

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное научное учреждение
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»
(ФГНУ «РосНИИПМ»)

УДК 631.6:631.445.53:631.876.4

Г. Т. Балакай, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова, Т. В. Усанина,
Т. П. Андреева, Е. В. Долина, Э. Н. Стратинская, О. Ю. Шалашова

СПОСОБЫ МЕЛИОРАЦИИ ОРОШАЕМЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

Научный обзор

Новочеркасск 2011

Содержание

Введение	3
1 Распространение солонцовых почв	5
2 Способы мелиорации солонцовых почв	8
2.1 Агробиологический метод	8
2.2 Химическая мелиорация	17
2.2.1 Применение кальцийсодержащих природных залежей и отходов промышленности для мелиорации солонцовых почв.....	21
2.2.2 Кислование солонцовых почв.....	27
2.2.3 Органо-минеральные компосты	38
2.3 Комплексная мелиорация.....	41
Заключение	47
Список использованной литературы.....	49

Введение

В нашей стране в настоящее время велика доля почв, эффективность использования которых без тех или иных мелиоративных мероприятий низка, особенно в условиях орошения.

За последние 10-15 лет произошло резкое сокращение орошаемых площадей, агротехнические мероприятия и химическое воздействие на плодородие почв проводятся крайне ограничено и некомплексно. В результате сельскохозяйственные угодья, в зависимости от типа почв и сельскохозяйственного использования, подвергаются уплотнению, первичному и вторичному осолонцеванию, слитизации, происходит обеднение почвенной массы гумусом и питательными веществами, поэтому внесение все больших доз минеральных удобрений не приносит ожидаемого результата.

Помимо этого, в новых условиях хозяйствования наблюдается трудное финансовое положение хозяйственников, которые не в состоянии соблюдать все правила землепользования, отмечается погоня за «быстрым рублем» и отход от научных принципов землепользования новых хозяйственников земли. Все это и привело к тому, что страна, располагающая огромными земельными ресурсами, не в состоянии обеспечить себя продовольствием.

Такое бесхозяйственное отношение к естественным богатствам страны недопустимо, в особенности это касается тех регионов, которые расположены в черноземных зонах России, где потенциал плодородия при правильной системе земледелия огромен. В особом отношении к себе нуждаются почвы, долгое время бывшие в орошении и без надлежащей поддержки плодородия сильно деградировавшие, в которых превалируют процессы осолонцевания и ощелачивания.

Кроме этого одной из главных проблем сельскохозяйственных угодий является наличие пятен солонцов среди зональных почв на значительной части пашни, что ограничивает возможность возделывания сельхозкультур. Тем самым снижается эффективность использования преобла-

дающих зональных почв комплексов. Если такой комплексный покров подвергается орошению, то процессы деградации идут еще быстрее. Без проведения необходимых мероприятий по поддержанию плодородия орошение этих почв приводит к отрицательным последствиям. В результате низкой водопроницаемости солонцов глубина их промачивания не превышает 25-30 см, они не промываются от легкорастворимых солей. Вода фильтруется через более водопроницаемые несолонцовые почвы комплекса, в результате уровень грунтовых вод повышается (на 0,5-1 м/год для разных систем), что ведет к усилению засоленности и осолонцеванию почв всего комплекса вследствие поднятия вверх легкорастворимых солей [1-6].

Одной из причин осолонцевания несолонцеватых зональных почв являются также поливы минерализованными водами, особенно сульфатно-натриевого состава. Доказано, что даже при поливах водой, в которой содержится 15-20 % натриевых солей, могут формироваться устойчивые процессы осолонцевания [7].

Таким образом, для полного использования всего потенциала плодородия используемых в сельскохозяйственном производстве земель, для улучшения природных солонцов, природно-солонцеватых почв, а также для восстановления плодородия черноземов, осолонцованных в результате орошения минерализованной водой неблагоприятного качества необходимо проводить мелиорацию. Только при вложении средств на восстановление плодородия почв, благодаря которому и бывают хорошие урожаи, можно добиться высокой эффективности сельскохозяйственного производства.

1 Распространение солонцовых почв

Снижение продуктивности земель во многом связано с формированием негативных процессов в почвах при орошении. В первую очередь почвы подвергаются осолонцеванию и ощелачиванию, которые сопровождаются дальнейшим уплотнением, дегумификацией, образованием токсичных веществ, нарушением баланса элементов питания [8-11]. Прежде всего, неблагоприятные процессы определяются выщелачиванием кальция из почвенной толщи. Они присущи массивам, орошаемым не только минерализованной водой сульфатно-натриевого состава, но и поливаемым водой гидрокарбонатно-кальциевого состава, поскольку в этой воде в теплое время увеличивается содержание натрия до 20 % и образуется щелочность. Так, на Миусской ОС черноземы обыкновенные, которые орошаются водой сульфатно-натриевого состава более 30 лет, приобрели солонцеватость с содержанием поглощенного натрия 8-10 % в пахотном слое, а черноземы обыкновенные Багаевско-Садковской ОС, орошаемые водой I класса, по Бездниной, более 50 лет, содержат поглощенного натрия до 1-3 %, а поглощенного кальция только 70-75 %, а иногда и 65 % от суммы ППК, что также неблагоприятно для протекания нормальных почвенных процессов.

Другая категория солонцовых почв возникает в результате орошения земель с комплексным покровом. Почвы солонцовых комплексов претерпевают значительные изменения [12-15]. Свойства зональных почв и солонцов при горизонтальной и вертикальной миграции почвенных растворов, усиливающейся при поливах, значительно выравниваются. Солонцовый горизонт теряет свою четкость, пахотный горизонт насыщается поглощенным натрием, то есть осолонцовывается и, соответственно, почвенная масса диспергируется, уплотняется, появляется корка, снижается впитывающая способность, образуются лужи, как при поливах, так и при дождях.

При недостатке кислорода образуются недоокисленные вещества, которые вызывают гибель растений, а иногда такие земли просто невозможно вовремя обработать и получить всходы.

Согласно мелиоративному кадастру по состоянию на 1 января 2010 г., слабосолонцеватые почвы на орошаемых землях занимают площадь 249,9 тыс. га, а средне- и сильносолонцеватые 98,5 тыс. га (таблица 1) [16].

Таблица 1 – Распределение орошаемых сельхозугодий по степени солонцеватости почв, тыс. га

Федеральные округа, республики, края, области	Слабосолонцеватые, тыс. га	Средне- и сильносолонцеватые, тыс. га
Россия	249,9	98,5
Южный ФО, в т.ч.	146,6	64,6
Республика Адыгея	23,9	0,7
Республика Калмыкия	12,0	26,3
Краснодарский край	28,0	2,5
Волгоградская область	20,5	22,8
Ростовская область	62,2	12,3
Северо-Кавказский ФО, в т.ч.	55,8	9,2
Республика Дагестан	3,9	3,4
Республика Ингушетия	21,7	0,0
Ставропольский край	29,9	5,8
Приволжский ФО, в т.ч.	20,7	19,2
Саратовская область	20,5	19,0
Уральский ФО, в т.ч.	9,3	0,7
Курганская область	3,6	0,7
Свердловская область	0,2	0,0
Челябинская область	5,5	0,0
Сибирский ФО, в т.ч.	15,5	4,1
Республика Хакасия	1,5	1,0
Алтайский край	6,8	1,5
Красноярский край	0,9	0,9
Новосибирская область	5,6	0,5

Из таблицы 1 видно, что наибольшие площади солонцеватых почв на орошении сосредоточены в Южном, Северо-Кавказском и Приволжском федеральных округах.

Согласно классификации, в этих округах встречаются солонцы трех типов: автоморфные (степные), полугидроморфные (лугово-степные) и гидроморфные (луговые). При близком залегании грунтовых вод степные солонцы трансформировались в лугово-степные и луговые. Они-то и имеют наибольшее распространение на орошаемых землях. При эффективно работающем дренаже, обеспечивающем залегание УГВ глубже 2,0-2,5, при пе-

риодически проводимых глубоких обработках почв преобладают средне- и глубокосолончаковатые сульфатные, глубокогипсовые и глубококарбонатные средненатриевые солонцы. При более близком залегании минерализованных грунтовых вод засоленность и солонцеватость почв отмечается с 20 см, а иногда и с поверхности. Иногда встречаются массивы с близким залеганием карбонатов или гипса с достаточными запасами для проведения мероприятий по самомелиорации. Обычно в степной зоне сосредоточены комплексы солонцовых почв смешанного и нейтрального засоления.

Лугово-степные солонцы занимают первую и вторую надпойменные террасы. Уровень грунтовых вод на глубине 3-6 м.

Луговые солонцы распространены в поймах рек. Они отличаются близким (до 3 м) уровнем минерализованных грунтовых вод, наличием легкорастворимых солей в подсолонцовом горизонте. Среди них преобладают корковые и средние виды.

Луговые и лугово-степные солонцы, в основном, имеют сульфатный, хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный и хлоридный химизм засоления. Реже встречаются содово-засоленные: содово-сульфатные, сульфатно-содовые, содово-хлоридно-сульфатные и содово-сульфатно-хлоридные.

Вторично солонцеватые почвы, сформировавшиеся под влиянием поливов водой плохого качества, обычно осолонцованы с поверхности до 30-35 см чаще сульфатно-натриевого засоления с периодическими вспышками щелочности.

На орошаемых солонцеватых почвах уплотнение корнеобитаемой зоны – это один из наиболее часто встречающихся неблагоприятных процессов. Повышенная плотность ухудшает водно-воздушный, пищевой и солевой режимы, затрудняет равномерное распространение корневых систем, ухудшает условия окислительных процессов [17].

Всего на орошаемых землях России около 350 тыс. га, в том числе в Южном ФО – около 211 тыс. га солонцовых почв различного генезиса

химизма, степени засоления и солонцеватости. Мало того, что сами по себе это малопродуктивные почвы, они создают проблемы, связанные со своевременной обработкой почв, так как зачастую располагаются среди нормальных зональных почв. Даже если комплексность почвенного покрова составляет менее 25 %, потери в урожае сельскохозяйственных культур существенные.

Таким образом, значительные площади солонцовых почв и большое разнообразие их свойств требуют дифференцированного подхода при их освоении [18].

2 Способы мелиорации солонцовых почв

Существует три основных способа мелиорации солонцовых почв – агробиологический, химический и комплексный.

2.1 Агробиологический метод

Агробиологический метод был разработан для мелиорации главным образом истинных солонцов, на которых четко отслеживается дифференциация почвенного профиля по плодородию, наличие на небольшой глубине от поверхности солонцового горизонта с ярко выраженными отрицательными водно-физическими, физико-химическими и биологическими свойствами; слабая насыщенность почвы обменным кальцием и повышенная натрием и магнием; высокое содержание водорастворимых солей. Поэтому, основная задача этого метода заключается в том, чтобы коренным образом изменить водно-физические свойства глубокого пахотного слоя, увеличить запас влаги в почве.

Агробиологический метод включает целый комплекс агротехнических мероприятий: систему глубокой мелиоративной вспашки; систему мероприятий, направленных на дополнительное увлажнение почвы; систему мероприятий, направленных на увеличение запаса органических веществ в почве; систему применения органических и минеральных удобрений.

Одно из направлений агробиологического метода – глубокая мелиоративная вспашка – направлено на создание окультуренного корнеобитаемого пахотного слоя с вовлечением в него гипса или карбонатов почвы из нижележащих горизонтов, за счет чего обеспечивается «самомелиорация» [19]. При этом на фоне улучшения водно-физических, физико-химических свойств почвы происходит активное взаимодействие солей кальция с ППК и вытеснение натрия.

Глубокая мелиоративная вспашка эффективна на солонцовых почвах, где карбонатные (или гипсоносные) горизонты находятся, на сравнительно небольшой глубине, доступной для обработки. То есть такая обработка может быть применена на высокогипсовых (более 0,3 % $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), либо высокоокarbonаченных (более 3 % CaCO_3) солонцах с запасом подвижного кальция, достаточным для вытеснения обменного натрия из почвенного поглощающего комплекса [20, 21]. Глубина вспашки зависит от глубины залегания и мощности этих горизонтов.

Применение приема «самомелиорации» получило широкое распространение на богаре, где при соблюдении других основных положений агробиологического метода (черные и кулисные пары, снегозадержание, использование фитомелиорирующих, засухо- и солеустойчивых культур и т.д.) была отмечена его эффективность [22-24].

В условиях орошения, несмотря на острую необходимость проведения мероприятий по восстановлению и поддержанию плодородия почв с комплексным покровом, технологические, методические и мелиоративные аспекты их проведения изучены слабо. Возможность применения приема «самомелиорации» на орошаемых землях ограничена в связи с частую недостаточными для рассолонцевания запасами гипса или карбонатов в подпахотных горизонтах. Кроме того, на почвах, находившихся под орошением, солонцов истинных практически не осталось, в них наблюдается осолонцевание по всему профилю, а не только в подпахотном горизонте, наблюдается широкое развитие ощелачивания [25].

Тем не менее, применять глубокие мелиоративные вспашки на орошаемых землях нужно, только проводить их в комплексе с другими мероприятиями, направленными на восстановление плодородия орошаемых почв.

При мелиоративных вспашках солонцов особое значение имеет перераспределение почвенных горизонтов, от которых зависят направление и интенсивность физико-химических и биологических процессов в мелиорируемых солонцах. Глубокой вспашкой обычно захватываются все три верхних горизонта почвы; поэтому задача агромелиоративной обработки состоит в том, чтобы максимально повысить плодородие всего пахотного слоя с учетом особенностей генетических горизонтов данной почвы. В основе агротехнического требования к глубокой мелиоративной вспашке лежит снятие отрицательных свойств горизонтов В1 и В2, поднятие их плодородия до уровня плодородия верхнего гумусового горизонта А и в дальнейшем более высокое поднятие общего плодородия всего вспаханного поля.

На солонцовых почвах были апробированы следующие способы обработки: плантажная вспашка, безотвальное рыхление, вспашка с оборотом пласта с доуглублением, щелевание, кротование, чизелевание, трехъярусная обработка.

Эффективность каждого способа различна на разных солонцах, поэтому выбор способа обработки и орудия определяется главным образом генетическими особенностями почв. Как показали многочисленные исследования, на почвах с мощным гумусовым горизонтом можно применять глубокую полосную вспашку (плантаж) и другие приемы, обеспечивающие перемешивание горизонтов. На почвах с незначительной мощностью перегнойно-аккумулятивного слоя рекомендуют применять щелевание, кротование, почвоуглубление, обработку чизелем. Данная группа приемов может также применяться и в первом случае [26].

Щелевание и кротование являются вариантом экономичной обработки. Мелиоративная роль щелевания состоит в том, что прорезание почвенных горизонтов на глубину до 50 см способствует переводу влаги в более глубокие слои солонца. При кротовании в пахотном горизонте формируется дрена диаметром 60-80 мм. Ученые Волгограда рекомендуют щелевание на слабодренированных солонцеватых почвах [27].

В то же время ученые неоднократно отмечали достаточно быстрое заплывание щелей с поверхности. Следствием этого является ускоренная реставрация негативных особенностей агробιологического метода мелиорации, относительно низка урожайность полевых культур [28, 29].

Чизельные плуги обеспечивают глубину обработки почвы 40-45 см, в результате чего разрушается плужная подошва, улучшаются физические свойства подпахотного горизонта, повышается водопроницаемость [26]. Похожих результатов можно добиться, применяя плуги с почвоуглубителями [30].

Во многих регионах нашей страны, в том числе и в Ростовской области, успешно применялось глубокое рыхление для улучшения солонцовых почв. Глубина рыхления зависит от уровня залегания, мощности слабопроницаемых слоев и коэффициента фильтрации почв. В зависимости от степени увлажненности, коэффициента фильтрации, плотности сложения почвы, рельефа проводят полосовое либо сплошное рыхление [31, 32]. Наибольшее распространение при проведении работ по глубокому рыхлению получили орудия с пассивными рабочими органами – РУ-65.2,5, РН-80. Прошли испытания и орудия с активными рабочими органами РГ-0,5, РГ-0,8, РГ-1,2, выполняющие объемное рыхление.

Ученые ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ), НГМА отмечают положительное влияние глубокого рыхления на показатели орошаемых солонцовых почв [33, 34]. Глубокое рыхление южных черноземов, лугово-каштановых, светло-каштановых почв в комплексе с солончаковатыми, солончаковыми и глубокосолончаковатыми солонцами привело к значительному улучше-

нию их водно-физических свойств, объемная масса в слое 0-60 см уменьшилась на 6,3 %, наименьшая влагоемкость здесь же возросла на 2,24 %. В то же время подчеркивается, что проведенная обработка не способствовала снижению солонцеватости почв.

