

УДК 631.6:631.445.53

**Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова**

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

**О. Ю. Шалашова**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛОНЦОВ ЧЕРНОЗЕМНЫХ**

Цель исследования – изучить влияние комплексной мелиорации, включающей химическую мелиорацию, внесение навоза и мелиоративные вспашки, на физико-химические свойства солонцов черноземных. Исследования проводились в Ростовской области на двух фонах: фон 1 – мелиоративная вспашка трехъярусным плугом (ПТН-3-40); фон 2 – мелиоративная вспашка плужно-фрезерным орудием (ПТН-2-40Ф). На основе собственных исследований и анализа научной литературы показано, что солонцы черноземные, составляющие комплекс с южными черноземами от 30 до 75 %, нуждаются в особой мелиорации с учетом окружающих зональных почв. Анализ данных, полученных авторами при изучении различных вариантов комплексной мелиорации (химическая мелиорация + внесение органических удобрений + мелиоративная вспашка), показал ее воздействие на пахотный и подпахотный слои и повышение плодородия всего мелиорируемого слоя. Самыми эффективными по мелиорирующему воздействию являются следующие сочетания фосфогипса (Ф) и навоза (Н): 10 т/га Ф + 20 т/га Н и 10 т/га Ф + 40 т/га Н, с последующим проведением мелиоративной вспашки плужно-фрезерным орудием (фон 2). Солонцеватость в слое почв 0–40 см в этих вариантах снизилась к четвертому году последствия соответственно на 70 и 65 % и достигла 8–9 % обменного натрия от суммы обменных катионов, то есть почти приблизилась к значениям, характерным для зональной почвы (6–7 %). Одновременно в солонцах исчезла щелочность и возросла содоустойчивость до среднего уровня (35 мг-экв./100 г почвы). До мелиорации почвы не обладали содоустойчивостью (менее 10 мг-экв./100 г). Вынос токсичных солей при внесении 10 т/га Ф + 40 т/га Н достиг 53–62 %. При этом на фоне плужно-фрезерной вспашки соли вымывались лучше на 15–35 % по сравнению с трехъярусной вспашкой.

Ключевые слова: солонцы черноземные, химическая мелиорация, фосфогипс, навоз, мелиоративная вспашка, солонцеватость, щелочность, содоустойчивость.

**G. T. Balakay, L. M. Dokuchayeva, R. Y. Yurkova**

Russian Research Institute of Land Improvement Problems, NovoCherkassk, Russian Federation

**O. Y. Shalashova**

NovoCherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University, NovoCherkassk, Russian Federation

## **COMPLEX LAND RECLAMATION IMPACT ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SOLONETZ**

The aim of the research is to investigate the impact of complex land reclamation including chemical reclamation, manure applying, and ameliorative tillage on physical and chemical properties of chernozem solonetz. The study was carried out in the Rostov region at

two backgrounds: 1 – ameliorative tillage by three-tier plow: 2 – ameliorative tillage by plow-milling tool. On the base of own investigations and analysis of science publications it is shown that chernozem solonetz consisting the complex with southern chernozem from 30 to 75 % needs the special reclamation considering the environment of zonal soils. Data analysis obtained by the authors during the study of different variants of complex land reclamation (chemical reclamation + applying of organic fertilizers + ameliorative tillage) has shown its impact on plow and subsurface soil layers, as well as on the fertility improvement of the whole reclaimed layer. The following combinations of phosphogypsum (PG) and manure (M) are the most effective by reclamation impact: 10 t/ha PG + 20 t/ha M and 10 t/ha PG + 40 t/ha M, followed by ameliorative tillage by plow-milling tool. In these variants to the 4<sup>th</sup> year of after-action sodicity in soil layer 0–40 cm decreased by 70 and 65 % respectively, and exchangeable sodium percentage reached 8–9 % from the sum of exchangeable cations that is almost fit to the values of zonal soil (6–7 %). Simultaneously in solonetz the alkalinity vanished and sodium persistence increased to the medium level (35 meq/100 g soil). Before the land reclamation the soils were not sodium persistent (less than 10 meq/100 g soil). The leaching of toxic salts at applying of 10 t/ha PG + 40 t/ha M reaches 53–62 %. While at the background of plow-milling tillage the salt leaching was higher by 15–35 % comparing to the three-tier plowing.

Keywords: chernozem solonetz, chemical reclamation, phosphogypsum, manure, ameliorative tillage, sodicity, alkalinity, sodium persistence.

