

УДК 631.445.53

ДИНАМИКА СОЛЕВОГО СОСТАВА СОЛОНЦОВ БАРАБЫ В ТЕЧЕНИЕ 27–32-ЛЕТНЕГО ДЕЙСТВИЯ ГИПСА

^{1,2}Н. В. Семендяева, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

¹Н. В. Елизаров, аспирант

¹Новосибирский государственный аграрный университет

²ГНУ Сибирский НИИ земледелия

и химизации сельского хозяйства Россельхозакадемии

E-mail: semendyeva@ngs.ru

Ключевые слова: мелиорированные солонцы, минерализованные грунтовые воды, засоление, легкорастворимые соли, щелочность

Реферат. Наиболее длительным и эффективным способом повышения плодородия солонцов является химическая мелиорация, которая создает условия для нормального развития культурных растений. Одноразовое внесение гипса в солонцы северной лесостепи Новосибирской области обладает длительным мелиоративным действием. Установлено, что в первые два года после внесения мелиоранта за счет активного протекания обменных реакций в мелиорированном слое 0–20 см произошло значительное увеличение содержания солей – до 21–23 т/га при показателе в контроле 3–5 т/га. Соли в основном были представлены ионами кальция, магния, натрия и сульфат-ионами. В последующие годы под действием атмосферных осадков при сравнительно стабильном уровне залегания минерализованных грунтовых вод соли промылись в нижние горизонты. Начиная с 1987 г. глубина залегания грунтовых вод колебалась в пределах 240–265 см, что сказалось на направленности почвообразовательного процесса – снизилась степень оглеения почвенного профиля. В сильно увлажненном 2013 г. грунтовые воды в июне поднялись на глубину 50 см, что усилило засоление солонцов в вариантах с внесением гипса. В них увеличились щелочность, содержание карбонатов и бикарбонатов и особенно катионов натрия. Величина pH грунтовых вод начиная с 1987 г. находилась в щелочном интервале. Наиболее высоким данный показатель был в 2013 г. – 8,5. В малонатриевых солонцах процесс засоления протекал более интенсивно, чем в многонатриевых. В осенний период уровень грунтовых вод понизился до 200 см, и мелиорированные солонцы вновь рассолились.

Согласно И.Н. Антипову-Каратаеву [1], отрицательные агрономические свойства солонцов обусловлены двумя группами собственно солонцовых свойств: «физиологической солонцеватостью» и «агрофизической солонцеватостью». Первая группа отрицательных свойств определяется высокой щелочностью почв и связанным с этим дефицитом ионов кальция в почвенном растворе. Вторая группа требует замены избытка поглощенного натрия солонцового горизонта почв другими катионами, вызывающими коагуляцию илистых частиц. Химическая мелиорация устраняет отрицательные свойства обеих групп свойств и создает условия для нормального развития сельскохозяйственных культур.

Как показали исследования, одноразовое внесение гипса в солонцы продолжало действовать в течение длительного времени. При этом снижалась щелочность почв, улучшались ее физико-химические свойства. В почвенном профиле снижалось количество легкорастворимых солей, а в по-

чвенном поглощающем комплексе – обменного натрия, тогда как содержание обменного кальция возрастало [2–4]. О.З. Еремченко установлено, что на средних и мелких солонцах сульфатного засоления на основе безотвальной обработки последствие химической мелиорации продолжалось более 11 лет и около 8 – на фоне отвальной; на глубоком гидрокарбонатном и корковом хлоридно-сульфатном солонцах – более 28 лет, а на среднем гидрокарбонатном – более 50 лет [2]. Длительными исследованиями Л.В. Березина в Омской области установлено, что фосфогипс, внесенный в 1984 г., продолжает действовать и поныне. На 18-й год после химической мелиорации (2002 г.) средняя урожайность яровой пшеницы выросла почти в 3 раза, тогда на 10-й год последствия – только на 50 %, т.е. с годами действие одноразового внесения фосфогипса в дозе 12 т/га не затухало, а наоборот, усиливалось [3].