По данным ВНИИГиМа, глубокое объемное рыхление на орошаемых участках давало в хозяйствах Волгоградской области прибавку урожая кукурузы на силос от 19 % до 25 %, озимой пшеницы на 41 %, озимой ржи – на 19 % [35]. При этом дополнительная влага, накапливаемая на поливных землях, может заменить один полив дождеванием [36].

В условиях Западной Сибири для улучшения целинных пастбищ и сенокосов и в других районах России была успешно применена обработка безотвальными плугами Мальцева и плугами-рыхлителями конструкции СибИМЭ, которая не является мелиоративной в полном смысле, так как при ней солонцовый горизонт только разрыхляется. Однако в сочетании с гипсованием безотвальная обработка эффективна [37, 38].

При сравнительном испытании орудий для глубокой обработки почв на южных черноземах Ростовской области, выяснилось, что наибольший положительный эффект дает рыхление РГ-0,5, обработка чизельным орудием ПЧ-2,5 и трехъярусным плугом ПЯС-4-35. Здесь положительное воздействие рыхления на физические свойства почв сохранились и на 4 год наблюдений, в то время как при обработке стойкой СибИМЭ отмечена самая низкая эффективность [39].

Эффективность глубокого рыхления учеными ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ) была исследована также на лугово-степных солонцах, составляющих комплекс с южными черноземами. При сравнении глубокого рыхления и трехъярусной обработки на этих почвах выяснилось, что солонцеватость и при одной и при другой обработке не изменяется, улучшаются преимущественно водно-физические свойства: водопроницаемость увеличилась с 0,06 до 0,82 м/сутки, способствуя выносу солей в глубь почвенного профиля, плотность почвы снизилась с 1,35 до 1,25 т/м³. Тем не

менее, проведение глубоких обработок обеспечило прибавку урожая при глубоком рыхлении – 11 %, при трехъярусной вспашке – 15 % [40].

В то же время многие исследователи отмечают, что после безотвального рыхления и вспашки с почвоуглублением, как и при чизелевании и щелевании, происходит быстрое обратное уплотнение пахотного слоя, особенно в средней и нижней его части, поскольку при таких обработках естественная дифференциация генетических горизонтов по механическому составу в основном сохраняется, хотя и происходит некоторое ее сглаживание в местах прохода рыхлителя [41]. Также эту обработку не рекомендуют на мелких солонцах, она приемлема лишь на солонцах с достаточно мощным подсолонцовым горизонтом (более 10-12 см) [24]. Эти способы обработки солонцовых почв больше подходят для условий богары.

Широкое применение в мелиоративной практике получил плантаж. При его проведении происходит перемешивание всех генетических горизонтов почвы на глубину 45-50 см. Мелиоративный эффект его также неоднократно доказывался учеными при улучшениях солонцов и солонцовых комплексов. Об этом говорят исследования ЮжНИИГиМ, ДЗНИИСХ, ученые которых рекомендуют плантаж для мелиоративной обработки степных солонцов [42-44], а также светло-каштановых солонцовых комплексов [45] Ростовской области.

В опытах на Ставрополье на каштановых солонцах, содержащих карбонаты на глубине 25-40 см, плантажная вспашка значительно снизила плотность почвы и содержание обменного натрия и увеличила ее порозность, при этом последствие вспашки наблюдалось в течение 10 лет. Средняя прибавка урожая на мелких солонцах составляла 6,3, на средних – 8,1 ц к.е./га [46].

Положительные результаты плантажа отмечены и в опытах по мелиорации степных средних солонцов черноземной зоны Казахстана. Под влиянием этой обработки за первые 5 лет опыта содержание обменного натрия снизилось до уровня его в остаточных солонцах [47].

Тем не менее, ученые отмечают, что обработка при помощи плантажа применима в основном для целинных степных и лугово-степных средненатриевых высокогипсовых солонцов с достаточно высоким содержанием гумуса (средневзвешенное содержание гумуса $> 1,5-2\%$ в слое 0-40 см), поскольку при плантаже на поверхность извлекаются малоплодородные горизонты почвы и токсичные соли. Кроме того, отмечено, что плантаж наиболее эффективен на мелких и средних солонцах [48]. Поэтому плантаж, проведенный на безгипсовых солонцах с маломощным гумусовым горизонтом и высоким содержанием поглощенного натрия в солонцовом слое, приводит к резкому снижению их плодородия [41, 49]. Значительная часть солонцов, освоенных при помощи плантажа, нуждается в повторной мелиорации [50].

Наиболее полно мелиоративный эффект достигается при проведении трехъярусных вспашек. При сохранении на поверхности плодородного слоя и перемешивании солонцового и карбонатного (гипсового) горизонтов, происходит наиболее эффективное взаимодействие перемешиваемых слоев, что способствует снижению плотности и увеличению порозности почвы, улучшению ее структуры и водопроницаемости, повышению запасов продуктивной влаги в почве. Улучшение физических свойств обуславливает изменение их водного режима, который преобразуется в периодически промывной. Это приводит к рассолению и рассолонцеванию почвенного профиля, а выращивание сельскохозяйственных культур в мелиоративный период ускоряет улучшение почв [40, 46, 48, 51-54]. Хорошая просачиваемость воды в глубоко взрыхленный пахотный слой снижает ее сток с поверхности пашни, что значительно повышает эффективность использования оросительной воды. После проведения мелиоративной вспашки физические свойства почв солонцовых комплексов приближаются к свойствам зональных почв, обработанных обычной отвальной вспашкой [55].

Опыты по сравнительному изучению мелиорирующего влияния трехъярусной и плантажной вспашек были проведены ДСХИ на целинных

и старопахотных степных солонцах хлоридно-сульфатного типа засоления. В результате трехъярусной вспашки по сравнению с плантажной было вынесено в верхние горизонты из нижних меньшее количество токсичных солей и почва в мелиоративный период была более промыта от них. За 10 лет наблюдений наибольший урожай был получен на фоне трехъярусной вспашки при окультуривании как старопахотных, так и целинных солонцов. На старопахотных солонцах средние урожаи сельскохозяйственных культур при трехъярусной вспашке составляли 25, при плантажной – 23,7, при обычной – 21,1 ц к.е./га. На целинных солонцах трехъярусная вспашка обеспечила среднюю прибавку урожая 19,8, плантажная – 12,7 % по сравнению со вспашкой на глубину 20-22 см [51]. Особенно она эффективна на сбитых природных пастбищах [56].

Многолетние исследования сотрудников лаборатории мелиорации солонцовых почв ДЗНИИСХ, проведенные на Красноармейском ОПХ института и в ряде хозяйств восточной зоны Ростовской области, показали, что даже одноразовая трехъярусная вспашка солонцовых земель с высоким залеганием кальциевых солей (30-40 см от поверхности) на глубину 40-50 см обеспечивает «самомелиорацию» [45]. Последняя достигается за счет того, что соли вносятся этими вспашками в мелиорируемый пахотный слой и по мере прохождения мелиоративного процесса повышают плодородие почв, а следовательно, способствуют росту урожайности сельскохозяйственных культур.

Глубокая ярусная вспашка положительно действует не только на повышение плодородия солонцов, но и на окружающие их зональные почвы. О высокой эффективности трехъярусной вспашки свидетельствуют многочисленные производственные опыты, проведенные в восточной зоне Ростовской области, с мелиорированных солонцовых комплексов здесь было получено на 3,9 ц зерна с каждого гектара больше, чем при обычной вспашке [45].

Не следует также забывать, что орошение усиливает синтез органического вещества в почве, в результате чего в составе гумуса увеличивается количество подвижных гумусовых кислот (фульватный гумус) и снижается содержание негидролизуемого остатка и гуматного гумуса. Трехъярусная обработка способствует увеличению содержания в почве органического вещества [57]. Через 5 лет содержание гуминовых кислот возрастает до 27-34 %, отношение $C_{гк} : C_{фк}$ увеличивается, в солонце усиливаются процессы поликонденсации и полимеризации гумусовых кислот, снижается гидрофильность гумуса и уменьшается степень дисперсности органического вещества.

Современные исследователи отмечают положительное влияние периодических ярусных обработок для поддержания плодородия мелиорированных земель. При этом обеспечивается периодическое обновление слоев почвы для их активизации под действием атмосферных факторов, улучшаются условия защиты посевов от сорняков, болезней и вредителей, создаются условия, содействующие заглублению корней и усиливающие противодавление растений засухе [58].

Особое внимание на настоящий момент привлекают обработки роторным агрономелиоративным орудием ПМС-70 на глубину 45 см.

После мелиоративной обработки орудием ПМС-70 с активным рабочим органом структура почвы становится не только более рыхлой, структурные отдельности при этом получают на порядок мельче, чем после обработки ПТН-40.

При роторной обработке почвы рыхлый на глубину до 50 см слой, гомогенный как по профилю почвы, так и в латеральном простирании ЭПА, свободно принимает в себя практически любое количество атмосферных осадков. Эффект пространственной неоднородности гидрологического режима СПП не проявляется [59, 60].

Возможности создания пахотного слоя с оптимальными физическими свойствами с помощью агробιοлогического метода, в основе которого

лежат механические обработки, определяются конкретными почвенно-мелиоративными условиями. В условиях разнокачественности почв солонцовых комплексов один и тот же способ обработки может оказаться высокоэффективным на одних почвах и малоэффективным или даже губительным на других. Безотвальное рыхление эффективно в основном на солонцах малонатриевых и особенно остаточных. Плантаж применителен на гипсовых (не карбонатных) малонатриевых солонцах с достаточно мощным пахотным горизонтом. Для улучшения более злостных многонариевых малогумусных глубоких солонцов более приемлема трехъярусная вспашка. Для гомогенизации почвенного плодородия следует обрабатывать солонцовые почвы ПМС-70.

Для получения максимального эффекта от мелиоративной вспашки необходимо проводить ее качественно в соответствии с мелиоративными требованиями по глубине обработки, степени сохранения на поверхности надсолонцового горизонта и выноса на поверхность солонцового и карбонатного горизонтов, степени крошения обрабатываемого слоя, степени перемешивания карбонатного и солонцового горизонтов [61].

Многие исследователи для закрепления мелиоративного эффекта агробиологического метода предлагают создание после этого сеянного культурного многолетнего травостоя из фитомелиорантов, что способствует дальнейшему рассолонцеванию почв и повышает их продуктивность в 5-7 раз. Существуют отработанные технологии возделывания на промежутированных землях житняка, волоснеца, прутняка, люцерны, донника, эспарцета [62-64].

2.2 Химическая мелиорация

При орошении, в отличие от богары, большое распространение получил способ химической мелиорации солонцов, так как в этих условиях он имеет большее преимущество, чем агробиологический. Во-первых, почвенных запасов солей кальция в мелиорируемом слое, особенно староорошаемых земель, чаще всего недостаточно для самомелиорации. Во-вторых,

вносимый мелиорант в условиях достаточного увлажнения быстрее взаимодействует с ППК, а продукты реакции вымываются за пределы корнеобитаемой зоны. В-третьих, получение на орошении более высоких урожаев, чем на богаре, позволяет быстрее окупить затраты на мелиорацию.

Вместе с тем, химическая мелиорация на орошении необходима, так как систематические поливы без внесения химических мелиорантов способствуют развитию деградационных процессов в орошаемых почвах [9, 65, 66], особенно если эти почвы осолонцованы.

Осолонцеванию черноземов обыкновенных Ростовской области способствовало орошение водой плохого качества с минерализацией 1,7-2,0 г/л сульфатно-натриевого состава [67]. Усилению комплексности почвенного покрова возделываемых сельскохозяйственных угодий Ростовской области способствуют также грунтовые воды сульфатно-натриевого химизма засоления с минерализацией до 15 г/л, находящиеся на уровне выше критического (1,8-2 м) [68]. Но при разработке мероприятий по борьбе со щелочностью и солонцеватостью необходимо помнить, что помимо натриевой существует магниевая солонцеватость, которая также способствует образованию гидрофильных коллоидов [69-77].

Ученые из многих регионов России неоднократно отмечали, что мелиоративные обработки солонцовых почв без внесения химических мелиорантов, приводят к еще большему ухудшению их свойств. В многолетних исследованиях Почвенного института имени В. В. Докучаева на Кисловской оросительной системе орошение в течение 10-15 лет степных хлоридно-сульфатных солонцов (содержание натрия в подпахотном горизонте 18-22 % от емкости обмена) после вспашки и планировки поверхности, но без внесения химических мелиорантов, не только не привело к улучшению свойств этих почв, но и вызвало снижение содержания гумуса и питательных элементов, подщелачивание почвенного раствора, дезагрегацию и уплотнение почвы [3, 78]

В опытах ВНИИГиМ в Волгоградской области орошение без гипсования солонцов солончаковых (содержание натрия 37-46 % от емкости поглощения) также приводило к ухудшению физических свойств почвы [79]. Установлено положительное влияние гипсования на плодородие солонцов Барабинской низменности, а исследования в Западной Сибири указывают на необходимость повторного гипсования [80, 81].

С другой стороны, при длительном орошении без внесения кальция содержание обменного натрия в почвенно-поглощающем комплексе может снижаться в результате гидролиза и замещения натрия ионом водорода воды, но в этих случаях происходит обеднение комплекса и может развиваться процесс осолодения. В лабораторных опытах с использованием почвенных монолитов промывка хлоридных глубокогипсовых и безгипсовых солонцов (в верхнем метровом слое гипса $< 0,3$ %) вызывала вторичное осолонцевание, ощелачивание почвы, в результате чего такие солонцы трансформировались в содовые [82].

Таким образом, для повышения плодородия почв солонцовых комплексов, занятых в орошении, предотвращения развития неблагоприятных процессов в зональных солонцеватых почвах необходимо проводить химическую мелиорацию.

В качестве химического мелиоранта в свое время широко применяли природный сыромолотый гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), в основном на почвах, в профиле которых гипсовые и карбонатные горизонты находятся на большой глубине и не могут вовлекаться в пахотный слой существующими способами обработки почв [30, 78, 83-88], а также глиногипс [89, 90].

Однако мелиорация с применением природных материалов является слишком дорогостоящей, и в зонах распространения солонцов природная сырьевая база часто не обеспечивает их широкую мелиорацию, что требует дополнительных затрат на перевозку. Помимо этого, природные мелиоранты чаще всего имеют нейтральную реакцию и поэтому применимы в основном для улучшения нейтрально засоленных солонцов.

Более актуальным является использование в качестве мелиорантов не утилизируемых или частично утилизируемых промышленных отходов, обладающих мелиорирующими и удобрительными свойствами и содержащих в качестве мелиорирующей основы гипс, кислоты, железо, серу, а в качестве удобрительной – фосфор, калий, микроэлементы и другие полезные вещества. Отходы занимают большие площади порой плодородных земель. В то же время высокая концентрация веществ, находящихся в отвалах, отрицательно влияет на экологическую обстановку прилегающей территории, загрязняя воздух, почвы, грунтовые, поверхностные, а иногда и подземные воды. К тому же все возрастающие требования по охране окружающей среды заставляют промышленные предприятия вкладывать огромные средства на очистку и утилизацию отходов, а также рекультивацию загрязненных ими объектов. Поэтому при применении их для мелиорации почв коренное улучшение сельскохозяйственных угодий сочетается с утилизацией отходов промышленности и наряду с высокой эффективностью способствует охране окружающей среды от загрязнений.

В качестве химических мелиорантов для улучшения солонцов учеными применялись такие промышленные отходы, как: хлористый кальций – отход содового производства [91], железный купорос – отход лакокрасочной промышленности [30], фосфогипс – отход суперфосфатного производства [90], дефекат – отход сахарной промышленности [92-96], серная кислота – отход нефтеперерабатывающей промышленности [7, 89, 97-104], отработанный электролит травления стали – отход машиностроительного производства [30], терриконовая порода – отход угледобывающей промышленности [105], кальциевая селитра [106-108].

Все эти мелиоранты способствуют улучшению свойств солонцов и повышению урожайности возделываемых на мелиорированных землях сельскохозяйственных культур. На солонцах нейтрального засоления могут применяться традиционные химические мелиоранты – гипс, глиногипс, а на содово-засоленных (щелочных), в первую очередь, кислые мелиоран-

ты – фосфогипс, разбавленные минеральные кислоты, терриконовая порода, электролит травления стали и другие кислые отходы промышленности [109].