**Введение.** Полное использование потенциальных возможностей орошаемых почв солонцовых комплексов связано с необходимостью проведения предварительных работ по коренной мелиорации пятен солонцов и последующего применения специальной мелиоративной системы земледелия, направленной на интенсификацию мелиоративного процесса на почвах всего комплекса и обеспечение условий для получения высокого стабильного урожая. Для наибольшей эффективности освоения таких почв необходимы мероприятия, как затрагивающие природу солонцеватости, так и направленные на устранение условий, ее поддерживающих [1]. Многие исследователи доказывают, что только проведение комплекса мероприятий может обеспечить полное восстановление плодородия деградированных почв. Для каждого участка должен разрабатываться, согласно свойствам почв, свой набор разных способов мелиоративного воздействия в сочетании с правильно подобранной системой земледелия [2–10]. В связи с вышесказанным целью настоящей работы является исследование влияния комплекса мелиоративных приемов на физико-химические свойства солонцов черноземных в условиях орошения.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в ООО «Цимлянский» Мартыновского района Ростовской области. Территория исследуемого объекта находится на второй надпойменной террасе р. Западный Маныч (Сало-Манычского водораздела) на правом берегу Веселовского водохранилища. Орошение осуществляется с 1962 г. водой Цимлянского водохранилища, транспортируемой Донским и Пролетарским каналами. По химическому составу вода гидрокарбонатно-натриевая с минерализацией 0,9–1,1 г/дм<sup>3</sup>.

Основными почвообразующими породами на объекте исследований являются карбонатные лессовидные суглинки и глины. Грунтовые воды расположены глубже 2,5 м, годовая амплитуда их колебаний – 0,5–0,8 м, поэтому они не оказывают влияния на почвообразовательные процессы в слое 0–40 см. Преобладающий почвенный фон территории, на которой проводились исследования, составляют черноземы южные террасовые.

Среди черноземов южных террасовых преобладают слабосолонцеватые их разности с 6–7 % обменного натрия от суммы катионов почвенного поглощающего комплекса ( $\Sigma$  ППК) в комплексе с глубокостолбчатыми, среднестолбчатыми и корковыми солонцами, составляющими 25–50 %. Согласно классификации это солонцы черноземные [11, 12]. Отличительной особенностью этих солонцов является наличие большого количества обменного натрия не только в солонцовом горизонте (16 % от  $\Sigma$  ППК), но и по всему почвенному профилю.

Сильно осолонцован (24 %) верхний 20-сантиметровый слой, наиболее ценный с точки зрения сельскохозяйственного использования, что является следствием длительного орошения природно-солонцеватых почв водой неблагоприятного качества без проведения мероприятий, предупреждающих осолонцевание. Слои глубже 40 см также содержат значительное количество поглощенного натрия в ППК, чему способствовало периодическое поднятие грунтовых вод, тоже неблагоприятного сульфатно-

натриевого состава, выше критического уровня (2 м). В то же время в исследуемых солонцах отмечается наличие карбонатов, расположенных близко к поверхности, в размере 8–9 %.

В верхнем пахотном слое солонцов отмечается сильное уплотнение почвы (в среднем  $1,31 \text{ т/м}^3$ , а местами до  $1,34 \text{ т/м}^3$ ). Солонцовый горизонт имеет еще большую плотность (в среднем  $1,36 \text{ т/м}^3$ ), а с глубины 60 см почва уплотнена до  $1,41 \text{ т/м}^3$ .

Количество гумуса в верхнем слое солонцов находится в пределах 3 %. С глубиной содержание его уменьшается постепенно и приближается к 1 %.

Солонцы черноземные отличаются наличием щелочности во всей исследуемой толще 0–100 см. Щелочность в наших исследованиях характеризуется отношением

$\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$ , рассчитываемым по водной вытяжке.

Значение меньше 1 характеризует нещелочную среду, а больше 1 – щелочную [13]. С поверхности ионы  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$  и  $\text{Ca} + \text{Mg}$  находятся в более или менее равновесном состоянии, но глубже 20-сантиметровой отметки наблюдается значительное преобладание анионов над катионами, отношение

$\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$  достигает значения 1,57. В слое 40–60 см отмечается

максимальная щелочность, отношение  $\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$  достигает значения 1,67.

Наличие водорастворимых солей в орошаемых солонцах, в отличие от богарных, отмечается с поверхности, что обусловлено поливами водой неблагоприятного состава. В верхнем слое сумма солей составляет в среднем 0,133 %, с глубиной их содержание постепенно увеличивается. Максимум засоленности приходится на слои 60–80 и 80–100 см, в которых средняя по скважинам сумма солей достигает соответственно 0,793 и 0,978 %. Такое засоление глубинных слоев объясняется следами лугового

процесса, который они прошли. Распределение токсичных солей, выделенных из их общей суммы, повторяет распределение всей суммы солей. С поверхности их содержание составляет в среднем 0,092 %, достигая к метровой глубине величины 0,497 %.

Гранулометрический состав солонцов представлен физической глиной (57–62 %).

Анализ изменения свойств черноземных солонцов при орошении свидетельствует о том, что такие почвы нуждаются в первую очередь в мелиоративных (глубоких) вспашках с целью разрушения плотного солонцового горизонта с содержанием поглощенного натрия до 16 % от  $\Sigma$  ППК, препятствующего проникновению влаги в нижние слои почвы, в результате чего вода застаивается и просачивается через более водопроницаемые зональные почвы комплекса (южные черноземы). Такие процессы приводят к усилению осолонцевания зональных почв, по своей генетической природе уже слабосолонцеватых, в результате чего количество пятен солонцов в почвенном покрове увеличивается.