Наши исследования, проведенные в северной лесостепи Новосибирской области (АОЗТ

«Кабинетное» Чулымского района) свидетельствуют о длительном мелиоративном эффекте однократного внесения химических мелиорантов. В производственных условиях применяли сыро-молотый гипс из Пермской области. В 1986 г. отрядом «Агропромхимия» гипс в дозах от 20 до 30 т/га был выборочно внесен на пятна солонцов на площади 100 га согласно проектно-сметной документации. Поле в течение всех лет после проведения мелиорации использовалось в полевом севообороте «пар–пшеница–пшеница–подсолнечник (кукуруза) на силос – овес (ячмень)». На 27-й год действия мелиоранта на солонцах отсутствовала корка, величина рН находилась в пределах 7,0–7,2 (нейтральная). Посевы были выравненными, а средняя урожайность сельскохозяйственных культур за годы наблюдений составила: силосных – в пределах 30, зерновых – 2,0–2,5 т/га. Вторичного засоления солонцов не было установлено, хотя уровень залегания грунтовых вод в это время существенно изменялся [4].

Цель данной работы: выявить изменения уровня залегания и степени минерализации грунтовых вод и динамику легкорастворимых солей в профиле солонцов в течение 27–32-летнего действия однократного внесения гипса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в микроделяночных опытах на солонцах корковых луговых мало- и многонариевых в АОЗТ «Кабинетное» Чулымского района Новосибирской области (северная лесостепь Барабинской низменности) на бывшем «солонцовом» стационаре Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства.

Микроделяночный опыт на малонариевых солонцах заложен в 1981 г. Набор доз гипса взят эмпирически в пределах от 0 до 50 т/га без учета содержания обменного натрия в почве. На многонариевых солонцах – в 1986 г. В этом опыте дозы гипса рассчитаны с учетом содержания обменного натрия в среднем образце почвы с интервалом 0,25 нормы по натрию (по Гедройцу) – от 0 до 1,25 нормы. Варианты опыта: контроль (без внесения гипса), гипс 11, 23, 36, 45 и 56 т/га.

Для устранения поверхностного и бокового стоков деланки в опытах по периметру были обтянуты полиэтиленовой пленкой на глубину 30–40 см с небольшим верхним напуском.

С 1996 г. опыт находился под залежью, но перед закрытием на нем был посеян донник, который в настоящее время преобладает на деланках по сравнению с естественной растительностью.

В 2006–2013 гг. наблюдения были продолжены. Для этого на одной из повторностей деланки были вскрыты с помощью разрезов до глубины 100 см и более (без существенного их повреждения). Из слоев 0–20; 20–40; 40–60; 60–80; 80–100 см периодически по годам отбирали образцы, в которых определяли состав водной вытяжки, общий и обменный натрий [5]. На малонариевом солонце изучены варианты: контроль, гипс 18 т/га; на многонариевом: контроль, гипс 11, 45 и 56 т/га.

Наблюдения, проводившиеся ранее (1981–1995 гг.) и в настоящее время в данных вариантах, позволили выявить динамику и степень изменения свойств солонцов корковых под действием различных доз гипса. Грунтовые воды в 2013 г. отбирали 2 раза за сезон – в начале июня и в конце сентября. При проведении исследований использованы стационарный, профильный, морфологический и аналитический методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как установлено Л.П. Галеевой [6], в Чулымском районе вегетационный период за 30 лет наблюдений был в основном теплым и даже жарким и большей частью достаточно увлажненным, что повлияло на растворимость внесенного гипса и свойства почвы. Особенно дождливым был вегетационный период 2013 г. (433 мм), что привело к резкому подъему грунтовых вод. Ранее нами установлено, что в первые два года после внесения гипса за счет активного протекания обменных реакций в мелиорированном слое 0–20 см произошло значительное увеличение (до 21–23 т/га) количества солей при содержании их в контроле 3–5 т/га. Соли в основном были представлены ионами кальция, магния, натрия и SO_4^{2-} . Наиболее выраженным данное явление было в весенний период. В последующие годы под действием атмосферных осадков и существенного улучшения физических и физико-химических свойств мелиорированного профиля соли промывались в нижележащие горизонты и грунтовые воды [7].