Помимо рассмотренных выше мелиорантов из промышленных отходов в нашей стране, и в других странах проводились отдельные опыты по влиянию других отходов на осолонцованные земли. Их действие изучено далеко не полностью, эффективность немного ниже, но все же они тоже применимы (ограниченно) для мелиорации солонцовых почв. Были исследованы отходы целлюлозных и гидролизных заводов (гидролизный ил) [110], отходы углеобогащения (порода и флотохвосты) [111], осадки очистных сооружений [112], отходы металлургической промышленности (шлаки, шламы) [113], отходы содового производства (шламы «белых морей») [114], гаша в комбинации с минеральными кислотами [115], отбросы лако-красочной промышленности (лаковый шлам) [116], стеклянные отходы, размельченные до порошкообразного состояния [117].

2.2.1 Применение кальцийсодержащих природных залежей и отходов промышленности для мелиорации солонцовых почв

Из кальцийсодержащих отходов промышленности, используемых для мелиорации солонцов, наибольшее применение в научных исследованиях и производстве получил фосфогипс. Исследовались также дефека́т, хлористый кальций и другие отходы.

Фосфогипс – отход промышленного производства фосфорной кислоты и других видов продукции химической промышленности – состоит в основном из двухводного гипса (80-92 %). Содержание в нем CaO составляет 36-38 % (на сухое вещество), серы – более 20 %. В состав фосфогипса входит 1-3,5 % фосфорной кислоты, в том числе 0,3-1,2 % водорастворимой. Состав фосфогипса меняется в зависимости от профиля предприятия [118, 119].

По мелиорирующему действию фосфогипс аналогичен гипсу, но он является кислым мелиорантом (например, фосфогипс Невинномыс-

ского производственного объединения «Азот» имеет рН 2,5-3,0). Наличие в фосфогипсе кислот обуславливает его лучшую растворимость, чем гипса. При воздействии с ППК кальций мелиоранта вытесняет поглощенный натрий, который в виде сульфата натрия вымывается нисходящими токами воды. На солонцовых почвах фосфогипс оказывает положительное влияние на урожаи культур не только как коренной улучшатель почв, но и как фосфорное удобрение [88].

Качество фосфогипса как мелиоранта значительно зависит от содержания в нем влаги, которое не должно превышать 20 %, так как при более высокой влажности он не имеет сыпучести. Один из способов устранения этого недостатка был предложен исследователями ЦИНАО Воскресенского филиала НИУИФ и других учреждений – смешивание фосфогипса с пылевидными известковыми материалами без предварительной сушки (с известковой мукой или сланцевой золой) [120].

Широкомасштабные исследования по применению фосфогипса в качестве мелиоранта для солонцов были проведены в Ростовской области, Краснодарском и Ставропольском краях, в Поволжье, на Украине, в Сибири [109, 121-124].

Ученые ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ) отмечают, что эффект от химической мелиорации фосфогипсом отмечается уже на следующий год после внесения мелиоранта. В первую очередь это отражается на водно-физических свойствах: исчезает почвенная корка, повышается фильтрация, улучшается структура почв. Внесение расчетной дозы фосфогипса на мало- и средненатриевые солонцы снижает их солонцеватость в первые 2-3 года на 60-80 %, засоление – в 1,5-2 раза, нормализует щелочность в верхнем 40-60-сантиметровом слое. В зависимости от внесенной дозы фосфогипса в почве повышается в 1,5-2 раза содержание подвижных фосфатов. Большое количество гипса и водорастворимого фосфора, поступающее с фосфогипсом, стабилизирует не только кальциевый режим, но и способствует улучшению гумусного состояния мелиорируемой поч-

вы. Уже в первые годы после внесения мелиоранта прибавка ячменя составляет 5-7 ц/га, а зеленой массы кукурузы, сорго и кормосмесей – до 80-150 ц/га [125].

При использовании фосфогипса для мелиорации лугово-степных малонатриевых солонцов нейтрального засоления в условиях орошения отмечена оптимизация рН солонцового горизонта до пределов, оптимальных для развития сельскохозяйственных культур уже в течение первых 20-30 дней после его внесения. В то же время глиногипс даже 1,5 нормой не дает таких результатов [126]. Последствие химической мелиорации прослеживается 7-8 лет и более. При условии залегания уровня грунтовых вод глубже 2 м и соблюдении всех правил агротехники реставрации солонцеватости, щелочности и засоления не отмечается.

Исследования ЮжНИИГиМ (РосНИИПМ) показывают также, что химическая мелиорация фосфогипсом позволяет существенно улучшить качественные показатели гумуса солонцов, приблизив их к уровню зональных почв. Гумус из фульватно-гуматного переходит в категорию гуматного. В подпахотных горизонтах доля фракций свободных и связанных с полуторными окислами гумусовых веществ снижается более чем в 2 раза. Прирост содержания гумуса в мелиорированной почве в среднем за 3 года составил 0,2-0,4 % за счет повышения в 1,5-4 раза урожая сельскохозяйственных культур [127]. Кроме того, добавление к фосфогипсу навоза в разных сочетаниях позволяет сбалансировать элементы питания растений с учетом особенностей почв. Внесение фосфогипса и навоза на орошаемые земли служит защитой против осолонцевания и ощелачивания почв [128, 129].

При внесении фосфогипса в почву активизируются микробиологические процессы: возрастает численность азотобактера и происходит интенсивное разложение клетчатки [130].

Применение фосфогипса в сочетании с навозом также положительно влияет на свойства орошаемых черноземов, подверженных природной со-

лонцеватости (южных). Оптимальным признано сочетание 10 т/га Ф + 20 т/га Н и 5 т/га Ф + 40 т/га Н. На этих вариантах кальций более активно внедряется в ППК (на 31-33 %) выше от контроля, при этом вытесняются не только натрий, но и магний, отмечается накопление гуминовых кислот и сокращение количества фульвокислот в составе гумуса [131].

Химическая мелиорация, проведенная на лугово-степных солонцах, составляющих комплекс с южными черноземами, также показала свою эффективность. Внесение 10 т/га Ф + 20 т/га навоза способствовало снижению солонцеватости в более чем 2 раза, щелочности до $pH = 6,0$, повышению содоустойчивости до 44 мг-экв./100 г. Однако эти изменения касаются только 0-20 см и частично 0-30 см слоя. Глубже в солонце продолжают оставаться негативные явления [132].

ЮжНИИГиМ также проводил исследования по выявлению влияния химической мелиорации на ликвидацию осолонцевания и ощелачивания обыкновенных черноземов в результате орошения более 10 лет водой с минерализацией 1,5-1,9 г/л сульфатно-натриевого состава. Исследования показали, что внесение гипса и фосфогипса – эффективный прием восстановления их плодородия, однако больший эффект дает все же фосфогипс, видимо, в силу способности резко изменять реакцию почвенного раствора [133].

Исследования, проведенные в других регионах России, подтверждают высокую мелиорирующую способность фосфогипса. Так, в Ставропольском крае при освоении целинных черноземных корковых и мелких лугово-степных солончаковатых солонцов внесение 14 и 7 т/га фосфогипса, а также совместное использование фосфогипса в тех же нормах с 30 т/га навоза способствовали значительному улучшению физических свойств почвы и в 4-5 раз увеличивали выход продукции с 1 га. Период последствий химической мелиорации фосфогипсом может продолжаться до 7-9 лет [109, 134, 135].

Четырехлетние полевые опыты Омского сельскохозяйственного института по применению фосфогипса-дигидрата на корковых и мелких со-

довых солонцах показали, что по влиянию на свойства солонцов и урожай культур он равен гипсу. Все затраты на мелиорацию окупались за 3-4 года, а положительное действие мелиоранта на корковых содовых солонцах наблюдалось в течение 10 лет [136].

По данным Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства затраты на мелиорацию солонцов с использованием фосфогипса по сравнению с гипсом были на 30-40 % ниже [83].

В опыте Тюменского сельскохозяйственного института на залежном луговом корковом солонце сульфатно-содового засоления изучали эффективность полной (43,1 т/га) и половинной (21,6 т/га) норм фосфогипса и гипса. Применение фосфогипса и гипса в половинных нормах вызвало улучшение химических свойств почвы: содержание ионов HCO_3 уменьшилось в 1,2-3 раза, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ снизился с 8,5-8,7 до 8-8,3. В варианте с фосфогипсом содержание доступного фосфора возросло с 3,9 до 7,3 мг/100 г почвы. Капитальные вложения на мелиорацию солонца окупались при полной норме фосфогипса за 5 лет, при половинных нормах гипса и фосфогипса – за 3-4 года. Действие фосфогипса было отмечено в течение 8-10 лет [137].

На основании многолетних исследований по химической мелиорации солонцов, проведенных в Донском зональном научно-исследовательском институте сельского хозяйства, Донском сельскохозяйственном институте, ЮжНИИГиМ и Южгипроводхозе, разработаны практические рекомендации для Ростовской области, в которых важное место отводят применению фосфогипса [5].

Эффективность фосфогипса отмечается также при ликвидации солонцеватости почв, вызванной поливами минерализованными водами. Установлено, что наиболее эффективно в агрономическом и экономическом отношениях ежегодное внесение мелиоранта в дозах, эквивалентных содержанию натрия в оросительной норме воды [138]. В исследованиях на Багаевско-Садковской ОС было также доказано, что при орошении водой с повышенным содержанием натрия и наличием свободного углерода

CO₂ периодическое внесение небольших доз (до 5 т/га) фосфогипса позволит предупредить осолонцевание почв [139].

Внесение извести (мел, известняк, а также дефека́т) дает положительный эффект на солонцах с признаками осолодения в горизонте А.

По данным Воронежского сельскохозяйственного института, мелование черноземных солонцов дает высокий агрономический эффект на фоне периодического глубокого рыхления внесения перегноя и азотно-фосфорных удобрений [93].

В этом же институте есть данные, свидетельствующие о целесообразности применения в качестве мелиоранта солонцов дефека́та (отход сахарной промышленности), который является известковым и азотно-фосфорно-калийным удобрением. Применение дефека́та было эффективным в лесостепной части Центрально-Черноземной зоны на луговых, осолодевающих солонцах содового и смешанного засоления. Эффективность дефека́та значительно возрастала при внесении повышенных норм перегноя и азотно-фосфорных удобрений. Окупаемость затрат на мелиорацию таких солонцов дефека́том на фоне высокой агротехники происходит через 2-3 года [93].

Внесение молотого мела (8 т/га) совместно с сульфатом аммония (1 т/га), мела (7 т/га) совместно с суперфосфатом (1 т/га) и гипса (8 т/га) также значительно повышало плодородие солонцеватых черноземов Воронежской области [140].

Исследованиями Мичуринского плодоовощного института было установлено положительное действие дефека́та в нормах 8-10 т/га на солонцах Тамбовской области [93].

В исследованиях, проведенных в Карачаево-Черкесии на солонцах хлоридно-сульфатного типа засоления, отмечено повышение эффективности дефека́та при его внесении в сочетании с азотной и фосфорной кислотами, которые увеличивают растворимость извести дефека́та [94].

В опытах Института почвоведения Казахстана на луговых солончаковых солонцах содового типа засоления применение 1-2 т/га дефеката совместно с серной кислотой (15 т/га) или той же нормы с фосфогипсом (24 т/га) с последующей промывкой почвы способствовало значительному снижению щелочности почвенного раствора [96].

Влияние кальциевой селитры как мелиоранта на свойства солонцовых почв изучали в Грузии. В лабораторном опыте внесение $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ уменьшало содержание обменного натрия в содовом солонце и увеличивало водопроницаемость сильнее, чем внесение гипса (в эквивалентных дозах) [107]. Полевые опыты на содовых и содово-сульфатных солонцах подтвердили мелиорирующие свойства кальциевой селитры [106].

2.2.2 Кислование солонцовых почв

На засоленных почвах с высокой щелочностью и солонцеватостью серная кислота оказывает более быстрое и часто более сильное действие, чем фосфогипс или гипс.

Применение серной кислоты на содовых солонцах оказывает положительное действие: снижается (нейтрализуется) щелочность почвенного раствора; обменный натрий вытесняется ионами водорода кислоты; образуется свежесозревший гипс, который более растворим, активнее вступает в реакции и быстрее замещает натрий в почвенно-поглощающем комплексе, чем природный сыромолотый гипс; осуществляется переход труднорастворимых соединений в подвижные, доступные для растений; улучшаются физические свойства почвы вследствие быстрой коагуляции гидрофильных коллоидов и снижения дисперсности почвы. Для ускорения процесса мелиорации серной кислотой необходим отток солей, образующихся в результате ее взаимодействия в почве, что достигается промывками на фоне дренажа [99-101].

Однако внесение в почву концентрированной серной кислоты может действовать разрушающе на почвенно-поглощающий комплекс, поэтому применяют в основном ее разбавленные растворы. При использовании

концентрированной кислоты недопустимо локальное скопление ее или подача крупными каплями на поверхность почвы [141].

В научных исследованиях и практике освоения солонцов обычно применяют отработанную серную кислоту – отход металлургической, нефтеперерабатывающей и некоторых видов химической промышленности.

Сернокислое железо (железный купорос – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) по своему мелиоративному воздействию на солонцовые почвы аналогично серной кислоте, хорошо растворяется в воде. Вносить его в почву можно весной или летом с последующей промывкой чека осенью [142, 109]. Однако по действию на фосфатный режим почв эти мелиоранты различны. Если внесение серной кислоты способствует увеличению содержания подвижного фосфора в почве за счет перехода труднорастворимых его соединений в подвижные, то повышение в почве концентрации подвижного железа ведет к химической фиксации доступного фосфора [143]. Отмечают также, что химическая мелиорация сернокислым железом может отрицательно отразиться на содержании лабильных форм гумуса, уменьшить их гуматность в осолонцованных слоях почвы [144].

В опытах РосНИИПМ в Ростовской области выявлена эффективность кислования карбонатных солончаковых безгипсовых и глубокогипсовых солонцов, подверженных в процессе рассоления (при орошении) ощелачиванию и вторичному осолонцеванию, а также нейтральных солонцов. Применение на таких почвах при орошении разбавленной серной кислоты (3-15 %-ный раствор) или кислых отходов промышленности способствовало быстрой мелиорации, при этом не наблюдалось разрушения минеральной части почвы и потерь гумуса [5, 89].

В РосНИИПМ разработан также способ внесения серной кислоты в горизонт максимального скопления карбонатов (20-40 см). Для этих целей применяют кротователь КТД-0,45А (конструкции РосНИИПМ), который оснащен приспособлением для подачи раствора в кротодрены на глубину 20-40 см. Он агрегируется с трактором К-700 (К-701) или Т-100 БГС.

Через 5-7 суток после внесения серной кислоты проводят трехъярусную вспашку (для вовлечения свежесажженного гипса в солонцовый горизонт), через 2-3 месяца – двукратную промывку почвы.

Производственные опыты на рисовых полях Цимлянского района на малонатриевых солонцах сульфатно-хлоридного типа засоления с высоким содержанием карбонатов в слое 20-40 см (7,4 %) подтвердили эффективность такого способа мелиорации (при этом серную кислоту вносили в норме 5 т/га, равной половине расчетной) [89].

Слабые растворы минеральных кислот (серная и азотная) применяли в комплексе мер по мелиорации тяжелых засоленных почв Кура-Араксинской низменности Азербайджана. При высокой степени засоления (>2 %) и содержании поглощенного натрия 15-20 % от емкости обмена капиллярные промывки почв сочетали со специальными приемами: глубокой (0,5-0,8 м) обработкой почвы, применением мелких дрена на фоне постоянного глубокого дренажа, предварительной обработкой почв растворами минеральных кислот, электромелиорацией и др. [145].

В производственных опытах на Украине установлена высокая эффективность серной кислоты (концентрация 84-88 %) для мелиорации содовых солонцов. Сравнивали действие серной кислоты (6 т/га) и фосфогипса (10 т/га). Нормы рассчитывали по содержанию обменного натрия в слое почвы 0-20 см. Применение серной кислоты на фоне дренажа способствовало улучшению физико-химических свойств почвы и увеличению урожаев культур в значительно большей степени, чем внесение фосфогипса. Так, урожаи зеленой массы кукурузы при использовании фосфогипса составляли 152 ц/га, серной кислоты – 409, на контроле – 77 ц/га. Урожаи зеленой массы проса на 2-й год после внесения мелиорантов были соответственно 240, 335 и 137 ц/га. Затраты на кислование щелочных солонцов окупаются дополнительной продукцией уже в 1-й год возделывания сельскохозяйственных культур [97].