При проведении глубоких мелиоративных обработок (агробиологический метод) происходит перемешивание кальцийсодержащего (карбонатного) и солонцового горизонтов и натрий ППК заменяется кальцием. Согласно рекомендациям ФГБНУ «РосНИИПМ» [4], допустимым условием для проведения мелиоративных обработок солонцов является содержание гипса  $> 0,3$  % или карбонатов  $> 3$  %, достаточное для обеспечения процесса «самомелиорации».

Положительными предпосылками для проведения ярусных мелиоративных вспашек послужило то, что в 70 % скважин с глубины 30 см содержание  $\text{CaCO}_3$  в почве превышало 3 %. Кроме того, разрыхление глубоких слоев почвы при проведении мелиоративной вспашки будет способствовать большему просачиванию атмосферной и поливной влаги, что улучшит протекание химических реакций в мелиорируемой толще.

Низкое содержание гумуса предопределяет необходимость внесения органических удобрений.

Исследование влияния комплексной мелиорации, включающей химическую мелиорацию, внесение навоза и мелиоративные вспашки, на физико-химические свойства черноземных солонцов проводилось на двух фонах:

- фон 1 – мелиоративная вспашка трехъярусным плугом (ПТН-3-40);
- фон 2 – мелиоративная вспашка плужно-фрезерным орудием (ПТН-2-40Ф).

При вспашке трехъярусным плугом верхний слой почвы остается на месте; нижний, третий, слой перемещается на место второго (солонцового), а второй слой (карбонатный) – на место третьего. Глубина пахоты – 45 см.

Плужно-фрезерное орудие осуществляет трехъярусную вспашку с одновременным подпочвенным крошением и перемешиванием солонцового и карбонатного горизонтов активным фрезервателем.

Схема опыта: 1) контроль (без мелиорантов); 2) 40 т/га навоза (40 т/га Н); 3) 10 т/га фосфогипса (10 т/га Ф); 4) 5 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза (5 т/га Ф + 40 т/га Н); 5) 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза (10 т/га Ф + 40 т/га Н); 6) 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза (10 т/га Ф + 20 т/га Н).

Повторность опыта трехкратная, площадь делянок – 200 м<sup>2</sup>. Дозы фосфогипса устанавливались по формуле, рассчитанной на полное вытеснение натрия из ППК солонцов в слое почвы 0–30 см [14].

Полевые опыты проводились при определенном чередовании сельскохозяйственных культур, которое соответствует высокопродуктивным севооборотам, осваиваемым в данном регионе. Агротехника общепринятая для черноземной зоны орошаемого земледелия [14]. Орошение производилось машиной ДДА-100ВХ. Расчетная норма обеспечивала промачивание слоя 0–60 см при поддержании влажности на уровне 75–80 % НВ и в зависимости от возделываемых культур составляла не более 500 м<sup>3</sup>/га.

В связи с тем, что все разрабатываемые приемы направлены на повышение плодородия солонцовых почв, наблюдения велись за изменением их основных почвенных показателей. Для этого во всех вариантах опыта намечались динамические площадки, на которых в течение всего периода исследований отбирались образцы почв на анализ. Срок отбора образцов – осень. Образцы отбирались послойно: 0–20, 20–40, 40–60, 60–80, 80–100 см, по ним были сделаны следующие виды анализов: состав водной вытяжки (ГОСТ 26423–85<sup>1</sup>, ГОСТ 26424–85<sup>2</sup>, ГОСТ 26425–85<sup>3</sup>, ГОСТ 26426–85<sup>4</sup>, ГОСТ 26427–85<sup>5</sup>, ГОСТ 26427–85<sup>6</sup>); состав обменных оснований: Са и Mg (ГОСТ 26487–85)<sup>7</sup>, Na (ГОСТ 26950–86)<sup>8</sup>; общее содержание гумуса (ГОСТ 26213–91)<sup>9</sup>; содоустойчивость по Бобкову [15]; карбонаты по Голубеву [16]. Пробы проанализированы в эколого-аналитической лаборатории РосНИИПМ.

При оценке почвенного плодородия использовались «Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения», «Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании» [17, 18].

**Результаты и обсуждение.** В результате проведения комплексной мелиорации произошло снижение солонцеватости промелиорированных слоев почвы по всем вариантам опыта. На контроле, где проводилась только ме-

---

<sup>1</sup> ГОСТ 26423–85–26428–85 «Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки»

<sup>2</sup> ГОСТ 26424–85 «Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке»

<sup>3</sup> ГОСТ 26425–85 «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке»

<sup>4</sup> ГОСТ 26426–85 «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке»

<sup>5</sup> ГОСТ 26427–85 «Почвы. Метод определения натрия и калия в водной вытяжке»

<sup>6</sup> ГОСТ 26428–85 «Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке»

<sup>7</sup> ГОСТ 26487–85 «Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО»

<sup>8</sup> ГОСТ 26950–86 «Метод определения обменного натрия»

<sup>9</sup> ГОСТ 26213–91 «Методы определения органического вещества»

лиоративная вспашка без внесения мелиорантов, такое снижение составило в слое 0–40 см в первый год последствий 10 % как по плугу ПТН-3-40 (таблица 1), так и на фоне плужно-фрезерной обработки (таблица 2).