Результаты наблюдений за уровнем залегания и солевым составом грунтовых вод представлены

Таблица 1

Изменение уровня залегания и солевого состава грунтовых вод под многонариевыми солонцами

Год наблюдений, характер увлажнения	Месяц наблюдений	Уровень грунто- вых вод, см	pH	Концентрация ионов, мг-экв/л								$\frac{Na^+}{Ca^{2+}+Mg^{2+}}$
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Сумма катионов	
Контроль (без гипса)												
1987, средне-многолетний	Сентябрь	120	8,09	0,5	9,8	0,0	0,7	0,3	1,9	8,4	10,6	3,8
1988, сильно засушливый	Сентябрь	240	8,40	0,5	19,0	2,7	3,2	1,8	5,1	16,1	23,0	2,3
1990, близкий к среднемного-летнему	Сентябрь	233	8,36	0,5	17,9	0,8	4,0	2,0	5,9	14,2	22,1	1,8
2007, засушли- вый	Сентябрь	250	8,06	1,4	19,2	1,7	3,0	1,0	4,4	19,9	25,3	3,7
2013, сильно увлажнённый	Июнь	50	8,50	1,9	20,2	0,6	3,1	0,9	3,4	21,5	25,8	5,3
	Сентябрь	160	7,85	0,0	21,1	0,6	2,1	0,3	6,3	17,2	23,8	2,6
Гипс 45 т/га												
2007	Сентябрь	265	7,84	0,6	21,5	1,8	8,9	3,4	5,8	18,9	28,1	2,0
2013	Сентябрь	200	7,75	0,0	21,8	0,6	2,1	0,3	4,7	18,3	23,3	3,7

в табл. 1, из данных которой видно, что начиная с 1987 г. глубина залегания грунтовых вод колебалась в пределах 240–265 см, что, безусловно, сказывалось на почвообразовательном процессе. В июне 2013 г., вследствие обильных осадков (148 мм только за май–июнь) уровень грунтовых вод на опытном участке под многонариевыми солонцами поднялся до 50 см. Это вызвало засоление почвенного профиля в вариантах с внесением мелиоранта (45 т/га). К осени (сентябрь) грунтовые воды опустились до 160–200 см.

Величина pH грунтовых вод начиная с 1987 г. и по 2013 г. находилась в щелочном интервале. Наиболее высоким данный показатель был в июне 2013 г. – 8,5 при наивысшем уровне залегания грунтовых вод – 50 см. К осени pH уменьшился до слабощелочного значения. В солевом составе грунтовых вод преобладали анионы HCO_3^- и SO_4^{2-} и в небольшом количестве присутствовали анионы CO_3^{2-} , что указывает на смешанный тип засоления. Наибольшее содержание иона CO_3^{2-} в грунтовых водах отмечено в июне 2013 г., а осенью его там не обнаружено. В течение всех лет исследований в катионном составе грунтовых вод преобладал ион Na^+ . Его содержание изменялось в пределах от 8 до 21,5 мг-экв/л. Наибольшее количество натрия в грунтовых водах отмечено в июне 2013 г., а к осени оно несколько уменьшилось. Содержание иона Mg^{2+} изменялось примерно от 2 до 6,3 мг-экв/л, свидетельствуя о натриево-магниевом засолении грунтовых вод.

По отношению одновалентных катионов к двухвалентным Р.А. Витман [8] разделил грунтовые воды на две группы: 1) если это отношение больше 2, то над такими водами формируются многонариевые солонцы; 2) если оно меньше 2, то – малонариевые. Из данных табл. 1 видно, что это отношение в грунтовых водах больше 2, что обуславливает высокое содержание натрия в почвенном поглощающем комплексе солонцов. Особенно значительным оно было в июне 2013 г. (5,3). Таким образом, анализ грунтовых вод свидетельствует о периодическом засолении мелиорированных почв, которое не наблюдалось прежде за 30-летний период исследований.