Согласно рекомендациям по повышению плодородия солонцов южной степи Украины, при промывках содово-засоленных земель эффективно внесение серной кислоты и других кислых мелиорантов. Серную кислоту в виде 0,8-1%-ного раствора вносят в почву до начала промывки [146].

Опыты по кислованию были также проведены на солонцах Сибири и Поволжья. В Куйбышевском сельскохозяйственном институте испытывали сернокислотные отходы нефтеперерабатывающих заводов в производственных опытах на лугово-степных солонцах сульфатного типа засоления. Сравнивали мелиоративную эффективность 5 %- и 15%-ных и концентрированных нефтеотходов (в последних содержится 85-87 % концентрированной серной кислоты и 13-15 % нефтепродуктов). Нормы составляли 15 т/га неразведенной серной кислоты. Наиболее эффективными оказались 5%-ные сернокислотные отходы. Более высокая концентрация нефтепродуктов (примеси к кислоте) в отходах оказала токсическое действие на растения яровой пшеницы. В 1-й год после их внесения урожай зерна в варианте с 5 %-ными отходами был равен 10,9 ц/га, с 15%-ными – 6, с концентрированными – 5,1 ц/га (на контроле 3,2 ц/га) [98].

В многолетних опытах Омского сельскохозяйственного института на черноземных корковых многонатриевых солонцах содового типа засоления, подверженных криогенному накоплению солей в зимний период, сравнение действия серной кислоты и гипса в эквивалентных нормах (соответственно 16 и 32 т/га) показало, что при внесении кислоты быстрее улучшились свойства почвы: значительно увеличилась водопроницаемость, снизилось содержание солей в метровом слое. Но через 5-6 лет после внесения мелиорантов в варианте с кислованием наблюдалось вторичное осолонцевание. При гипсовании оно отсутствовало и на 8-й год опыта. Положительные результаты были получены от внесения 16 т/га гипса (половина нормы) совместно с 8 т/га кислоты [147].

Исследования по кислованию солонцовых почв проводили и за рубежом. В Испании в полевых опытах на сильнощелочных почвах приме-

ние концентрированной серной кислоты (5000 л/га) и сернокислотных промышленных отходов с содержанием 17-18 % H_2SO_4 (38000 л/га) на фоне орошения и дренажа способствовало снижению щелочности почвы и содержания обменного натрия в слоях 0-20 и 20-40 см. В варианте с сернокислотными отходами урожай подсолнечника (первой культуры после мелиорации) был на 25 %, а хлопчатника (второй культуры) – на 21 % выше, чем на контроле. Внесение концентрированной серной кислоты оказало отрицательное влияние на урожай обеих культур (снижение урожаев составляло соответственно 18 % и 17 %) [148].

В лабораторных исследованиях Летбриджской сельскохозяйственной станции (Канада) при промывках каштанового солонца водой, подкисленной серной кислотой до $\text{pH} = 2,5$, был получен положительный эффект: возросла водопроницаемость почвы, снизилось содержание обменного натрия. Однако специалисты считают, что применение серной кислоты для мелиорации солонцов в провинции Альберта нецелесообразно в связи с отсутствием индустриальных источников кислоты в Западной Канаде [102].

В США для мелиорации щелочных почв применяют кислование почв и ирригационных вод [103, 104]. Обычно используют отработанную серную кислоту. Растворы ее вносят на поверхность почвы или инжектируют специальным оборудованием в почву рядом с рядками растений или глубже их, что создает нейтральные или кислые зоны, в которых повышается доступность фосфора и других элементов для растений в корнеобитаемой зоне. Снижение щелочности почв достигается также обработкой ирригационных вод отработанной серной кислотой. При этом pH поливной воды поддерживают в пределах 6,0-7,0 для предотвращения коррозии оросительной системы. В штате Аризона добавление кислоты в щелочную поливную воду не только способствовало снижению pH , но и уменьшало потери аммиака за счет улетучивания при внесении с поливной водой азотных удобрений в аммиачной форме.

По мнению американских исследователей, серная кислота является наиболее быстродействующим улучшателем, и ее применение целесообразно на щелочных почвах, содержащих карбонаты [101].

Об испытании в качестве мелиоранта железного купороса имеется меньше данных, чем о серной кислоте. Этот прием кислования был широко исследован на солонцах Армении, Азербайджана, Чечни, Поволжья, Ростовской области [149-153]. Там определялись эффективные нормы и способы внесения серной кислоты и железного купороса на солонцах разных типов засоления, причем изучали возможность кислования солонцов не только в условиях орошения, но и на богаре.

Многолетние исследования показали, что применение отработанной серной кислоты (0,8-1,0%-ный раствор) и железного купороса (отход горнорудной промышленности) с последующими промывками на фоне глубокого горизонтального или вертикального дренажа при снижении уровня грунтовых вод до глубины не менее 2,8-3 м вызывает улучшение химических и физических свойств солонцов-солончаков и значительно повышает их продуктивность.

Солонцы-солончаки Араратской равнины в естественном состоянии отличаются высокой щелочностью (рН 9,5-11,0), значительной солонцеватостью (50-80 % обменного натрия от емкости обмена) и засолением (0,6-2,0 %), высоким содержанием карбонатов (15-20 %). Они бедны гумусом (0,3-0,6 %) и легкогидролизуемым азотом (0,5-2,5 мг/кг почвы). На этих почвах гипс, фосфогипс, дефека́т и некоторые другие мелиоранты оказались малоэффективными.

На основании результатов исследований нормы серной кислоты и железного купороса устанавливались из расчета полной нейтрализации соды и вытеснения обменного натрия из почвенно-поглощающего комплекса метрового слоя почвы. В связи с большой пестротой засоления нормы серной кислоты и промывной воды определяют по данным почвенного разреза с максимальной степенью засоления и солонцеватости, а железного ку-

пороса – дифференцированно, по потребности каждой почвы в пределах промывного чека. Нормы серной кислоты составляют примерно 100, железного купороса 150-500 т/га.

Технология мелиоративных работ предусматривала капитальную планировку и глубокое рыхление, нарезку оградительных валиков промывных чеков, подачу на поле мелиорантов, перемешивание с почвой (при использовании железного купороса), последующие промывки в течение 5-6 месяцев высокими нормами (40-60 тыс. м³/га).

Применение комплекса агротехнических мероприятий в мелиоративный период (внесение высоких норм навоза, длительное возделывание люцерны, заделка растительных остатков в почву и др.) повышало плодородие почв. Через 15-20 лет сельскохозяйственного использования мелиорированных почв содержание гумуса увеличилось до 1,0-1,2 %, водопроницаемость – до 0,5-0,6 мм/мин, содержание водорастворимых солей снизилось до 0,2 %, обменного натрия — на 5-10 % от емкости поглощения. На таких мелиорированных солонцах-солончаках урожай озимой пшеницы возрос с 18-20 ц/га в 1-й год их освоения до 50-55 ц/га на 10-15-й год использования, сена люцерны – с 60-70 до 120-130 ц/га. В зависимости от возделываемых культур затраты на мелиорацию солонцов-солончаков окупались в течение 4-8 лет [142, 143, 149].

В экспериментах Волгоградской сельскохозяйственной опытной станции на старопахотных малонатриевых солонцах светло-каштановой подзоны применение железного купороса (3 т/га) дало хорошие результаты. Мелиорант вносили с помощью разбрасывателя РУМ-3,0 или РМГ-4 осенью под зяблевую вспашку. В результате однократного внесения железного купороса физические свойства солонцов улучшались, содержание обменного натрия снижалось с 14 % до 4 % от емкости поглощения. Урожай зерновых повысился на 1,5-2 ц/га, при этом на 1 % возросло содержание белка в зерне [150].

В области мелиорации солонцов использовалось также внесение элементарной серы и затем тиобактерий, окисляющих серу в процессе своей жизнедеятельности до серной кислоты. Преимущественно такие испытания проводились за рубежом.

Такие работы были проделаны в Канаде для мелиорации солонцов каштановой зоны, где большие количества серы образуются при десульфурации кислого природного газа. В лабораторных и полевых опытах станции инокуляция почвы культурой *B. thioragus* при внесении серы (3,3 т/га) и последующее орошение способствовали большему подкислению верхнего слоя почвы в результате ускорения биологического продуцирования серной кислоты из серы. Через 1 вегетационный сезон биологически продуцированная серная кислота проникла до глубины 20 см. Культуру *B. thioragus* вносили в почву из расчета примерно 1 л культуры на 9 м² площади. По имеющимся на станции данным эти бактерии способны выживать в почвах с pH 3,5-7,0 [102].

По данным американских авторов, элементарная сера в природных условиях полностью окисляется в сульфаты в течение нескольких лет, поэтому она является самым медленнодействующим улучшателем солонцовых почв [101].

Применение пирита (серный или железный колчедан, FeS₂) для мелиорации почв также основано на образовании серной кислоты в процессе окисления минерала. Опыты по изучению сравнительной эффективности пирита и гипса проводили в Индии, где большие природные запасы пирита в виде осадочных пород имеются в штате Бихар. Лабораторные исследования в Центральном научно-исследовательском институте засоленных почв (г. Карнал) показали, что пирит является более слабым (в 2-4 раза) мелиорантом, чем гипс. Окисление пирита в серную кислоту под влиянием серобактерий происходит очень медленно. Большая часть серы (около 22,8 % из 31,1 %) остается неактивной. Считают, что общее содержание серы не может служить основанием при расчете норм пирита для мелиорации

содовых почв. Эффективность пирифта вызвана исходной его кислотностью (окисленной серой) [154, 155].

Выявлена эффективность азотной кислоты (разбавленные растворы) при мелиорации солонцов.

В полевых опытах Волгоградской сельскохозяйственной опытной станции на малонатриевых солонцах светло-каштановой подзоны применяли 4 %-ный раствор азотной кислоты, приготовленный из 56 %-ной технической кислоты. Оптимальной для данных почв была норма 74 кг/га N (599 кг/га раствора). При внесении азотной кислоты (штанговым опрыскивателем под зяблевую вспашку) в 2,5 раза уменьшалось содержание обменного натрия в почве, увеличивалось количество водопрочных агрегатов, повышались урожаи и содержание белка в зерне озимой ржи и яровой пшеницы. В 1-й год после внесения мелиоранта и парования урожай зерна озимой ржи составлял 15,2 ц/га (на контроле 11,6 ц/га). На 4-й год после действия азотной кислоты урожай яровой пшеницы достигал 16 ц/га, или был на 2,3 ц/га выше, чем на контроле. Средняя за 4 года прибавка урожая зерна составляла 2,1 ц/га, годовой экономический эффект был равен 14,7 руб./га [150].

В Ростовской области при мелиорации в условиях орошения карбонатных солонцов нейтрального типа засоления рекомендуют применение разбавленной азотной кислоты (3-15%-ные растворы) [5].

Испытания азотной кислоты на солонцах Казахстана показали близкую к гипсу мелиоративную эффективность [99].

Положительные результаты получены в исследованиях по мелиорации солонцов с применением кислых отходов целлюлозно-бумажной, винокуренной промышленности и других видов промышленного производства.

Перспективными материалами для мелиорации являются сульфитные щелоки, получаемые при промышленной обработке целлюлозы. Они представляют собой кислый раствор, содержащий в основном углеводы,

соли лигносульфоновых кислот (лигносульфонаты), сернистую и серную кислоты. Лигносульфонаты можно применять как структурообразователи и как мелиоранты на разных почвах.

В микрополевых опытах, заложенных в пойме Нижнего Дона (Ростовская область) на солонце-солончаке с близкими к поверхности (2,5 м) содово-засоленными грунтовыми водами, применение лигносульфоната аммония (1,3 % и 1,7 % к массе 10-сантиметрового слоя почвы) способствовало увеличению водопрочности почвенной структуры в верхнем слое, снижению щелочности от нормальных карбонатов, понижению pH, увеличению содержания обменного кальция (за счет уменьшения обменного натрия), а также повышению микробиологической активности, содержания азота и гумуса в почве [156].

На залежных малонатриевых солонцах Заволжья сравнивали эффективность гипса и лигнина (отход гидролизного производства, содержащий до 3 % серной и других кислот). Гипс (3 т/га) и лигнин (30 т/га) применяли на фоне разных обработок почвы. При отвальной вспашке почвы (на глубину 25-27 см) урожай зерна ячменя в 1-й год после проведения мелиорации в варианте с гипсом составлял 15, с лигнином — 16,2 ц/га (на контроле 11 ц/га). На 2-й год урожаи зерна пшеницы были равны соответственно 13,6, 13,7 и 10 ц/га. На 4-й год последствий мелиорантов было получено зеленой массы ячменя в варианте с гипсом 108,5, с лигнином — 138 ц/га (на контроле 71,3 ц/га) [157].

Сульфитные щелоки успешно используют для мелиорации солонцов в Восточной Европе. На содово-засоленных почвах с высоким (> 20 %) содержанием поглощенного натрия от емкости обмена их применяют на фоне глубокого рыхления и планировки поверхности. После проведения мелиорации внедряют специальные севообороты [158].

Заслуживает внимания опыт применения шлама биохимических заводов для мелиорации многонатриевых солонцов в Молдавии. Отходы биохимических заводов по производству кормовых дрожжей — шлам

(в состав которого входят кальций, азот, фосфор, сера, органические вещества, содержание влаги 50-60 %, pH 3-4,5) использовали в нормах 25-30 т/га. Солонец, имеющий 21-35 % обменного натрия от емкости обмена, уже на 3-й год после внесения шлама перешел в категорию слабосолонцеватых почв. По влиянию на урожай сельскохозяйственных культур шлам был несколько эффективнее гипса (в норме 10 т/га). При испытании шлама в производственных условиях вблизи Бельцкого и Бендерского биохимических заводов расходы на мелиорацию солонцов с его использованием были в 4-5 раз ниже, чем при гипсовании [159].

Получены положительные результаты от применения на солонцовых почвах в Ростовской области в качестве мелиоранта терриконовой породы – отхода угольной промышленности (pH около 3) в нормах 20-40 т/га [89]. Положительный эффект ее действия на рассолонцевание почв был подтвержден рядом полевых опытов [160-163].

Сложное воздействие на органическое вещество почвы оказывает отработанный электролит травления стали. Он, благодаря кислой реакции, резко увеличивает содержание в почве подвижного железа, способного вступать в реакции с гумусовыми веществами, влияя на их миграционную способность. Этим объясняется значительное увеличение гумуса в слое 0,2-0,4 м солонца, мелиорируемого жидкими мелиорантами [39].

Мелиорирующее действие кислых отходов винокуренной промышленности изучали в лабораторном опыте в Индии на сильнощелочной почве (pH 10,2). Испытывали отработанные воды (pH 5,0, высокое содержание кальция, магния и калия) в дозах, эквивалентных 100, 20 и 10%-ной потребности в гипсе. Считают, что применение таких отходов промышленности (в 100%-ной норме) в паровых полях поможет решить проблему их размещения и уменьшения загрязнения грунтовых вод и даст положительные результаты при мелиорации содово-засоленных почв [164].

2.2.3 Органо-минеральные компосты

В качестве кальций- и кислотосодержащих средств при приготовлении компостов были использованы промышленные отходы (фосфогипс, терриконовая порода, серная кислота, электролит) или местные минеральные залежи (глауконит), а в качестве удобрительной основы – навоз крупного рогатого скота (КРС), наиболее распространенная органика в те годы.

Мелиорация солонцов Зимовниковского района Ростовской области компостом из навоза и фосфогипса показала, что оптимальной дозой компоста для этих почв является 40 т/га в равном соотношении фосфогипса и навоза. На фоне заметного улучшения пищевого режима почвы не наблюдалось снижения эффективности химического воздействия мелиоранта, содержание поглощенного натрия снизилось до 3-4 %, количество водопептизируемого ила достигло уровня зональной почвы. Отмечено улучшение гумусного состояния мелиорированных почв. Содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием, возросло в среднем в 1,3 раза, а подвижных гумусовых веществ уменьшилось на 25 % [165].

При проведении химической мелиорации солонцовых почв органо-минеральными компостами ликвидируется такой недостаток при внесении чистого фосфогипса, как резкое увеличение количества подвижных фосфатов и возникающий при этом дисбаланс пищевого режима. Присутствие в компосте навоза способствует улучшению азотного и калийного питания почв.