**Таблица 1 – Изменение содержания обменного натрия при мелиорации солонцов черноземных на фоне обработки ПТН-3-40**

Год последствия	Слой, см						В % от $\Sigma$ ППК Потеря обменного Na в слое 0–40 см, %
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–40	
	Содержание обменного натрия						
Контроль (без мелиорации)							
До мелиорации	24	17	20	27	25	21	
1-й год	23	15	21	28	24	19	–10
4-й год	26	20	25	27	25	23	+10
При внесении 40 т/га навоза							
До мелиорации	26	15	20	28	22	20	
1-й год	25	13	20	27	2	19	–5
4-й год	28	19	21	26	23	24	+20
При внесении 10 т/га фосфогипса							
До мелиорации	27	18	21	29	30	23	
1-й год	12	10	20	28	31	11	–52
4-й год	10	9	22	27	30	10	–56
При внесении 5 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза							
До мелиорации	22	15	23	31	24	19	
1-й год	15	12	24	30	25	14	–26
4-й год	13	9	23	30	28	11	–42
При внесении 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза							
До мелиорации	27	16	19	28	23	22	
1-й год	11	8	17	29	22	10	–55
4-й год	9	10	20	28	25	10	–55
При внесении 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза							
До мелиорации	28	19	20	24	26	23	
1-й год	10	10	22	27	26	10	–57
4-й год	8	8	24	26	27	9	–61

**Таблица 2 – Изменение содержания обменного натрия при мелиорации солонцов черноземных на фоне обработки ПТН-2-40Ф**

Год последствия	Слой, см						В % от $\Sigma$ ППК Потеря обмен- ного Na в слое 0–40 см, %
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–40	
	Содержание обменного натрия						
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль (без мелиорации)							
До мелиорации	25	16	21	21	28	21	
1-й год	24	12	21	23	29	18	–14



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
4-й год	26	19	20	22	27	22	+5
При внесении 40 т/га навоза							
До мелиорации	21	16	19	26	29	19	
1-й год	20	14	18	27	28	17	-11
4-й год	23	17	19	27	28	20	+5
При внесении 10 т/га фосфогипса							
До мелиорации	24	17	23	24	21	21	
1-й год	10	8	22	24	22	9	-57
4-й год	8	8	24	24	22	8	-62
При внесении 5 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза							
До мелиорации	23	13	18	21	28	18	
1-й год	14	8	17	22	28	11	-39
4-й год	10	9	18	22	27	10	-44
При внесении 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза							
До мелиорации	25	14	20	28	28	20	
1-й год	9	6	18	29	29	8	-60
4-й год	8	7	21	28	28	7	-65
При внесении 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза							
До мелиорации	27	13	23	23	21	20	
1-й год	8	5	22	25	20	7	-65
4-й год	7	7	23	24	22	7	-65

Однако начиная уже со второго года содержание обменного натрия в указанной толще по этим вариантам начало возрастать. Верхний слой 0–20 см в контрольных вариантах на протяжении всего периода наблюдений классифицировался как сильносолонцеватый (23–26 % Na от  $\Sigma$  ППК).

Динамика содержания поглощенного натрия в почвенном профиле в вариантах с внесением 40 т/га навоза на фоне обработок обоими плугами повторяет изменения, отмеченные на контролях. В толще почвы, промелиорированной с помощью плугов, солонцеватость снизилась всего на 5 %. Навоз, внесенный в верхний слой, мелиорирующего воздействия на него не произвел, солонцеватость к четвертому году исследований даже увеличилась на 20 %.

Совершенно по-иному выглядит картина изменения солонцеватости в вариантах, в которых в качестве химического мелиоранта использовался фосфогипс. Почвенные профили показывают, что при химической мелиорации фосфогипсом на фоне мелиоративных вспашек ярусными орудиями

почвенная толща 0–40 см теряет от 52 (плуг ПТН-3-40 + 10 т/га фосфогипса) до 62 % (плуг ПТН-2-40Ф + 10 т/га фосфогипса) обменного натрия из ППК, переходя из разряда сильносолонцеватых в категорию средне- и слабосолонцеватых. Причем и к четвертому году последствия тенденции к новому накоплению натрия не прослеживаются.

