А.* Природоохранный характер использования фосфогипса в сельскохозяйственной мелиорации // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса Южного федерального округа: Мат-лы 71-й регион. практ. конф. Ставрополь, 2007. С. 166–168.
14. *Суковатов В.А., Иваненко А.А., Коденко М.В., Калиниченко В.П.* Содержание тяжелых металлов в комплексе солонцово-каштановых почв при агромелиорации фосфогипсом // ДонГАУ (АЧС-ХИ, ДСХИ) – агрохимической науке: Мат-лы науч.-практ. конф. (пос. Персиановский, 2006 г.). С. 51–52.
15. *Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Ладан Е.П. и др.* Долговременное управление агроландшафтом каштановых солонцовых комплексных почв // Вестник РАСХН. 2007. № 4. С. 35–37.

THE PROMISING RECLAMATION WAYS OF THE SOLONETS SOIL COMPLEXES OF THE SOUTHEAST OF THE ROSTOV REGION

L.P. Ilyina, V.A. Sukovатов, V.V. Chernenko, V.P. Kalinichenko

The complex way of steppe solonetses reclamation, combining agrotechnical and chemical approaches, is analysed. On the basis of the field experiments it is shown that there is a reduction of content of readily soluble salts, especially in solonetsic horizons in the reclaimed soils, as well as the improvement of structure of ground and an air mode. Application of the complex way allows to receive high productivity of agricultural cultures.

Key words: land reclamation, steppe solonetses, phosphogypsum, structure of the soil, air mode of the soil, degree of soils salinization, productivity of agricultural cultures.

REREFENCES

1. Sukovatov V.A. 2006. [Application of phosphogypsum as a meliorant on the solonetz soils]. In: *Sovremennye tendentsii razvitiya agropromyshlennogo kompleksa*. [The current tendency of development of agriculture complex]. Persianovski: 144–146. (In Russian).
2. Minkin M.B., Kalinichenko V.P., Sadimenko P.A. 1986. *Regyirovanie gidrologicheskogo rezhima kompleksnykh solontsovykh pochv*. [The control of the hydrological conditions of the complex solonetz soils]. Rostov-on-Don, Rostov State University Publishers: 232 p. (In Russian).
3. Kalinichenko V.P. 2003. *Prirodnye i antropogennye faktory proiskhozhdeniya i evolyutsii struktury pochvennogo pokrova*. [Natural and anthropogenic factors of the origin and evolution of the structure of soil cower]. Moscow, Moscow Agriculture Academy Publishers: 376 p. (In Russian).
4. Morkovskoy N.A., Zinchenko V.E., Chernenko V.V. 2003. [The ameliorative aftereffect of treatment of solonetz soils]. *Izv. vuzov. Sev.-Kav. region. Estestvennyye nauki*. (Special Issue): 269–273. (In Russian).
5. Rozanov B.G. 2004. *Morfologiya pochv: uchebnik dlya vysshey shkoly*. [Morphology of soils: a textbook for high school]. Moscow, Akademicheskii proekt Publishers: 432 p. (In Russian).
6. Aleksandrova L.N., Naydenova O.A. 1986. *Laboratorno-prakticheskie zanyatiya po pochvovedeniyu*. [Laboratory and practical classes of the soil science]. Leningrad, Agropromizdat Publishers: 295 p. (In Russian).
7. Arinushkina E.V. 1970. *Rukovodstvo po khimicheskomy analizu pochv*. [Guidance by the chemical analyses of soils]. Moscow, Moscow State University Publishers: 487 p. (In Russian).
8. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. 1973. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv i gruntov*. [The methods of investigation phesical properties of the soils and grounds]. Moscow, Vysshaya shkola Publishers: 399 p. (In Russian).
9. Dospekhov B.A. 1979. *Metodika polevogo opyta*. [Methodology field experience]. Moscow, Kolos Publishers: 416 p. (In Russian).
10. Voronov A.G. 1973. *Geobotanika*. [Geobotany]. Moscow, Vysshaya shkola Publishers: 384 p. (In Russian).
11. Orlov D.S., Grishina L.A. 1981. *Practicum po khimii gumusa*. [Practical works of the humus chemistry]. Moscow, Moscow State University Publishers: 271 p. (In Russian).
12. Efremov A.G. (Ed.) 1989. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu TM v pochvakh sel'khozugodiy i produktsii rastenievodstva*. [Methodical instructions on determination of Heavy metals in soils of agricultural lands and crop production]. Moscow, "TcINAO" Publ.: 62 p. (In Russian).
13. Kalinichenko V.P., Ivanenko A.A., Sukovatov V.A. 2007. [The environmental nature of the using of phosphogypsum in agricultural reclamation]. In: *Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa yuzhnogo federal'nogo okruga*. [The state and prospects of development of agroindustrial complex of the southern Federal district]. Stavropol: 166–168 p. (In Russian).
14. Sukovatov V.A., Ivanenko A.A., Kodenko M.V., Kalinichenko V.P. 2006. [The content of heavy metals in the complex solonetz chestnut soils in after the agroforestry phosphogypsum and prospects of development of the agroindustrial complex of the southern Federal district]. In: *DonGAU (AChSKxI, DSKxI) – agrokhimicheskoy nauke*. [DonSAU – agrochemical science]. Persianovski: 51–51 p. (In Russian).
15. Kalinichenko V.P., Sharshak V.K., Ladan E.P. 2007. [Long-term management of the agricultural landscape of chestnut solonetz complex soils]. *Vestnik RASKxN*. (4): 35–37. (In Russian).