Было исследовано также влияние органо-минеральных компостов на свойства обыкновенных черноземов, орошаемых водой неблагоприятного состава. Использовались компосты из навоза и терриконовой породы, навоза и глауконита, и навоза и фосфогипса в различных соотношениях. Наиболее эффективными по воздействию на деградированные черноземы являются компосты: навоз + терриконовая порода (1:1); навоз + фосфогипс (1:1 и 3:1); навоз + глауконит (2:1) [166-168].

В связи с тем, что запасы навоза КРС практически исчерпаны из-за кризиса в АПК в последние годы в качестве органического компонента используются осадки сточных вод (ОСВ), опилки и другие компоненты, но такие компосты обладают только удобрительной ценностью, но не содержат мелиорирующей основы [169-171].

Поиску путей создания нетрадиционных удобрительно-мелиорирующих средств уделялось большое внимание. На некоторые из них получены авторские свидетельства:

- способ получения мелиорирующего и удобрительного средства путем измельчения кислой терриконовой породы. Отличается тем, что, с целью повышения мелиорирующей и удобрительной эффективности средства, перед измельчением терриконовую породу смешивают с 3-5 % раствором серной кислоты при соотношении порода: кислота = 80:20 и высушивают до воздушно-сухого состояния [172];

- мелиорант для солонцовых почв, содержащий отработанный электролит травления стали отличается тем, что, с целью повышения мелиорирующей эффективности, он дополнительно содержит древесные опилки при следующем соотношении компонентов, мас. ч: отработанный электролит травления стали – 5-2; опилки древесные – 1,0-0,4 [173];

- мелиорирующий компост, который может быть использован для улучшения физических свойств и пищевого режима черноземов, орошаемых водой неблагоприятного химического состава. Согласно изобретению, мелиорирующий компост содержит мас. %: терриконовую породу с размерами частиц менее 10 мм – 25-50 и навоз остальное [174];

- способ получения органо-минерального удобрения, включающий обработку гидролизного лигнина азотной кислотой, меланжем или оксидами азота, смешение с фосфатами, гранулирование и сушку смеси. Отличается тем, что, с целью повышения агрохимической эффективности удобрения и упрощения способа, обработку кислотой осуществляют одновременно со смешением с фосфатами и измельчением компонентов смеси при

соотношении гидролизного лигнина и фосфата 1:1, в полученный продукт перед гранулированием добавляют фосфориты до соотношения гидролизного лигнина и фосфата 1:2. Способ по п.1 отличается тем, что в качестве меланжа используют отход производства нитроцеллюлозы – отработанную смесь азотной и серной кислот в соотношении 1:2 [175];

- способ получения органо-минерального удобрения путем обогащения пород угольных шахт элементами питания растений. Отличается тем, что, с целью повышения агрохимической эффективности удобрения, в качестве пород используют измельченные хвосты обогащения каменного угля, характеризующегося соотношением гуминовой кислоты к летучей золе 1:2,8, а их обогащение ведут путем фильтрации речной воды, содержащей 0,8-12,9 мг/л азота и 0,5-1,0 мг/л фосфора через слой породы [176];

- способ получения мелиоранта удобрительного, включающий нейтрализацию фосфогипса аммиаком. Отличается тем, что, с целью упрощения процесса и увеличения выхода готового продукта, нейтрализацию ведут подачей аммиака в слой фосфогипса с содержанием гигроскопической влаги в нем 15-20 % в течение 1-3 с. [177];

- способ получения органо-минерального удобрения путем обработки лигнинсодержащего вещества раствором макро- и микроэлементов и последующей сушки. Отличается тем, что, с целью повышения агрохимической эффективности удобрения, предварительно лигнинсодержащее вещество измельчают и модифицируют путем окисления перекисью водорода или хлорированием, отфильтровывают, промывают, а для его обработки используют насыщенный раствор, содержащий мочевиныаммофос и калийную селитру в массовом соотношении 4:4:3, или насыщенный раствор птичьего помета [178];

- способ получения органо-минерального удобрения, включающий измельчение угля и его аммонизацию при повышенной температуре. Отличается тем, что с целью увеличения производительности способа, при одновременном улучшении качества удобрения, измельчение угля ведут

до получения частиц размером 0,6-1 мм. Перед аммонизацией измельченный уголь смешивают с водой в массовом соотношении 1:(1-1,3) и полученную пульпу вакуумируют до остаточного давления 60-80 мм рт. ст., а аммонизацию осуществляют газообразным аммиаком путем введения его в вакуумированную пульпу со скоростью $18-20 \text{ м}^3 \text{ NH}_3 : 1 \text{ м}^3 \text{ H}_2\text{O}$ в минуту до достижения pH 7,2-7,4 [179];

- способ получения органо-минерального удобрения, включающий послойную укладку органических наполнителей навозной жижи и минеральных компонентов в штабель и последующее компостирование. Отличается тем, что, с целью повышения агрохимической эффективности удобрения, в качестве органических наполнителей используют земляной ил или сапропель, соломенную сечку и траву сорных растений, а в качестве минеральных компонентов – суперфосфат и хлорную известь при следующем соотношении компонентов мас. %: земляной ил или сапропель 34-42, соломенная сечка 8-13, навозная жижа 34-42, суперфосфат 8-13, хлорная известь 0,4-0,6 %, причем компостирование ведут в течение 1,5-2 месяцев при аэрации, которую осуществляют путем щелевания компостируемой массы на всю глубину штабеля через 10-15 суток после начала компостирования, а затем через 20-30 суток после первого щелевания [180];

- способ получения компоста, включающий пропитку навозной жижей измельченной соломы. Отличается тем, что, с целью ускорения созревания массы путем оптимизации гранулометрического состава компоста, солому предварительно перемешивают с гидролизным, нейтрализованным доломитовой пылью, лигнином и активным илом осадка городских сточных вод в соотношении лигнин (ил) солома 1:0,04-0,08:0,6-1 [181];

- способ приготовления удобрительно-мелиорирующей смеси на основе карбонатного сапропеля [182].

2.3 Комплексная мелиорация

Как уже неоднократно подчеркивалось учеными мелиораторами, при рассмотрении агробиологического и химического приемов, мелиорация

солонцовых почв, включающая не один, а совокупность разных способов мелиоративного воздействия в сочетании с правильно подобранной системой земледелия, приводит к гораздо более эффективному их улучшению [89, 121, 125, 142, 143, 158, 183-186 и др.].

Как выяснилось, мелиоративные обработки в чистом виде эффективны при мелиорации мало- и средненатриевых солонцов с достаточными для мелиорации запасами гипса или карбонатов и достаточно мощным гумусовым горизонтом. Химическая мелиорация как самостоятельный прием с наибольшей отдачей может быть применена в условиях орошения и захватывает в основном верхний 0-30 см слой почвы. Но на орошаемых землях типичных солонцов в чистом виде практически нет, они в той или иной мере трансформировались и составляют сложные комплексы с зональными почвами. Поэтому осваивать их нужно, используя комплексный подход и воздействуя одновременно на все неблагоприятные свойства. При этом химическая мелиорация способствует нормализации реакции почвенной среды и снижению солонцеватости в верхних горизонтах почвы. Проведение глубоких обработок запускает процесс «мелиорации» в подпахотные горизонты, ликвидируя переизбыток натрия, специально подобранная система земледелия позволяет закрепить достигнутые улучшения.

Комплексный метод необходим в первую очередь на высокомало-гипсовых сульфатно-хлоридных, хлоридно-сульфатных и сульфатных солонцах, у которых запасы гипса в слое 0-40 см недостаточны для вытеснения обменного натрия из солонцового горизонта. При мелиорации безгипсовых и глубокогогипсовых солонцов с использованием запасов карбонатов кальция почвы комплексная мелиорация – единственный способ достичь улучшения. Здесь орошение с внесением химических мелиорантов в сочетании с глубокой обработкой обеспечивает сдвиг реакции почвенной среды в нейтральную сторону, что способствует лучшей растворимости карбонатов. К тому же происходит вынос из почвы нейтральных солей, включая вторичные, и большей части щелочных продуктов обменных реакций [187, 188]. В этом случае предпочтение отдается кислым мелиоран-

там [20]. Такие процессы на фоне мелиоративных обработок, разрушающих плотный солонцовый горизонт, способствуют повышению плодородия солонцов.

В Ростовской области комплексный метод мелиорации показал свою эффективность в опытах, проведенных на южных террасовых черноземах в комплексе с солонцами, занимающими более 50 % территории на Пролетарской рисовой оросительной системе. При внесении глиногипса в сочетании с навозом и проведении трехъярусных вспашек было отмечено быстрое (уже через 2 года) полное рассолонцевание верхнего слоя, в слое 0-40 см уменьшилось содержание обменного магния на 15-17 %, а кальция соответственно увеличилось. Навоз усилил мелиорирующий эффект глиногипса, и если исходная почва в слое 0-40 см содержала 13-35 % натрия, то после двух лет проведения исследований его количество снизилось до 4,2-13 % от суммы обменных оснований [90].

Проведение комплексной мелиорации на этих же почвах с применением сочетаний фосфогипса с навозом на фоне глубокого рыхления привело к еще более быстрому улучшению почвенных показателей южных черноземов. Уже в первый год освоения они приобрели нейтральную реакцию, снизилась щелочность, ППК обогатился кальцием. На 4 год освоения признаков восстановления негативных процессов не обнаруживалось [189].

Лугово-степные солонцы, составляющие комплекс с южными черноземами Пролетарской оросительной системы, осваивались с применением трехъярусной обработки и внесением сочетаний навоза с фосфогипсом. Благодаря этим мероприятиям произошло значительное улучшение водно-физических свойств: плотность снизилась до уровня свежеспаханной, коэффициент дисперсности сократился более чем в 2 раза. На фоне этого отмечается существенное снижение солонцеватости (с 20-24 % от ППК до 8-9 %), внесение дополнительной органики восполняет потери гумуса, которые происходят в процессе мелиоративной обработки и освоения орошаемых земель [132].

Установлено, что комплексная мелиорация (внесение фосфогипса и навоза + мелиоративная обработка) повышает плодородие слоя 0-40...0-45 см. Наиболее эффективными по мелиорирующему эффекту являются сочетания 10 Ф + 20 Н и 10 Ф + 40 Н с последующим проведением мелиоративной обработки плугом ПЯС-4-35. Солонцеватость в 0-40 см слое почв на этих вариантах снизилась соответственно на 70 % и 60 %, щелочность не отмечалась, почвы разуплотнились по всему мелиорируемому профилю до $1,25 \text{ т/м}^3$, а содержание гумуса к 4 году последствия увеличилось на 22 %. На 4 год восстановления неблагоприятных свойств не отмечалось [190].

Как уже отмечалось выше, земли, деградировавшие в результате поливов водой плохого качества, возможно улучшить химическим методом, но комплексная мелиорация позволяет увеличить промелиорированный слой с 35-40 см до 50-55 см [191, 192]. Результаты полевых опытов показали, что глубокое рыхление на фоне сочетаний мелиорантов с навозом в большей степени способствовало улучшению физических, химических и агрохимических свойств обыкновенных черноземов, чем химическая мелиорация [193-195]. Перспективным комплексным методом мелиорации является способ ротационной обработки почвы на глубину 30-60 см при одновременном внесении в этот слой фосфогипса [121].

Комплексный подход к мелиорации солонцов доказал свою высокую эффективность во многих регионах России. В Грузии разработана эффективная технология мелиорации степных солонцов (содержание обменного натрия 20-30 % от емкости поглощения) в условиях орошения, которая включает планировку поверхности, внесение гжи (из расчета 1,5 нормы по обменному Na) совместно с органическими и минеральными удобрениями (60 т/га навоза и $\text{N}_{90}\text{P}_{80}$), трехъярусную вспашку плугом ПТН-40, полив высокими нормами. Здесь же эффективным комплексом мероприятий стало проведение трехъярусной вспашки с внесением гипса на фоне орошения и применения минеральных удобрений. Полив высокими нор-

мами ускоряет рассолонцевание почв и способствует получению высоких урожаев [196].

В Поволжье было доказано, что наиболее эффективным и перспективным комплексным методом мелиорации орошаемых солонцов, сформированных на кремнеземистых породах, залегающих за первым метровым слоем, является одновременное внесение в сухом виде гипса и сернокислого железа половинными от расчетной дозами на фоне органоминеральных удобрений, дифференцированной обработки почвы и оптимизации режимов орошения [186].

Исследованиями Почвенного института имени В. В. Докучаева для орошаемых условий доказана необходимость создания однородного по площади пахотного слоя солонцовых почв, которое достигается комплексом приемов: планировкой полей с сохранением гумусового слоя путем буртования, мелиоративной вспашкой (ярусная или плантажная), химической мелиорацией, внесением повышенных норм минеральных и органических удобрений, сидерацией полей [12].

В Казахстане применяют следующую технологию комплексной мелиорации высококарбонатных глубокогипсовых средненатриевых солонцов: внесение фосфогипса разбрасывателями удобрений, вспашка ПЯС-1,4 на глубину 35-40 см, разделка пласта тяжелой дисковой бороной [197].

В Молдавском институте почвоведения и агрохимии имени Н. А. Димо применили агромелиоративный комплекс для черноземных солонцов, включающий гипсование (12-16 т/га), внесение навоза (40-60 т/га) и мелиоративную обработку (на глубину 40-45 см) на фоне специальных солесбросных лунок (дренаж). Эффективность такого комплекса приемов была отмечена в течение 12 лет. По продуктивности солонцы выравниваются с черноземами комплекса (26-28 ц/га зерн. ед.) [199].

Кроме того, некоторые ученые полагают, что комплексная мелиорация является эффективным средством устранения последствий несовершенства имеющихся плугов для плантажной и трехъярусной обработок (выноса на поверхность части материала солонцового горизонта).

По их словам, для предотвращения появления почвенной корки и улучшения условий развития растений мелиоративную обработку целесообразно сочетать с последующим внесением небольших норм гипса [47, 199, 200]. Следует полагать, что мелиоративные обработки можно проводить в комплексе и с другими мелиорантами.

В ДЗНИИСХ подтвердили эффективность трехъярусной и плантажной вспашки солонцовых почв с высоким залеганием кальциевых солей и заделки глиногипса теми же способами [201]. Восстановления солонцового горизонта не происходит. В полуметровом слое сохраняется рыхлое сложение с объемной массой $1,2 \text{ т/м}^3$ и общей порозностью 56 %, что обеспечивает большее накопление влаги, а также выщелачивание солей и продуктов физико-химического обмена кальция с ППК, в результате чего метровый слой становится практически незасоленным. Все эти изменения улучшили рост и развитие сельскохозяйственных растений и обеспечили прибавку урожая зерна в среднем за 2 года 4,1-5,6 ц/га и зеленой массы однолетних кормовых культур 6,2-7,8 ц/га.

Заслуживают внимание изобретения, которые позволяют комплексно мелиорировать солонцовые почвы. Они включают почвенное агро-мелиоративное обследование участка, составление проекта на мелиорацию, внесение химических мелиорантов, мелиоративные обработки, внесение минеральных удобрений, органики и т. д. [202, 203]. Единый подход в выборе приемов воспроизводства почвенного плодородия солонцовых почв при орошении наиболее полно изложен в рекомендациях ФГНУ «РосНИИПМ» [204].

Таким образом, комплексная мелиорация является мощным инструментом улучшения плодородия почв, подверженных природной солонцеватости, а также восстановления почвенных массивов, деградировавших в результате длительного орошения некачественной поливной водой.

Заключение

Проведенный научный аналитический обзор показывает, что за длительный период в сельском хозяйстве накоплен большой опыт по улучшению плодородия земель, имеющих те или иные неблагоприятные свойства. Выявлены эффективные способы восстановления плодородия осолонцованных земель, которые прошли широкомасштабную проверку как на разных типах и разновидностях таких почв, так и в разных регионах страны в различных природных условиях. Помимо российских, есть много и зарубежных наработок в этой области.

Часть солонцовых почв требует обработки специальными мелиоративными орудиями, другая часть – химического воздействия на неблагоприятные свойства, а на трудномелиорируемых многонатриевых солонцах необходимо проведение целого комплекса восстановительных мероприятий, включающих применение агротехники, внесение мелиорантов, обеспечение оптимального увлажнения в сочетании с последующим поддержанием почвенного плодородия.

Учитывая современное неблагоприятное состояние сельскохозяйственных угодий и трудное финансовое положение хозяйственников, нужно разрабатывать приемлемые комплексы мероприятий по поддержанию плодородия солонцовых почв, которые могут с наибольшим эффектом улучшить такие почвы и в то же время быть доступными для рядового хозяйственника. В этом смысле нужно больше внимания уделить удобрительно-мелиорирующим средствам (компостам и смесям), которые одновременно с мелиорирующим эффектом оказывают большое влияние на улучшение питательного режима почв, тем самым способствуют получению быстрой отдачи от вложенных средств.