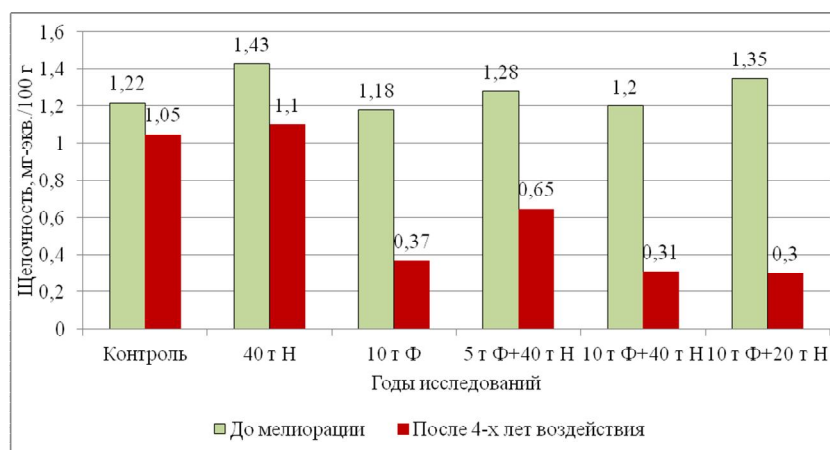
Самыми эффективными вариантами по снижению солонцеватости как по относительным, так и по абсолютным значениям являются варианты с внесением 10 т/га фосфогипса, 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза, 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза как на фоне вспашки ПТН-3-40, так и на фоне обработки ПТН-2-40Ф, хотя показатели на фоне плужно-фрезерного орудия все же несколько лучше. Анализ почвенных профилей после проведения мелиоративных мероприятий выявил солонцеватость в слоях 0–20 и 20–40 см не более 7–10 %, что приближается к показателям южного чернозема. Со слоя 40–60 см, где уже ослабевает влияние мелиорации, отмечается увеличение содержания обменного натрия до 18–23 % от  $\Sigma$  ППК, а по достижении метровой глубины – до 28 % от  $\Sigma$  ППК.

В целом за четыре года исследований 40-сантиметровая толща потеряла обменного натрия в варианте с внесением 10 т/га фосфогипса 56 % на фоне ПТН-3-40 и 62 % на фоне ПТН-2-40Ф, в варианте с внесением 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза – соответственно 55–65 %, в варианте 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза – соответственно 61–65 %. В контрольных вариантах и вариантах с внесением навоза на фоне плужно-фрезерной обработки наметилась тенденция к восстановлению натрия, при трехъярусной обработке его количество возросло на 20 %, то есть к четвертому году исследований обработки теряют свою мелиорирующую способность (таблицы 1, 2).

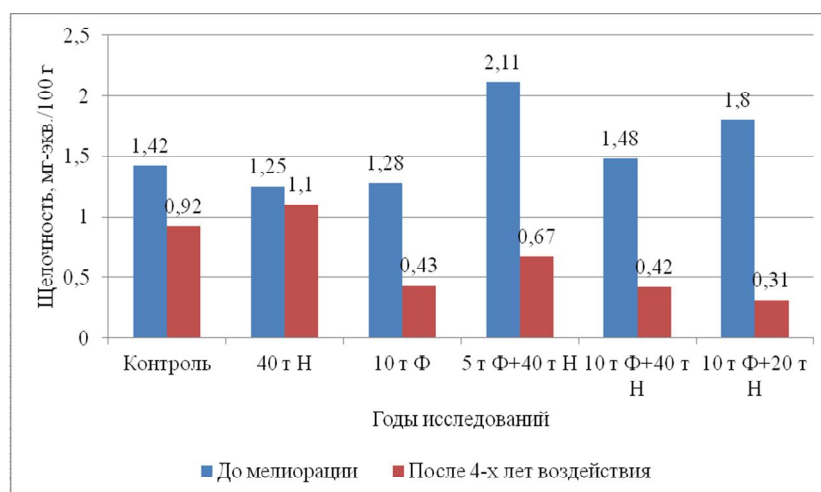
В результате проведения комплексной мелиорации на изучаемых солонцах нами отмечены значительные улучшения в нормализации их щелочности. Практически во всех почвенных пробах, взятых из каждого

20-сантиметрового слоя, до мелиорации количество ионов  $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3$  превышало содержание ионов  $\text{Ca} + \text{Mg}$  со значительным перевесом, в слое 0–40 см это отношение составляло от 1,18 (среднещелочные) до 2,11 (сильнощелочные).

Одной из задач комплексной мелиорации была проблема ликвидации такой повышенной щелочности в исследуемых солонцах. Благодаря сочетанию мелиоративных вспашек, способствующих нейтрализации щелочности в подпахотных слоях за счет «самомелиорации», с химической мелиорацией верхнего плодородного слоя кислым мелиорантом нам удалось добиться снижения щелочности во всем корнеобитаемом слое (рисунки 1, 2).