В солевом составе водной вытяжки многонариевых солонцов в 2013 г. при близком стоянии грунтовых вод смешанного типа засоления преобладали анионы HCO_3^- и Cl^- . Содержание ионов SO_4^{2-} было значительно меньше. Наличие аниона CO_3^{2-} отмечено как в профиле много-, так и малонариевых солонцов, что свидетельствует о периодическом засолении почв (табл. 2). Следует отметить, что в профиле малонариевых солонцов водорастворимого натрия было больше как в контроле (3–6 мг-экв/100 г почвы), так и в варианте с 18 т/га гипса (3–4,8 мг-экв/100 г почвы) по сравнению с многонариевыми. В мелиорированных многонариевых солонцах содержание водорастворимого натрия колебалось в пределах 2 мг-экв/100 г почвы. Следовательно, даже при близком залегании минерализованных грунтовых

Таблица 2

Величина pH, содержание и запас солей в профиле мелиорированных многонариевых солонцов, июнь 2013 г.

Глубина взятия образца, см	Контроль (без гипса)			Гипс 11 т/га			Гипс 45 т/га			Гипс 56 т/га		
	pH	запас солей		pH	запас солей		pH	запас солей		pH	запас солей	
		%	т/га		%	т/га		%	т/га		%	т/га
0–20	9,5	0,13	$\frac{3,4^*}{5,5}$	9,5	0,22	$\frac{5,3}{2,9}$	9,4	0,14	$\frac{2,9}{2,3}$	8,8	0,16	$\frac{3,3}{1,4}$
20–40	10,2	0,17	$\frac{4,7}{11,1}$	10,1	0,25	$\frac{6,6}{6,0}$	10,1	0,21	$\frac{4,8}{3,2}$	9,2	0,18	$\frac{4,2}{3,7}$
40–60	10,6	0,27	$\frac{7,7}{5,4}$	10,3	0,26	$\frac{7,0}{5,5}$	10,4	0,12	$\frac{2,8}{3,2}$	10,5	0,24	$\frac{5,6}{3,9}$
60–80	10,6	0,24	$\frac{6,9}{4,7}$	10,6	0,21	$\frac{5,9}{5,0}$	10,5	0,20	$\frac{5,0}{3,6}$	10,1	0,19	$\frac{4,6}{5,2}$
80–100	10,6	0,26	$\frac{8,3}{4,6}$	10,6	0,25	$\frac{7,4}{4,9}$	10,6	0,20	$\frac{5,3}{4,0}$	10,1	0,18	$\frac{4,5}{2,2}$
Итого в слое 0–100 см			$\frac{31,0}{31,3}$			$\frac{32,2}{24,3}$			$\frac{20,8}{16,3}$			$\frac{22,2}{16,4}$

* В числителе – запас солей в июне 2013 г., в знаменателе – в 2006 г.

Таблица 3

Величина pH и запас солей в профиле мелиорированных малонариевых солонцов, июнь 2013 г.

Глубина взятия образца, см	Контроль (без гипса)				Гипс 18 т/га	
	pH	запас солей		pH	запас солей	
		%	т/га		%	т/га
0–20	9,8	0,42	$\frac{10,7^*}{1,0}$	8,8	0,34	$\frac{6,9}{2,0}$
20–40	10,4	0,60	$\frac{15,8}{3,7}$	10,2	0,46	$\frac{10,9}{2,0}$
40–60	10,5	0,46	$\frac{12,9}{3,5}$	10,5	0,42	$\frac{10,3}{2,2}$
60–80	10,5	0,35	$\frac{9,5}{4,2}$	10,4	0,39	$\frac{10,2}{2,3}$
80–100	10,5	0,29	$\frac{8,1}{4,6}$	10,7	0,37	$\frac{9,7}{2,4}$
Итого в слое 0–100 см			$\frac{57,0}{17,0}$			$\frac{48,0}{10,9}$

* В числителе – запас солей в июне 2013 г., в знаменателе – в 2006 г.