Как показал научный обзор, многие отходы промышленности могут успешно применяться для мелиорации солонцовых почв, главное – найти их наиболее эффективное сочетание. Промышленные отходы, оставшиеся со времен широкого развития промышленности, а также отходы, получае-

мые в настоящее время, дают огромную базу для исследований. Для целей мелиорации из промышленных отходов сейчас целесообразно использовать фосфогипс, из местных минеральных залежей – глауконит. Разработанные ранее компосты с этими мелиорантами имеют в качестве удобрительной основы навоз КРС, который в настоящее время трудно рекомендовать как дешевое и повсеместно распространенное средство. Поэтому одной из основных задач является разработка новых удобрительно-мелиорирующих компостов на основе птичьего помета, так как птицеводство развивается почти во всех регионах России. На данный момент сотрудники РосНИИПМ и НГМА заняты поиском новых компонентов и созданием новых удобрительно-мелиорирующих средств, использование которых для мелиорации солонцовых почв дало положительные результаты [205-207].

Научный аналитический обзор позволит выбрать направление в разработке современных технологий комплексных мелиораций солонцовых почв в условиях орошения.

Список использованной литературы

- 1 Бондарев, А. Г. Изменение физических свойств и водного режима почв при орошении / А. Г. Бондарев // Проблемы почвоведения (Советские почвоведы к XII Международному конгрессу почвоведов): тез. докл. – М.: Наука, 1982. – С. 25-28.
- 2 Боровский, В. М. К повышению эффективности использования почвенных ресурсов / В. М. Боровский // Почвоведение. – 1982. – № 6. – С. 5-10.
- 3 Панов, Н. П. Актуальные проблемы повышения плодородия почв / Н. П. Панов // Земледелие. – 1982. – № 4. – С. 2-4.
- 4 Егоров, В. В. Причины устойчивости солонцовых свойств и обоснование мелиорации солонцов / В. В. Егоров // Почвоведение. – 1977. – № 7. – С. 8-12.
- 5 Рекомендации по мелиорации почв солонцовых комплексов Ростовской области в условиях орошения / Министерство мелиорации и водного хозяйства РСФСР. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, Южгипроводхоз, 1980. – 36 с.
- 6 Технология и технологические средства мелиорации солонцовых почв Ростовской области: рекомендации. – зерноград: ВНИПТИМЭСХ, НПО «Дон», 1987. – 37 с.
- 7 Докучаева, Л. М. Негативные процессы в орошаемых почвах и пути их устранения / Л. М. Докучаева, Н. С. Скуратов, Г. С. Кулинич // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 5. – С. 14-16.
- 8 Ковда, В. А. Проблемы использования и мелиорации степных земель / В. А. Ковда // Степные просторы. – 1980. – № 8. – С. 18-24.
- 9 Об ощелачивании и вторичном осолонцевании солонцовых почв Нижнего Дона и Правобережья Нижней Волги в условиях орошения и мерах борьбы с ними // Совершенствование инженерно-геологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных изысканий и исследований: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1983. – С. 35-42.

10 Шалашова, О. Ю. Изменение направленности почвенных процессов на орошаемых землях / О. Ю. Шалашова // Мелиорация антропогенных ландшафтов: межвуз. сб. науч. тр. / НГМА. – Новочеркасск, 2002. – Т. 16. – С. 137-151.

11 Зайдельман, Ф. Р. Современные проблемы мелиорации почв и пути их решения / Ф. Р. Зайдельман // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С. 16-23.

12 Зимовец, Б. А. Выравнивание свойств пахотного слоя почв сухостепной зоны в условиях орошения / Б. А. Зимовец // Физические и физико-механические свойства почв и их изменение при интенсификации земледелия: сб. науч. тр. / Почвенный институт им. В. В. Докучаева. – М., 1979. – С. 124-142.

13 Скуратов, Н. С. Особенности освоения почв солонцовых комплексов / Н. С. Скуратов, Г. С. Кулинич, Л. М. Докучаева // Повышение эффективности использования водных ресурсов в сельском хозяйстве: тез. конф. – Ч. III. – Новочеркасск, 1990. – С. 41-42.

14 Приходько, В. Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность / В. Е. Приходько. – М.: Интеллект, 1996. – 180 с.

15 Шалашова, О. Ю. Эффективность приемов повышения плодородия мелиоративно-неблагополучных земель в условиях орошения / О. Ю. Шалашова, Т. В. Митюшкина // Мелиорация антропогенных ландшафтов: межвуз. сб. науч. тр.: «Стабилизация и улучшение природно-технических систем». – Т. 18. – Новочеркасск, 2003. – С. 28-34.

16 Мелиоративный кадастр по состоянию на 01.01.2010 г. – М., 2010.

17 Николаева, С. А. Окислительно-восстановительное состояние периодически переувлажняемых черноземных почв / С. А. Николаева, Л. М. Еремина // Почвоведение. – 2005. – № 3. – С. 328-336.

18 Докучаева, Л. М. Выбор комплекса мероприятий для воспроизводства плодородия солонцовых почв в условиях орошения / Л. М. Доку-

чаева и др. // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005. – С. 260-268.

19 Минкин, М. Б. Изменение физико-химических свойств солонцов под влиянием мелиорации / М. Б. Минкин // Повышение продуктивности солонцовых земель на Северном Кавказе: сб. науч. тр. – Новочеркасск, 1975. – С. 60-63.

20 Рекомендации по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель Ростовской области / А. А. Попов, Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева; ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1982. – 50 с.

21 Новикова, А. В. Пригодность солонцовых почв под глубокую мелиоративную вспашку в связи с глубиной залегания в них карбонатов / А. В. Новикова, А. М. Пятакова // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв: сб. науч. тр. – Целиноград, 1982. – С. 48-55.

22 Пак, К. П. Солонцы СССР и пути повышения их плодородия / К. П. Пак. – М.: Колос, 1975. – 384 с.

23 Минкин, М. Б. Солонцы юго-востока Ростовской области / М. Б. Минкин, В. М. Бабушкин, П. А. Садименко. – Изд-во Ростовского университета, 1980. – 272 с.

24 Кирюшин, В. И. Солонцы и их мелиорация / В. И. Кирюшин. – Алма-Ата: Кайнар, 1976. – 175 с.

25 Скуратов, Н. С. Ощелачивание почв под влиянием орошения и пути его устранения / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева // Вопросы мелиоративного состояния орошаемых земель и использования водных ресурсов Северного Кавказа: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1983. – С. 23-28.

26 Полуэктов, Е. В. Водопроницаемость и эрозия почв: учеб. пособие / Е. В. Полуэктов, В. В. Турулёв. – Новочеркасск, 1994. – 126 с.

27 Жаринов, Е. М. Эффект щелевания при орошении / Е. М. Жаринов, Е. П. Боровой // Земледелие. – 1991. – № 5. – С. 65-67.

28 Технология по мелиорации и возделыванию сельскохозяйственных культур на солонцовых почвах Северного Кавказа / В. М. Бабушкин [и др.]; под ред. В. М. Бабушкин. – М., 1990. – 58 с.

29 Калиниченко, В. П. Управление последствием мелиоративного процесса на каштановых солонцовых комплексных почвах в звене севооборота / В. П. Калиниченко, Н. А. Морковский // Проблемы рационального землепользования в степной зоне: сб. науч. тр. / НИМИ. – Новочеркасск, 1992. – С. 37-43.

30 Сравнительная эффективность приемов основной обработки солонцовых почв по их влиянию на урожайность ячменя в условиях аридного земледелия Нижнего Поволжья / Проблемы социально-экономического развития аридных территорий России / В. П. Зволинский [и др.]; под ред. В. П. Зволинского. – М.: Современные тетради, 2001. – 424 с.

31 Максименко, В. П. Объемное рыхление маломощных черноземов в условиях орошаемого земледелия / В. П. Максименко, Г. В. Шалина, С. А. Ешенкулов // Перспективные способы и технологии орошаемых земель: сб. науч. тр. – М., 1984. – С. 45-52.

32 Временные рекомендации по проведению глубокого рыхления уплотненных и засоленных почв на Северном Кавказе / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1986. – 13 с.

33 Влияние глубокого рыхления на водно-физические свойства почв на орошаемых землях Верхне-Сальской обводнительно-оросительной системы / В. А. Галкина, В. Ю. Макаров, В. А. Назаренко, Т. В. Галкина // Мелиорация антропогенных ландшафтов: сб. науч. тр. / НГМА. – Новочеркасск, 1999. – С. 42-50.

34 Скуратов, Н. С. Экологические предпосылки мелиоративных работ орошаемых земель / Н. С. Скуратов, Н. А. Иванова, С. П. Лунев //

Экологические аспекты мелиоративного строительства: сб. науч. тр. / ГУ «Южгипроводхоз». – Ростов-н/Д, 1990. – С. 44-52.

35 Рекомендации по глубокому рыхлению почв на орошаемых землях / ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. – М., 1986. – 39 с.

36 Макарова, В. С. Эффективность мелиоративного глубокого рыхления почв в Куйбышевском Заволжье / В. С. Макарова // Гидрогеолого-мелиоративное состояние орошаемых и осушаемых земель и мероприятия по борьбе с засолением и заболачиванием почв: тез. докл. 5 Всесоюз. совещ. по мелиор.-гидрогеол., инж.-геол. и мелиор. почвовед., Новая Каховка, 18-21 сентября 1984 г. – М., 1984. – Ч. II. – С. 119-122.

37 Березин, Л. В. Опыт мелиорации солонцов в Западной Сибири / Л. В. Березин // Земледелие. – 1981. – № 1. – С. 41-43.

38 Беленков, А. И. Научно-производственные аспекты полевых севооборотов и основной обработки светло-каштановых почв в сухой и полупустынной степи Нижнего Поволжья / А. И. Беленков // Проблемы социально-экономического развития аридных территорий России: сб. науч. тр. – М.: Современные тетради, 2001. – 424 с.

39 Мелиоративные приемы улучшения солонцовых почв / Л. М. Докучаева [и др.] // Мелиоративное состояние орошаемых земель и использование водных ресурсов: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1986. – С. 3-14.

40 Усанина, Т. В. Динамика почвенных показателей солонцов при обработке плугами различных конструкций / Т. В. Усанина // Совершенствование рабочих органов машин, технологии и организации производства работ в АПК: тез. докл. межвуз. науч.-пр. сем. / НИМИ. – Новочеркасск, 2003. – С. 47-48.

41 Мигуцкий, А. С. Приемы освоения солонцов / А. С. Мигуцкий, Л. В. Березин, Р. Д. Зубарева // Мелиорация и урожай. – Омск: Западно-Сибирское кн. изд-во, Омское отд., 1977. – С. 24-31.

42 Елецкий, В. И. Влияние различных способов мелиорации на свойства солонцов и урожай люцерны при орошении: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Елецкий В. И. – Новочеркасск, 1974. – 23 с.

43 Скуратов, Н. С. Пути повышения плодородия солонцовых почв в условиях Пролетарской рисовой системы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Скуратов Николай Семенович. – Новочеркасск, 1975. – 23 с.

44 Рекомендации и технологии механизированных работ по мелиорации солонцовых почв в Северо-Кавказском р-не / В. М. Бабушкин [и др.]; под ред. В. М. Бабушкина. – Ростов-н/Д, 1976. – 34 с.

45 Ильинский, Н. Н. Солонцам – плодородие / Н. Н. Ильинский [и др.]. – Ростов-н/Д, 1974. – 72 с.

46 Беликова, С. В. Влияние мелиоративной обработки на повышение плодородия солонцов засушливой зоны Ставрополья / С. В. Беликова // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв: сб. науч. тр. / ВНИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1980. – С. 47-48.

47 Кирюшин, В. И. Эффективность метода самомелиорации средне-натриевых солонцов в черноземной зоне Казахстана / В. И. Кирюшин, А. И. Еськов // Труды ВНИИ зернового хозяйства: науч.-техн. бюл. / Целиноград, 1980. – Вып. 22. – С. 23-35.

48 Дубачинская, Н. Н. Эффективность различных приемов обработки каштановых солонцов Кустанайской области / Н. Н. Дубачинская // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв: сб. науч. тр. / ВНИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1980. – С. 51.

49 Уваров, В. И. Влияние разных способов обработок на плодородие слитых почв Краснодарского края / В. И. Уваров, А. И. Иотов // Почвоведение. – 1983. – № 7. – С. 69-80.

50 Еськов, А. И. Агромелиоративное обоснование механических обработок солонцов / А. И. Еськов. – Целиноград. с.-х. ин-т, 1987. – 25 с. – Деп. рукопись.

51 Елецкий, В. И. Мелиорация старопахотных и целинных солонцов / В. И. Елецкий // Земледелие. – 1981. – № 5. – С. 54-56.

52 Эффективность последствий ярусной вспашки степных солонцов: рекомендации / под ред. И. Ф. Поротикова; НИИСХ ЦЧП. – М., 1978. – 80 с.

53 Слуцкий, Е. Е. Способы основной обработки каштаново-солонцовых комплексов под яровой ячмень в Ростовской обл.: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Слуцкий Е. Е. – Крым, 1975. – 167 с.

54 Lavado, R. S. Solonetzic soil properties and yields of wheat, oats and barley as affected by deep plowing and ripping / R. S. Lavado, R. R. Cairns // Soil and Tillage Research. – 1980. – № 1. – P. 69-79.

55 Данилова, Е. А. Действие мелиоративных вспашек на физические свойства и плодородие солонцовых комплексов Заволжья / Е. А. Данилова, А. М. Пластов, М. С. Пластова // Сборник научных работ Саратовского сельскохозяйственного института / СГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 1978. – С. 80-90.

56 Баранов, А. И. Оценка эффективности различных методов мелиорации солонцов в зоне сухих степей / А. И. Баранов // Плодородие. – 2009. – № 2. – С. 41-42.

57 Сеницына, Н. Е. Мелиоративные приемы и качественный состав гумуса солонцов Заволжья / Н. Е. Сеницына // Рац. использ. почв Саратов. обл. – Саратов, 1987. – С. 164-170.

58 Сдобников, С. С. Новое в теории и практике обработки почв / С. С. Сдобников // Земледелие. – 2000. – № 2. – С. 6-12.

59 Природоохранная почвенно-мелиоративная агротехника / В. П. Калиниченко [и др.] // Пути повышения эффективности орошаемого

земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: «Геликон», 2008. – Вып. 39. – Ч. II. – С. 28-30.

60 Долговременное управление плодородием тяжелых почв с элювиально-иллювиальным устройством почвенного плодородия / В. П. Калинин [и др.] // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: «Геликон», 2009. – Вып. 41. – С. 100-111.

61 Еськов, А. И. Технология мелиорации и машины для обработки солонцовых почв / А. И. Еськов, Н. Г. Поликутин, В. Ф. Скобликов // Земледелие. – 1991. – № 11. – С. 59-62.

62 Возделывание трав-мелиорантов преобразует солонцы / В. Н. Масюта [и др.] // Земледелие. – 1992. – № 1. – С. 21-23.

63 Мелиорирующее влияние многолетних трав при окультуривании солонцов / Е. Рябцев [и др.] // Главный агроном. – 2009. – № 5. – С. 17-18.

64 Кравцов, В. В. Пырей – фитомелиорант солонцов / В. В. Кравцов // Земледелие. – 1992. – № 1. – С. 25-29.

65 Докучаева, Л. М. Изменение черноземов при орошении водой неблагоприятного состава / Л. М. Докучаева, Н. С. Скуратов, М. Е. Сыпко // Предотвращение негативных последствий при орошении почв Сибири: тез. докл. науч. конф., г. Абакан, 10-12 августа 1988 г. – Абакан, 1989. – С. 13-14.

66 Скуратов, Н. С. Мелиорация орошаемых солонцов / Н. С. Скуратов, Г. С. Кулинич, Л. М. Докучаева // Мелиорация орошаемых солонцов: тез. докл. VIII Всесоюз. съезда почвоведов. – Новосибирск, 1989. – С. 80-82.

67 Шалашова, О. Ю. Изменение направленности почвенных процессов на орошаемых землях / О. Ю. Шалашова // Мелиорация антропогенных ландшафтов: межвуз. сб. науч. тр., НГМА. – Т. 16. – Новочеркасск, 2002. – С. 44-59.