**Рисунок 1 – Изменение щелочности в слое 0–40 см солонца черноземного при комплексной мелиорации на фоне мелиоративной вспашки плужно-фрезерным орудием ПТН-2-40Ф**

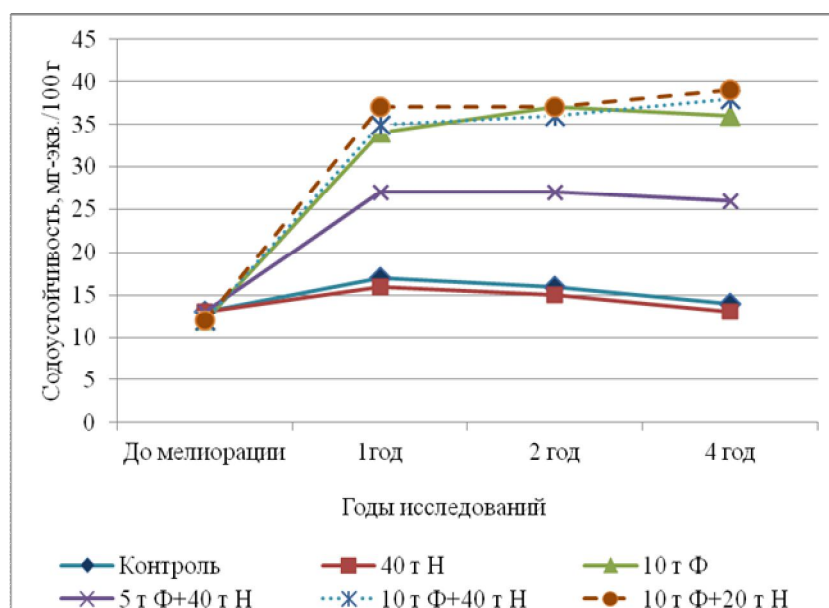


**Рисунок 2 – Изменение щелочности в слое 0–40 см солонца черноземного при комплексной мелиорации на фоне мелиоративной вспашки трехъярусным плугом ПТН-3-40**

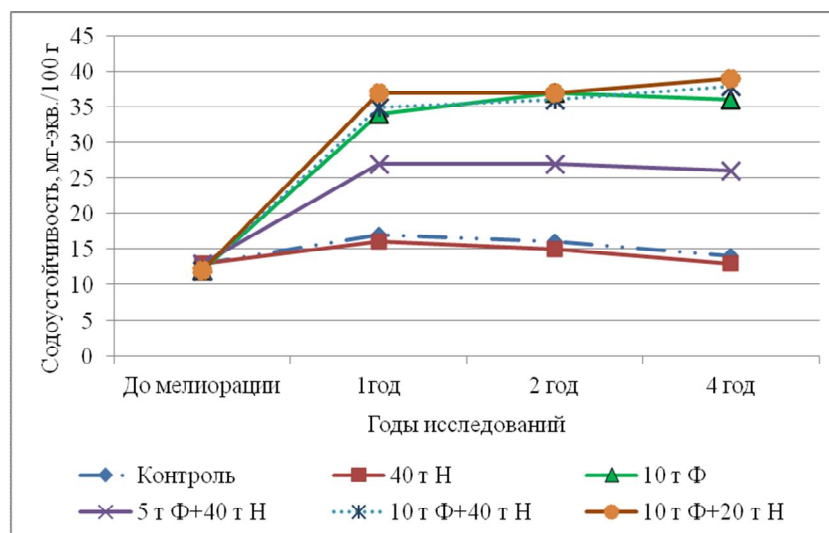
В первый год после мелиорации в слое 0–40 см было сразу нейтрализовано ионов  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$  от 54 (10 т/га Ф на фоне плужно-фрезерной обработки) до 61 % (10 т/га Ф на фоне трехъярусной) с одновременным ростом числа катионов  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  соответственно на 56–81 % за счет внесения кальция с мелиорантом (фосфогипсом), а также пополнения им почвенной массы благодаря собственным запасам кальциевых солей. Таким образом, отношение  $\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}}$  приняло значение меньше 1, что означает отсутствие щелочности на орошаемых землях.

Рассматривая динамику щелочности за все четыре года, нужно отметить, что, хотя в первый год последствий во всех вариантах комплексной мелиорации произошло ее снижение, все же отмечается существенная разница между ними. С точки зрения мелиоративного эффекта и длительности его проявления наихудшим образом показал себя вариант с внесением 40 т/га навоза. Снижение щелочности здесь произошло только в первый год после мелиорации до уровня  $\frac{\text{HCO}_3 + \text{CO}_3}{\text{Ca} + \text{Mg}} = 0,9-1,0$ , после чего уже на второй год эти показатели вернули первоначальные значения. К четвертому году исследований щелочность в этом варианте при любых вспашках сохранилась. Использование в качестве мелиоранта фосфогипса приводит к существенной нейтрализации щелочности исследуемых солонцов (рисунки 1, 2), но наилучшими вариантами по ее устранению являются варианты с дозой фосфогипса 10 т/га. Половинная доза фосфогипса (5 т/га) недостаточна для нейтрализации щелочности. Мелиоративные вспашки в чистом виде нейтрализуют щелочность, но в значительно меньшей степени, чем комплексная мелиорация.

Динамика содоустойчивости по каждому из вариантов опыта подтверждает выводы о наиболее эффективных вариантах комплексной мелиорации, выявленных из рассмотрения предыдущих показателей (рисунки 3, 4).