вод эффект длительного действия гипса при однократном его внесении сохранялся. Как в контроле (без гипса), так и в вариантах с внесением гипса величина pH в обоих солонцах изменялась в интервале от 8,8 до 10,6, свидетельствуя об их засолении (табл. 2, 3).

На наличие интенсивного засоления почв в 2013 г. указывает также сумма солей как в слоях профиля, так и в метровой толще в целом (см. табл. 2, 3). Малонариевые солонцы оказались более подверженными засолению, так как в их метровой толще обнаружено солей практически в 2 раза больше, чем в многонариевых – 57 и 31 т/га в контроле и 48 и 20,8 т/га при внесении полных доз гипса соответственно.

Причина данного явления, на наш взгляд, может заключаться в том, что в малонариевых солонцах произошли более глубокие мелиоративные процессы, которые существенно улучшили свойства почв в целом, а подъём грунтовых вод способствовал более сильному их засолению. Ранее нами было установлено, что при внесении гипса процессом мелиорации охватывается весь метровый слой малонариевых солонцов, тогда как в многонариевых – только слой 0–60 см [9]. Расчёт запасов солей в метровой толще почв показал, что в 2013 г. при залегании грунтовых вод на глубине 50–200 см их было значительно больше, чем в 2006 г. при уровне грунтовых вод 250–265 см (см. табл. 2, 3). Так, в 2013 г. в малонариевых со-

лонцах без внесения гипса запасы солей в 3,3 раза, а при внесении гипса в дозе 18 т/га – почти в 5 раз больше, чем в 2006 г. Содержание солей в профиле многонариевых солонцов контрольного варианта практически не изменилось (31 и 31,3 т/га), а в вариантах с гипсом возросло в 1,3 раза.

Таким образом, в 2013 г. в результате подъёма минерализованных грунтовых вод произошло засоление мелиорированных солонцов легкорастворимыми солями. На малонатриевых солонцах оно выражено значительно сильнее, чем на многонариевых, в силу того, что в них более интенсивно протекали мелиоративные процессы.

ВЫВОДЫ

1. В Барабинской низменности уровень залегания грунтовых вод подвержен значительным колебаниям, которые в определенной степени зависят от количества выпавших атмосферных осадков. В сильно увлажненном 2013 г. грунтовые воды в июне находились на уровне 50 см. В них возросла степень минерализации – увеличилась щелочность, содержание

карбонатов, бикарбонатов и особенно катионов натрия, что привело к дополнительному засолению мелиорированных солонцов.