68 Скуратов, Н. С. Прогноз динамики изменения плодородия орошаемых земель / Н. С. Скуратов, О. Ю. Шалашова, В. Д. Гостищев // Мелиорация антропогенных ландшафтов: межвуз. сб. науч. тр., НГМА. – Т. 16. – Новочеркасск, 2002. – С. 29-35.

69 Прасолов, Л. И. О солонцеватых каштановых почвах Ергеней и о методике определения солонцеватости / Л. И. Прасолов, И. Н. Антипов-Каратаев // Труды Почв. ин-та АН СССР. – Вып. 3-4. – 1930. – С. 161-206.

70 Сушко, С. Я. Роль поглощенного магния в образовании солонцовых свойств в почвах / С. Я. Сушко // Химизация соц. земледелия. – 1933. – № 3. – С. 217-220.

71 Kelley, W. P. The reclamation of alkali soils / W. P. Kelley // Calif. Agric. Exper. Stat. Bull. 617. – 1937. – № 385. – P. 40.

72 Ellis, J. H. Magnesium clay “solonetz” / J. H. Ellis, O. C. Goldwell (Univers. of Manitoba, Canada) // Transact. of the 3d Intern. Congress of Soil Sci., London, 1955. – V. 1. – P. 348-350.

73 Kreybig, L. O. Vorkommen, Eigenschaften und wirtschaftlicher Wert von Magnesia- und Kaliböden in Ungarn / L. O. Kreybig // Transact. of the 3d Intern. Congress of Soil Sci., 1935. – V. 1. – P. 27-32.

74 Мамаева, Л. Я. Влияние обменных катионов на структурно-механические свойства почв и грунтов / Л. Я. Мамаева // Коллоидный журнал. – Т. 21. – Вып. 21. – 1959. – С. 200-207.

75 Bayer, L. D. Colloidal properties of soil organic matter / L. D. Bayer, N. S. Hall // Agric. Exper. Station. – Bull. 267. – 1937. – PP. 16-28.

76 Puri, A. N. Soil, their physica and chemistry / A. N. Puri. – New York, 1949. – 550 p.

77 Панов, Н. П. К вопросу о факторах, определяющих неблагоприятные свойства малонатриевых солонцов / Н. П. Панов, Н. А. Гончарова // Мелиорация солонцов: сб. науч. тр. – М., 1972. – Ч. 1. – С. 56-66.

78 Рыбина, В. В. Изменение микроагрегатного состава почв солонцового комплекса Заволжья под влиянием орошения и гипсования / В. В. Рыбина, Л. В. Рыжова // Почвоведение. – 1981. – № 7. – С. 88-94.

79 Яковлева, Н. А. Влияние орошения с внесением гипса на рассолонцевание, рассоление и питательный режим солончаковых солонцов Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Яковлева Н. А. – М.: ВНИИГиМ, 1980. – 24 с.

80 Семендяева, Н. В. Плодородие солонцов Барабинской низменности при одноразовом внесении гипса / Н. В. Семендяева, Е. А. Куп // Плодородие. – 2010. – № 7. – С. 30-32.

81 Березин, Л. В. Целесообразность повторного гипсования и известкования малоплодородных почв Западной Сибири / Л. В. Березин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 16-17.

82 Попов, А. А. О вторичном осолонцевании и содовом засолении хлоридных солонцов при орошении / А. А. Попов, Н. И. Червонец, А. Ал. Попов // Почвоведение. – 1981. – № 1. – С. 118-125.

83 Семендяева, Н. В. Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири / Н. В. Семендяева. – Новосибирск, 2005. – 154 с.

84 Гончарова, Н. А. Пути повышения плодородия малонатриевых солонцов / Н. А. Гончарова // Вопросы теории и практики повышения плодородия почв. – М.: ВАСХНИЛ, 1981. – С. 62-64.

85 Широков, Б. Г. Некоторые проблемы освоения солонцов / Б. Г. Широков // Мелиорация солонцов в условиях орошения Нижнего Поволжья / Всероссийский НИИ орошаемого земледелия. – Волгоград, 1979. – С. 3-8.

86 Лазарчук, Н. А. Внесение гипса на содовых солонцах при орошении / Н. А. Лазарчук // Почвоведение. – 1980. – № 6. – С. 75-77.

87 Воропаева, З. И. Особенности мелиорации в лесостепной зоне Западной Сибири / З. И. Воропаева, А. И. Парфенов // Итоги и направления

научных исследований по рассолению и освоению тяжелых почв в аридной зоне / СоюзНИХИ, САНИИРИ, АН УзССР. – Ташкент, 1980. – С. 101-105.

88 Oster, J. D. Gypsum usage in irrigated agriculture / J. D. Oster // Fertilizer Research. – 1982. – V. 3. – № 1. – P. 73-89.

89 Скуратов, Н. С. К проблеме повышения плодородия орошаемых земель / Н. С. Скуратов // Мелиорация солонцовых и засоленных земель Северного Кавказа: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1981. – С. 3-6.

90 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.

91 Райков, Л. Химична мелиорация на солонците / Л. Райков, Я. Кавърджиев // Селскостопанска Наука. – Т. 19. – 1981. – № 5. – С. 41-46.

92 Цуриков, А. Т. Практические рекомендации по мелиорации солонцовых почв ЦЧП / А. Т. Цуриков, К. Д. Кирпиченко, В. В. Кирпиченко // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв / ВНИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1980. – С. 86-87.

93 Троший, А. И. Действие минеральных удобрений на свойства почв и урожай сельскохозяйственных культур / А. И. Троший // Сборник научных трудов Воронежского сельскохозяйственного института. – Воронеж, 1980. – Т. 110. – С. 124-129.

94 Чен, Н. Г. Использование дефеката в сочетании с азотной и фосфорной кислотами для повышения плодородия солонцов / Н. Г. Чен, В. К. Котти // Сборник научных трудов Ставропольского сельскохозяйственного института. – Ставрополь, 1980. – Т. 1. – Вып. 42. – С. 6-9.

95 Цыганов, М. С. Природа солонцеватости почв и влияние ее на состав поглощенных катионов и возможности применения кальцийсодержащих мелиорантов / М. С. Цыганов // Тезисы докладов VI делегации съезда Всесоюзного общества почвоведов / Грузинский НИИ почвоведения, агрохимии и мелиорации. – Тбилиси, 1981. – С. 122-123.

96 Аханов, Ж. У. Опыт мелиорации содово-засоленных солонцовых почв Таш-Уткульского массива орошения / Ж. У. Аханов, В. М. Кан, К. З. Бакенов // Тезисы докладов VI делегации съезда Всесоюзного общества почвоведов / Грузинский НИИ почвоведения, агрохимии и мелиорации. – Тбилиси, 1981. – Кн. 5. – С. 96-97.

97 Грабовский, Н. П. Влияние комплексной мелиорации на физико-химические процессы в содовых солонцах и урожай сельскохозяйственных культур / Н. П. Грабовский, Л. Н. Шередеко // Охрана, изучение и обогащение растительного мира: Респуб. межведом. науч. сб. – К.: Изд-во при Киевском государственном ун-те издательского объединения «Вища школа», 1981. – Вып. 8. – С. 3-11.

98 Алмаев, Е. Н. Мелиорация солонцов сернокислотными нефтеотходами / Е. Н. Алмаев, Н. Е. Акулов // Земледелие. – 1981. – № 2. – С. 45-46.

99 Химическая мелиорация солонцов в степной зоне Казахстана / В. И. Кирюшин [и др.] // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв / ВНИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1980. – С. 77-79.

100 Панов, Н. П. Теоретические основы и опыт кислования солонцовых почв / Н. П. Панов, И. Г. Цюрупа // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1980. – № 5. – С. 36-41.

101 Follet, R. H. Fertilizers and soil amendments. Prentice-Hall, Inc., Englewood cliffs / R. H. Follet, L. S. Murphy, R. L. Donahue. – USA: New Jersey, 1981. – 557 p.

102 McCready, R. G. L. Bacterial oxidation of sulfur as a means of reclaiming solonchic soil / R. G. L. McCready // Solonchic Soils in Alberta (A Progress Report Alberta solonchic soils working group). – Edmonton: Alberta, 1982. – P. 13-31.

103 Reclaim alkaline soils with rice / Western Hay and Grain Grower, September. – 1981. – P. 6, 26.

104 Stroehlein, J. L. pH control on alkaline soils / J. L. Stroehlein // Solution. – 1980. – v. 24. – № 3. – P. 81-91.

105 Сыпко, М. Е. К вопросу о мелиоративной эффективности терриконовой породы / М. Е. Сыпко, Л. М. Докучаева // Мелиорация орошаемых земель и использование водных ресурсов: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1988. – С. 15-25.

106 Результаты экспериментальных исследований по мелиорации и освоению засоленных земель восточной части Грузии / Ч. Г. Мурванидзе [и др.] // Тезисы юбилейной конференции, посвященной 50-летию основания ГрузНИИГиМ / ГрузНИИГиМ. – Тбилиси, 1979. – С. 71-79.

107 Симонов, В. М. Результаты рассолонцевания содовых солонцов Алазанской долины применением кальциевой селитры / В. М. Симонов // Вопросы гидромелиорации в Грузии: тр. ГрузНИИГиМ / ГрузНИИГиМ. – Тбилиси, 1977. – Вып. 4. – С. 84-88.

108 Cairns, R. R. Calcium nitrate compared with ammonium nitrate as a fertilizer and amendment for solonchic soils / R. R. Cairns, R. S. Lavado, G. R. Webster // Canadian Journal of Soil Science . – 1980. – № 3. – V 60. – P. 587-589.

109 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]; под ред. Н. С. Скуратова. – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2005. – 180 с.

110 Колесниченко, В. Т. Отходы гидролизных и целлюлозных заводов как удобрения / В. Т. Колесниченко, И. Н. Рынкс, Л. В. Помазкина // Агрохимия. – 1977. – № 12. – С. 133-134.

111 Исследование влияния отходов углеобогащения (породы и флотхвостов), используемых для строительства гидротехнических сооружений и в качестве удобрений, на гидробиологические и гидрохимические показатели поверхностных вод / под ред. А. Н. Крайнюковой; ВНИИВО, 1979. – 65 с.

112 Использование осадка очистных сооружений в качестве удобрений / под ред. А. А. Каликинского; БСХА, 1974. – 30 с.

113 Довгопол, В. И. Использование шлаков черной металлургии в земледелии / В. И. Довгопол, С. Н. Васильева, Р. А. Менаджиева // Химия в сельском хозяйстве. – 1977. – № 3. – С. 11-14.

114 Эффективность шлама «Белого моря» Славянского содового комбината для химической мелиорации почв Украины / А. М. Гринченко [и др.] // Тр. Харьков. с.-х. ин-та, 1974. – С. 33-39.

115 Ширинов, И. Н. Комбинированное применение гажи и минеральных кислот для мелиорации тяжелых засоленных и природно-солонцеватых почв / И. Н. Ширинов // Вестник с.-х. науки. – 1979. – № 5. – С. 81-84.

116 Ajore Ram Utilization of lac mud for the reclamation of alkali soils / Ram Ajore, B. P. Sahi, H. K. Roy // «Beitr. trop. Landwirt und Veterinarmed». – 1973. – № 1. – С. 53-60.

117 Rose Gerhard Zur Verwertung zerkleinerter Glasabfalle als Dungerbzw / Gerhard Rose // Melirationsmittel «Forum-Stadte-Hyh». – 1977. – № 10. – С. 281-282.

118 Кальцийсодержащие отходы промышленности, краткая характеристика, годовой вывоз и запасы / Госагропром РСФСР, ВНИПТИХИМ. – М., 1987. – 30 с.

119 Любимова И. Н. Влияние потенциально-опасных химических элементов, содержащихся в фосфогипсе на окружающую среду / И. Н. Любимова, Т. И. Борисочкина. – М., 2007. – 47 с.

120 Новый мелиорант для химической мелиорации кислых и солонцовых почв / МСХ СССР, ВДНХ СССР. – М.: Союзсельхозхимия, 1981. – 3 с.

121 Эколого-рекреационный рециклинг фосфогипса в черноземе на примере Краснодарского края / Н. И. Мищенко [и др.] // Плодородие. – 2009. – № 6. – С. 25-26.

122 Мушинский, А. С. Мелиорирующие средства и органические удобрения на основе различных отходов / А. С. Мушинский, И. А. Быкова // Вестник РАСХН. – 2003. – № 2. – С. 19-23.

123 Федоткин, В. А. Последствие фосфогипса на химические свойства луговых солонцов / В. А. Федоткин, Л. Н. Скипин, С. А. Гузеева // Плодородие. – 2007. – № 2. – С. 15-16.

124 Березин, Л. В. Актуальные проблемы использования мелиорируемых земель в Западной Сибири / Л. В. Березин, А. М. Семененко, И. А. Проценко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. – С. 14-17.

125 Скуратов, Н. С. Химическая мелиорация орошаемых почв и их охрана / Н. С. Скуратов, Г. С. Кулинич, Л. М. Докучаева // Экологические аспекты мелиоративного строительства / Южгипроводхоз. – Ростов н/Д: Южгипроводхоз, 1990. – С. 52-58.

126 Науменко, З. С. К вопросу применения фосфогипса для мелиорации малонатриевых солонцов при орошении / З. С. Науменко // Мелиорация солонцов и засоленных земель Северного Кавказа. – Новочеркасск: ЮжНИИГиМ, 1981. – С. 34-38.

127 Скуратов, Н. С. Проблемы оптимизации плодородия почв Ростовской области / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, Г. С. Кулинич, В. И. Корниенко, М. Е. Сыпко // Экологические и экономические аспекты мелиорации. – 1988. – Т. 3. – Таллинн: АН ЭССР. – С. 126-130.

128 Перспективы применения органо-минеральных смесей на орошаемых землях: Рекламный проспект / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1987. – 2 с.

129 Панов, Н. П. Влияние химических мелиорантов в комплексе с бесподстилочным навозом на физические и водно-физические свойства солонцовых почв Заволжья / Н. П. Панов, Н. А. Гончарова, В. Ф. Гайсин // Современные процессы почвообразования и их регулирование в условиях интенсивной системы земледелия. – М., 1985. – С. 47-54.

130 Карасенко, Л. М. Влияние химических мелиорантов на микрофлору орошаемых солонцовых почв / Л. М. Карасенко // Проблемы диагностики и мелиорации солонцов: сб. науч. ст. / НИМИ. – Новочеркасск, 1983. – С. 165-172.

131 Скуратов, А. Н. Агромелиоративные приемы ликвидации неблагоприятных свойств южных черноземов / А. Н. Скуратов // Мелиорация антропогенных ландшафтов: сб. науч. тр. / НГМА. – Новочеркасск, 1999. – Т. 7. – С. 99-104.

132 Усанина, Т. В. Влияние мелиораций на комплексность почвенного покрова / Т. В. Усанина, О. Ю. Шалашова // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – № 13(05). – С. 73-79.

133 Скуратов, Н. С. Использование и охрана орошаемых черноземов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – М., 2001. – 246 с.

134 Тюльпанов, В. И. Влияние химической мелиорации на плодородие черноземных лугово-степных солончаковатых солонцов / В. И. Тюльпанов [и др.] / Труды Ставропольского сельскохозяйственного института. – Ставрополь, 1980. – Т. 1. – Вып. 42. – С. 47-49.

135 Борздов, В. С. И плодородие, и урожай / В. С. Борздов, Л. Н. Петров // Земледелие. – 1982. – № 4. – С. 11-12.

136 Мигуцкий, А. С. Мелиорация солонцовых почв лесостепи Западной Сибири / А. С. Мигуцкий, А. И. Парфенов // Тезисы докладов VI делегации съезда Всесоюзного общества почвоведов / Грузинский НИИ почвоведения, агрохимии, и мелиорации. – Тбилиси, 1981. – Кн. 5. – С. 110-111.

137 Бородин, А. И. Перспективы применения фосфогипса в Тюменской области / А. И. Бородин // Земледелие. – 1981. – № 10. – С. 49-50.

138 Эффективность фосфогипса при орошении минерализованными водами / Ю. Е. Кизякова [и др.] // Химия и сельское хозяйство. – 1987. – № 3. – С. 23-29.

139 Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск. – 2000. – 86 с.

140 Тарасенко, Н. М. Эффективность мела и гипса с удобрениями на солонцеватых черноземах / Н. М. Тарасенко // Земледелие. – 2003. – № 1. – С. 10-11.