**Рисунок 3 – Динамика содоустойчивости в слое 0–40 см солонца при комплексной мелиорации (фон ПТН-3-40)**



**Рисунок 4 – Динамика содоустойчивости в слое 0–40 см солонца при комплексной мелиорации (фон ПТН-2-40Ф)**

Как видно из этих рисунков, наиболее существенно повысить устойчивость исследуемых солонцов к накоплению соды можно только при проведении комплексной мелиорации. При этом требуемый эффект в большей степени достигается внесением фосфогипса, а мелиоративная вспашка главным образом способствует увеличению глубины мелиорируемого слоя.

Проведение комплексной мелиорации внесло изменения также в распределение солей по почвенному профилю исследуемых солонцов (таблица 3).

**Таблица 3 – Вынос токсичных солей при комплексной мелиорации солонца черноземного**

**В %**

Срок отбора образцов	На фоне обработки ПТН-3-40						На фоне обработки ПТН-2-40Ф					
	Слой, см						Слой, см					
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–40	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–40
<b>Контроль</b>												
До мелиорации	0,120	0,159	0,167	0,427	0,506	0,140	0,060	0,068	0,184	0,375	0,429	0,064
Через 4 года после мелиорации	0,112	0,146	0,169	0,447	0,536	0,129	0,053	0,060	0,186	0,410	0,453	0,056
Вынос (накопление)	-7	-8	+1	+5	+6	-8	-12	-12	+1	+9	+6	-12
<b>При внесении 40 т/га навоза</b>												
До мелиорации	0,113	0,117	0,173	0,397	0,421	0,115	0,081	0,104	0,217	0,401	0,412	0,093
Через 4 года после мелиорации	0,114	0,121	0,179	0,427	0,452	0,118	0,075	0,092	0,237	0,445	0,444	0,084
Вынос (накопление)	+1	+3	+3	+7	+7	+2	-7	-11	+9	+11	+8	-9
<b>При внесении 10 т/га фосфогипса</b>												
До мелиорации	0,097	0,111	0,243	0,398	0,497	0,104	0,133	0,183	0,202	0,411	0,502	0,158
Через 4 года после мелиорации	0,062	0,069	0,217	0,412	0,539	0,066	0,061	0,095	0,181	0,425	0,536	0,078
Вынос (накопление)	-36	-38	-10	+4	+8	-37	-54	-48	-11	+3	+7	-51
<b>При внесении 5 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза</b>												
До мелиорации	0,141	0,185	0,137	0,503	0,517	0,163	0,120	0,170	0,249	0,334	0,509	0,145
Через 4 года после мелиорации	0,100	0,139	0,163	0,533	0,548	0,120	0,083	0,112	0,237	0,438	0,517	0,075
Вынос (накопление)	-29	-25	+19	+6	+6	-26	-31	-34	-5	+31	+2	-32
<b>При внесении 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза</b>												
До мелиорации	0,082	0,105	0,187	0,347	0,496	0,094	0,131	0,137	0,128	0,416	0,493	0,134
Через 4 года после мелиорации	0,042	0,060	0,168	0,357	0,514	0,051	0,055	0,072	0,114	0,412	0,538	0,064
Вынос (накопление)	-49	-43	-10	+3	+4	-46	-58	-47	-11	0	+9	-53
<b>При внесении 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза</b>												
До мелиорации	0,061	0,099	0,143	0,327	0,491	0,080	0,129	0,171	0,204	0,409	0,599	0,150
Через 4 года после мелиорации	0,030	0,058	0,129	0,369	0,501	0,044	0,041	0,072	0,180	0,417	0,603	0,057
Вынос (накопление)	-51	-41	-10	+13	+2	-46	-68	-58	-12	+2	0	-62
Точность опыта – 6 %												
Примечание – Вынос «-», накопление «+».												

Мелиоративные вспашки, благодаря механическому разрыхлению почвы, способствуют большему поступлению влаги в нижележащие слои и, соответственно, выносу солей из верхних горизонтов. Об этом говорят данные о процентном изменении суммы токсичных солей в каждом слое. Так, при обработке ПТН-3-40 вынос из слоя 0–20 см составил к четвертому году воздействия мелиорации 7,0 %, из слоя 20–40 см – 8,0 %, при обработке плужно-фрезерным орудием – соответственно 12,0 и 12,0 %. При проведении на фоне мелиоративных вспашек химической мелиорации этот процесс заметно усиливается.

Вынос солей на обоих фонах из слоя 0–20 см по вариантам 10 т/га фосфогипса, 5 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза, 10 т/га фосфогипса + 40 т/га навоза, 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза достигает соответственно 36–54, 29–31, 49–58, 51–68 %, из слоя 20–40 см – 38–48, 25–34, 43–47, 41–58 % соответственно и даже в слое 40–60 см при внесении 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза наблюдается уменьшение количества солей от 10 до 12 %.