2. При химической мелиорации в солонцах в первые годы действия мелиоранта активно протекали обменные реакции между почвенно-поглощающим комплексом и катионами кальция гипса. При этом в профиле мелиорированных почв увеличивалось количество продуктов обмена, которые постепенно удалялись в нижние горизонты и далее – в грунтовые воды.
3. Резкое поднятие минерализованных грунтовых вод вызвало вторичное засоление мелиорированных солонцов – в них увеличилось содержание катионов натрия, бикарбонатов и карбонатов. В малонатриевых солонцах процесс засоления выражен более интенсивно, чем в многонариевых. При снижении уровня залегания грунтовых вод профиль мелиорированных солонцов вновь рассолялся. В контроле многонариевых солонцов содержание солей в метровой толще по годам оставалось примерно в одном интервале.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов-Каратаев И. Н. Вопросы происхождения и географического распространения солонцов // Мелиорация солонцов в СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1953. – С. 11–26.
2. Ерёмченко О. З. Природно-антропогенные изменения солонцовых почв в Южном Зауралье. – Пермь, 1997. – 317 с.
3. Березин Л. В. Мелиорация и использование солонцов Сибири. – Омск, 2005. – 206 с.
4. Семендяева Н. В. Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири. – Новосибирск, 2011. – 168 с.
5. Практикум по агрохимии / под ред. В. Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 687 с.
6. Галеева Л. П. Влияние удобрений на плодородие почв северной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Тюмень, 2013. – 32 с.
7. Семендяева Н. В. Агроэкологические особенности процессов солепередвижения в солонцах Барабинской низменности // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2011. – № 9–10. – С. 12–17.
8. Витман Р. А. Роль грунтовых вод в солонцовом почвообразовательном процессе // Тр. ОмСХИ. – 1975. – Т. 140. – С. 35–37.
9. Семендяева Н. В., Елизаров Н. В. Изменение физических свойств солонцов Барабинской низменности при длительном действии гипса // Вестн. НГАУ. – 2012. – № 1 (22). – С. 38–41.
1. Antipov-Karataev I. N. Voprosy proiskhozhdeniya i geograficheskogo rasprostraneniya solontsov // Melioratsiya solontsov v SSSR. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1953. – S. 11–26.
2. Eremchenko O. Z. Prirodno-antropogennye izmeneniya solontsovykh pochv v Yuzhnom Zaural'e. – Perm', 1997. – 317 s.
3. Berezin L. V. Melioratsiya i ispol'zovanie solontsov Sibiri. – Omsk, 2005. – 206 s.
4. Semendyaeva N. V. Vliyanie sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya na svoystva pochv Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk, 2011. – 168 s.
5. Praktikum po agrokhimii / pod red. V. G. Mineeva. – M.: Izd-vo MGU, 2001. – 687 s.

6. Galeeva L. P. Vliyanie udobreniy na plodorodie pochv severnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk. – Tyumen', 2013. – 32 s.
7. Semendyaeva N. V. Agroekologicheskie osobennosti protsessov soleperedvizheniya v solontsakh Barabinskoy nizmennosti // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2011. – № 9–10. – S. 12–17.
8. Vitman R. A. Rol' gruntovykh vod v solontsovom pochvoobrazovatel'nom protsesse. // Tr. OmSKhI. – 1975. – T. 140. – S. 35–37.
9. Semendyaeva N. V., Elizarov N. V. Izmenenie fizicheskikh svoystv solontsov Barabinskoy nizmennosti pri dlitel'nom deystvii gipsa // Vestn. NGAU. – 2012. – № 1 (22). – S. 38–41.

DYNAMICS OF SALT COMPOSITION IN BARABA SOLONETZES EXPOSED TO GYPSUM EFFECT DURING 27–32 YEARS

N. V. Semendyaeva, N. V. Elizarov

Key words: reclaimed solontzes, mineralized ground waters, salinization, readily soluble salts, alkalinity

Abstract. The most continuous and efficient way to improve solonetz fertility is chemical reclamation that creates conditions for proper development of crop plants. A single application of gypsum in the solonetz of Novosibirsk region northern forest-steppe produces a continuous reclaiming effect. It is established that for the first two years after the ameliorator having been applied and due to exchange reactions proceeding in the 0–20 cm reclamation layer the content of salts largely rose up to 21–23 t/ha versus the control 3–5 t/ha. The salts were mostly represented by Ca, Mg, Na and sulfate ions. In the subsequent years, when exposed to atmospheric rainfalls and with comparatively stable level of mineralized ground water-tables, the salts were washed through to the lower horizons. From the year 1987 and further, the depth of ground water-tables varied from 240 to 265 cm and this influenced the direction of soil formation process: the degree of soil profile gleyzation went down. In the too wet year 2013, ground waters went up to the 50 cm depth and this intensified solonetz salinization in the gypsum applied option. Solonetz alkalinity increased, carbonates and bicarbonates content, particularly Na cations, rose. Ground waters pH value has been in the alkali interval since the year 1987. The highest value of the index involved was 8.5 in 2013. In the solonetz with low Na content the salinization process ran more intensively than in those with high Na content. In the fall, ground water-tables went down to 200 cm and reclaimed solonetz desalted again.