141 Градобоева, В. Ф. Действие серной кислоты на свойства средне-натриевого лугово-черноземного солонца / В. Ф. Градобоева, Л. Н. Мищенко // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв / ВНИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1980. – С. 94-96.

142 Петросян, Г. П. Основные результаты исследований по химической мелиорации засоленных почв Армении / Г. П. Петросян // Вопросы теории и практики повышения плодородия почв. – М.: ВАСХНИЛ, 1981. – С. 35-39.

143 Петросян, Г. П. Улучшение агрохимических свойств солонцов-солончаков Араратской равнины при химической мелиорации / Г. П. Петросян // Доклады ВАСХНИЛ. – 1982. – № 1. – С. 9-11.

144 Еремченко, О. З. Мелиоративные приемы и гумусовое состояние луговых солонцов / О. З. Еремченко, Е. Е. Одегова // Земледелие. – 1991. – № 2. – С. 43-44.

145 Алиев, Р. О. Комплексная мелиорация земель Кура-Араксинской низменности / Р. О. Алиев, Т. А. Эфендиев, С. Г. Аллахяров // Прогрессивные методы мелиорации и освоения тяжелых засоленных земель. – М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1981. – С. 65-67.

146 Рекомендации по повышению плодородия почв солонцового комплекса юга Украины. – К.: УкрНИИГиМ, 1980. – 18 с.

147 Воропаева, З. И. Изменение, солевого режима и состава почвенно-поглощающего комплекса при химической мелиорации солонцов в Западной Сибири / З. И. Воропаева, В. К. Рычкова // Генезис почв Западной Сибири, их мелиорация и эффективность удобрений / Труды Омского сельскохозяйственного института. – Омск, 1981. – С. 7-14.

148 Velasco, I. Improving the sodic soils of Spain / I. Velasco // Sulphur in Agriculture. – V. 5. – P. 2-4.

149 Петросян, Г. П. Физико-химические методы оценки мелиоративных качеств содовых высококарбонатных почв Армении и расчет мелиорации / Г. П. Петросян // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1982. – С. 204-208.

150 Виноградов, В. А. Улучшение солонцовых почв кислованием железным купоросом / В. А. Виноградов // Мелиорация солонцов в условиях орошения Нижнего Поволжья / Всероссийский НИИ орошаемого земледелия. – Волгоград, 1979. – С. 125-128.

151 Кислование содово-засоленных почв сернокислотными промышленными отходами / И. Н. Лозановская [и др.]. – М., 1989. – 30 с. – Деп. в ВНИИПЭЭИ агронома 06.06.89, № 319.

152 Орлов, Д. С. Ресурсы кислых техногенных отходов-мелиорантов для солонцовых почв / Д. С. Орлов // Биологические науки. – 1990. – № 9. – С. 25-29.

153 Шалашова, О. Ю. Поиск средств для мелиорации солонцовых почв / О. Ю. Шалашова, К. И. Лагодная // Проблемы и перспективы развития мелиорации: мат. регион. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию мелиоративного образования на Юге России / ФГОУ ВПО «НГМА». – Новочеркасск, 2003. – Вып. 2. – Т. 2. – С. 46-50.

154 Verma, K. S. Effect of gypsum and pyrites on yield and chemical composition of rice and wheat grown in a highly sodic soil / K. S. Verma,

I. P. Abrol // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 1980. – № 12. – V. 50. – P. 935-942.

155 Verma, K. S. A laboratory study of relative effectiveness of pyrites and gypsum in sodic soil reclamation / K. S. Verma, I. P. Abrol // Indian Journal of Agricultural Sciences. – 1981. – № 6. – V. 51. – P. 431-436.

156 Буйлов, В. В. Улучшение свойств солонцовых почв лигносульфонатом аммония / В. В. Буйлов, Р. П. Личко, М. П. Волокитин // Почвоведение. – 1979. – № 7. – С. 81-91.

157 Данилова, Е. А. Мелиорация солонцов засушливого Поволжья / Е. А. Данилова. – Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1981. – 104 с.

158 Sedlak, S. Kategorizace a zurodnovani zasolenych pud v CSSR / S. Sedlak // Dstav vedeckotechnickych informaci pro zemedelstvi. – 1981. – P. 8, 37.

159 Сувак, П. А. Мелиорация солонцов / П. А. Сувак // Земледелие. – 1980. – № 8. – С. 46-47.

160 Докучаева, Л. М. Применение терриконовой породы в качестве мелиоранта / Л. М. Докучаева // Проблемы диагностики и мелиорации солонцов: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1981. – С. 189-195.

161 Докучаева, Л. М. Исследование возможности применения терриконовой породы и золошлаков ГРЭС для улучшения почв / Л. М. Докучаева, В. П. Бобков // Сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 1978. – С. 35-42.

162 Докучаева, Л. М. К обоснованию доз мелиорантов из не утилизируемых отходов промышленности / Л. М. Докучаева, М. Е. Сыпко // Мелиоративное состояние орошаемых земель и использование водных ресурсов: сб. науч. тр. – Новочеркасск, 1986. – С. 19-25.

163 Трунов, В. Д. Геохимические особенности углевмещающих пород Гуково-Зверевского района Донбасса / В. Д. Трунов // Геология и разведка угольных месторождений. – Ростов-н/Д. – Вып. 3. – С. 24-29.

164 Singh, R. The use of spent wash for the reclamation of sodic-soils // Journal of the Indian Society of Soil Science / R. Singh, N. T. Singh, J. Arora. – 1980. – № 1. – V. 28. – P. 38-41.

165 Сыпко, М. Е. Оптимизация плодородия солонцовых почв с помощью органо-минеральных компостов / М. Е. Сыпко // Система диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур для моделирования и управления плодородием почв: тез. докл. XIV Всесоюз. коорд. совещания. – М., 1989. – С. 43.

166 Шалашова, О. Ю. Влияние органо-минеральных компостов на плодородие орошаемых обыкновенных черноземов: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Шалашова Ольга Юрьевна. – Новочеркасск, 1999. – 149 с.

167 Шалашова, О. Ю. Влияние органо-минеральных компостов на гумусное состояние обыкновенных черноземов / О. Ю. Шалашова // Проблемы и перспективы орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 2000. – Вып. 30. – С. 204-209.

168 Регулирование почвенного плодородия на орошаемых землях / Л. М. Докучаева [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – № 6. – 2006. – С. 56-57.

169 Влияние компостов при возделывании яровой пшеницы яровой пшеницы / Ю. П. Жуков [и др.] // Плодородие. – № 2. – 2007. – С. 6-7.

170 Дорошкевич, С. Г. Влияние компостов из осадков сточных вод и опилок на плодородие каштановых почв Бурятии / С. Г. Дорошкевич, А. Б. Бадмаев, Л. Л. Убугунов // Плодородие. – № 6. – 2007. – С. 12-13.

171 Ковалев, Н. Г. Влияние компостов на динамику питательного режима и урожайность полевых культур / Н. Г. Ковалев, И. Н. Барановский // Вестник РАСХН. – № 5. – 2006. – С. 27-29.

172 А.с. 594093 СССР, С 05 G 3/04. Способ получения мелиорирующего и удобрительного средства / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, Г. С. Кулинич (СССР). – № 3516499/30-15; заявл. 30.11.82; опубл. 07.06.85, Бюл. № 21. – 5 с.

173 А.с. 1231067 СССР, С 09 К 17/00. Мелиорант для солонцовых почв / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, Г. С. Кулинич (СССР). – № 3637808/30-15; заявл. 01.09.83; опубл. 15.05.86, Бюл. № 18. – 2 с.

174 А.с.1640143 СССР, С 09 К 17/00, С 05 G 1/00. Мелиорирующий компост / М. Е. Сыпко, В. И. Корниенко, Л. М. Докучаева, Н. С. Скуратов (СССР). – №4675817/15; заявл. 11.04.89; опубл. 07.04.91, Бюл. № 13. – 2 с.

175 А.с. 1627538 СССР, С 05 F 11/02. Способ получения органоминерального удобрения / С. П. Гисматуллина, М. Ю. Гилязов, Т. Х. Иш-каев, Г. С. Лучкин (СССР). – № 4345840; заявл. 12.10.87; опубл. 15.02.91.

176 А.с. 1634658 СССР, С 05 D 9/02. Способ получения органоминерального удобрения / М. И. Гогоберидзе, Г. Т. Когияшвили, Э. И. Нижарадзе, Е. Г. Шенгелия (СССР). – № 4358126/15; заявл. 12.10; опубл. 15.03.91.

177 А.с. 1641795 СССР, С 05 В 7/00. Способ получения мелиоранта удобрительного / В. Н. Шумейко, И. В. Ильгисонис, А. А. Новиков, В. Ф. Кармышов (СССР). – № 4395703; заявл. 26.02.88; опубл. 15.04.91.

178 А.с. 1677039 СССР, С 05 F 7/00. Способ получения органоминерального удобрения / Е. П. Кухта, В. В. Безденежный, В. П. Заплатин, В. Я. Чирва (СССР). – № 4705940/15; заявл. 03.04.89; опубл. 15.09.91.

179 А.с. 1687584 СССР, С 05 F 11/02. Способ получения органоминерального удобрения / Б. К. Маматов, А. М. Ходжамамедов, Х. Т. Валекова, Р. Бердыев, Р. Е. Фридбург, В. Н. Гришин (СССР). – № 4754691/15; заявл. 29.09.89; опубл. 30.10.91.

180 А.с. 1742277 СССР С 05 F 3/00. Способ получения органоминерального удобрения / В. А. Федоров, В. П. Ермоленко, С. И. Цыганков, П. М. Выпряхкин, Ю. Ю. Коломыйцев (СССР). – № 4781419/15; заявл. 23.06.89; опубл. 23.06.92.

181 А.с. 1761138 СССР С 05 F 3/00. Способ получения компоста / Г. С. Король, М. Л. Шакур, М. В. Рак, П. Ф. Жигарев, Г. И. Авилкин, В. А. Барышный (СССР). – № 4835291/15; заявл. 05.06.90; опубл. 15.09.92.

182 Пат. 2286321 Российская Федерация, МПК (51) С 05 F 7/00, С 05 F 3/00. Способ приготовления удобрительно-мелиорирующей смеси на основе карбонатного сапропеля / Л. В. Кирейчева, О. Б. Хохлова; заявитель и патентообладатель ГНУ «ВНИИГиМ» им. А. Н. Костякова. – № 2005107282/12; заявл. 16.03.05; опубл. 27.10.06.

183 Бехбудов, А. К. Мелиорация засоленных земель / А. К. Бехбудов, Х. Ф. Джафаров. – М.: Колос, 1980. – 240 с.

184 Sandu, G. E. Salinity of saline and alkaline soils in the Romanian Plain as influenced by complex reclamation and cultivation works / G. E. Sandu et al. // *Anales de Edafologia y agrobiologia*. – 1980. – V. 39. – № ½. – P. 155-168.

185 Агапова, С. И. Мелиорация солонцов на юге Украины / С. И. Агапова [и др.] // Тезисы докладов VI делегации съезда Всесоюзного общества почвоведов / Грузинский НИИ почвоведения, агрохимии и мелиорации. – Тбилиси, 1981. – Кн. 5. – С. 94-95.

186 Кружилин, И. П. Комплексная мелиорация кремнеземистых солонцовых почв / И. П. Кружилин, Л. А. Казакова // *Плодородие*. – 2006. – № 2. – С. 21-22.

187 Скуратов, Н. С. Рекомендации по оптимизации мелиоративного состояния орошаемых почв солонцовых комплексов / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, Г. С. Кулинич. – Новочеркасск, 1990. – 82 с.

188 Попов, А. А. Об ощелачивании и вторичном осолонцевании солонцовых почв Нижнего Дона и Правобережья Нижней Волги в условиях орошения и мерах борьбы с ними / А. А. Попов // *Совершенствование инженерно-геологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных изысканий и исследований: сб. науч. тр.* – Ростов-н/Д, 1980. – Вып. XIII. – С. 51-57.

189 Скуратов, Н.С. Технология рассоления почв тяжелого механического состава с применением глубокой обработки, промывки и химических

мелиорантов / Н. С. Скуратов, Г. С. Кулинич, Л. М. Докучаева и др. – Новочеркасск, 1988. – 67 с.

190 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.

191 Эколого-мелиоративные приемы, исключаяющие негативные явления при орошении водой неблагоприятного состава / Л. М. Докучаева [и др.] // Проблемы мелиорации в условиях рыночной экономики: сб. науч. тр. / ВолжНИИГиМ». – Саратов, 1999. – С. 37-45.

192 Докучаева, Л. М. Оценка агро-мелиоративных приемов восстановления плодородия орошаемых черноземов с экологических позиций / Л. М. Докучаева, Н. С. Скуратов, О. Ю. Шалашова // Вопросы мелиорации. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 1999. – С. 41-47.

193 Шалашова, О. Ю. Регулирование кальциевого режима почв, осолонцованных при поливах водой неблагоприятного состава // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Новочеркасск, 2000. – Вып. 31. – С. 25-32.

194 Докучаева, Л. М. Контроль и регулирование плодородия мелиоративно-неблагополучных земель в условиях орошения / Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ГУ «ЮжНИИГиМ». – Вып. 32-33. – Новочеркасск, 2001. – С. 32-38.

195 Скуратов, А. Н. Эколого-мелиоративное регулирование плодородия орошаемых черноземов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Скуратов Андрей Николаевич. – Новочеркасск, 1999. – 24 с.

196 Гомартели, И. М. Степные солонцовые почвы Квемо-Картли и комплекс мероприятий по их улучшению: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.02 / Гомартели И. М. – Тбилиси, 1981. – 23 с.

197 Окорков, В. В. Химическая мелиорация солонцов в Казахстане / В. В. Окорков // Земледелие. – 1991. – № 10. – С. 46-48.

198 Сувак, П. А. Роль лунко-фильтров в повышении окультуривания автоморфных солонцов / П. А. Сувак, Г. И. Шанин // Тезисы докладов VI делегации съезда Всесоюзного общества почвоведов / Грузинский НИИ почвоведения, агрохимии и мелиорации. – Тбилиси, 1981. – Кн. 5. – С. 33-34.

199 Кирюшин, В. И Теоретические основы мелиоративной обработки солонцовых почв и технология их освоения и использования / В. И. Кирюшин // Теоретические основы и опыт мелиоративной обработки и химической мелиорации солонцовых почв / ВНИИ зернового хозяйства. – Целиноград, 1980. – С. 12-15.

200 Кудашев, Г. Солонцовая целина покоряется / Г. Кудашев // Сельское хозяйство Казахстана. – 1980. – № 12. – С. 16-17.

201 Бабушкин, В. М. Технологии по мелиорации и возделыванию сельскохозяйственных культур на солонцовых почвах Северного Кавказа / В. М. Бабушкин. – М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1990. – 59 с.

202 Пат. 2084096 Российская Федерация, МПК А 01 В 79/00. Способ химической мелиорации черноземных солонцовых почв / Рашковский А. М., Лощинин О. В. и др.; заявитель и патентообладатель науч.-исслед. ин-т сел. хоз-ва Юго-Востока – НПО «Элита Поволжья», гос. проек.-изыск. станция агрохим. службы «Балашовская». – № 95115170/13; заявл. 25.08.95; опубл. 20.07.97, Бюл. № 16. – 8 с.

203 Пат. 2297749 Российская Федерация, МПК А 01 В 79/02. Способ комплексной мелиорации солонцовых почв в условиях орошения / Мелихов В. В., Кружилин И. П. и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ «Всероссийск. науч.-исслед. ин-т орош. земледелия». – № 2005137512/12; заявл. 01.12.05; опубл. 27.04.07. – 5 с.

204 Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. – 23 с.

205 Долина, Е. В. Влияние удобрительно-мелиорирующих компостов на свойства чернозема обыкновенного деградированного / Е. В. Долина, О. Ю. Шалашова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: «Геликон», 2007. – Вып. 37. – С. 33-39.

206 Шалашова, О. Ю. Новые удобрительно-мелиорирующие средства для мелиорации деградированных почв / О. Ю. Шалашова // Безопасность водохозяйственных объектов юга России и мелиорация антропогенных ландшафтов: мат. Всероссийск. науч.-практ. конф., г. Новочеркасск, 24-25 января 2008 г. – Новочеркасск, 2008. – С. 48-56.

207 Долина, Е. В. Приемы воспроизводства плодородия орошаемых земель на базе местных сырьевых ресурсов / Е. В. Долина, Р. Е. Юркова, О. Ю. Шалашова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: «Геликон», 2009. – Вып. 41. – С. 54-61.