### **Выводы**

1 Длительное орошение солонцов черноземных, расположенных в комплексе с южными черноземами, привело к ухудшению их свойств и снижению плодородия всего комплекса. Солонцеватость возросла не только в самом солонцовом горизонте, но и охватила весь почвенный профиль: верхние слои осолонцевались за счет перераспределения почвенных растворов из солонцового слоя и поливов слабоминерализованной водой, нижние – за счет подтягивания солевых растворов грунтовых вод сульфатно-натриевого состава.

2 Комплексная мелиорация (химическая мелиорация + внесение органических удобрений + мелиоративная вспашка) оказывает воздействие на пахотный и подпахотный слои, что повышает плодородие всего мелиорируемого слоя. Самыми эффективными по мелиорирующему воздействию являются сочетания 10 т/га фосфогипса + 20 т/га навоза и 10 т/га фос-

фогипса + 40 т/га навоза с последующим проведением мелиоративной вспашки плужно-фрезерным орудием. Солонцеватость в слое почв 0–40 см в этих вариантах снизилась к четвертому году последствия соответственно на 70 и 65 % и достигла 8–9 % обменного натрия от  $\Sigma$  ППК, то есть почти приравнялась к показателю для зональной почвы (6–7 %). Одновременно в солонцах исчезла щелочность и возросла содоустойчивость до среднего уровня (35 мг-экв./100 г почвы). До мелиорации почвы не обладали содоустойчивостью (менее 10 мг-экв./100 г). Вынос токсичных солей в лучших вариантах достиг 53–62 %. При этом на фоне плужно-фрезерной обработки соли вымывались лучше на 15–35 % по сравнению с трехъярусной.

### Список литературы

- 1 Генезис и мелиорация солонцовых комплексов / Н. П. Панов [и др.]; под ред. Н. П. Панова. – М.: Россельхозакадемия, 2008. – 316 с.
- 2 Причины ухудшения качественного состояния орошаемых земель и мероприятия по повышению эффективности их использования / Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова, Л. А. Воеводина, Т. В. Усанина // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Ч. 2. – Новочеркасск, 2003. – С. 156–170.
- 3 Кружилин, И. П. Комплексная мелиорация кремнеземистых солонцовых почв / И. П. Кружилин, Л. А. Казакова // Плодородие. – 2006. – № 2. – С. 21–22.
- 4 Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении: рекомендации / под ред. В. Н. Щедрина, Г. Т. Балакая; ФГБНУ «РосНИИПМ». – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 23 с.
- 5 Окорков, В. В. Использование фосфогипса в земледелии / В. В. Окорков // Плодородие. – 2013. – № 1. – С. 20–25.
- 6 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]; под ред. Н. С. Скуратова. – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2005. – 180 с.
- 7 Регулирование почвенного плодородия на орошаемых землях / Л. М. Докучаева [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 56–57.
- 8 Семендяева, Н. В. Плодородие солонцов Барабинской низменности при однократном внесении гипса / Н. В. Семендяева, Е. А. Куп // Плодородие. – 2010. – № 7. – С. 30–32.
- 9 Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв / Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова [и др.]; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2011. – 73 с. – Деп. в ВИНТИ 23.05.11, № 245-В2011.
- 10 Суковатов, В. А. Свойства солонцовых почв при различных способах мелиорации / В. А. Суковатов, В. В. Черненко, В. П. Калинин // Плодородие. – 2008. – № 5. – С. 33–35.
- 11 Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров [и др.]. – М.: Колос, 1977. – 223 с.



12 Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов / И. Н. Любимова [и др.]. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2006. – 46 с.

13 Усанина, Т. В. Мелиорация солонцов лугово-черноземных в условиях орошения Ростовской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Усанина Татьяна Владимировна. – Новочеркасск, 2005. – 24 с.

14 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы: в 3-х ч. – Ч. 1 / А. П. Авдеенко [и др.]. – Ростов н/Д., 2013. – 248 с.

15 Бобков, В. П. Об устойчивости почв и грунтов к содовому засолению / В. П. Бобков // Почвоведение. – 1969. – № 8. – С. 64–73.

16 Скуратов, Н. С. Лабораторные исследования почв: учебное пособие / Н. С. Скуратов, Р. А. Каменев. – Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2011. – 107 с.

17 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев [и др.]. – М.: «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

18 Скуратов, Н. С. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

---

### **Балакай Георгий Трифонович**

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: заместитель директора по науке

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: rosniipm@yandex.ru

### **Balakay Georgy Trifonovich**

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Deputy Director of science

Affiliation: Russian Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

### **Докучаева Лидия Михайловна**

Ученая степень: кандидат 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: rosniipm@yandex.ru

### **Dokuchayeva Lidiya Mikhaylovna**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Юркова Рита Евгеньевна**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший 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: rosniipm@yandex.ru

**Yurkova Rita Yevgenyevna**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Шалашова Ольга Юрьевна**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Ученое звание: доцент

Должность: доцент

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

**Shalashova Olga Yuryevna**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Title: Associate Professor

Position: Associate Professor

Affiliation: Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novochoerkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: rosniipm@yandex.ru