

Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»
НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»

**РЕКОМЕНДАЦИЯ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПАСТБИЩАХ
ПО ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ИЛИ КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ
КАЗАХСТАНА**



Алматы, 2026

УДК 631.614 : 633.2.033 (574)
ББК 40.623 + 42.21 (5Каз)
Р36

Авторский коллектив: Куришбаев А.К., Насиев Б.Н, Калдыбаев С., Смаилов К.Ш., Атакулов Т.А., Кушенов К.И., Бекмухамедов Н.Э., Ержанова К.М., Пачикин К.Н., Наушабаев А.Х., Абдрахманов И.Б., Абдирахымов Н.А., Мансурова К.А., Абай А.К., Сахбек Ә.С., Түсіпқали С.Қ.

Рекомендация по использованию солонцовых земель на пастбищах по географическим или климатическим зонам Казахстана.

Алматы: Издательство ИП «Центр Оперативной Полиграфии», 2026. – 44 с.

ISBN 978-601-82508-7-3

Рекомендация предназначена для специалистов, связанных с проблемой выявления, локализации и восстановления (или улучшения) солонцовых земель на пастбищах. При разработке рекомендации были использованы материалы результатов исследований отечественных научно-исследовательских институтов и зарубежных исследовательских организаций.

Рекомендация разработана по результатам НИР в рамках по научно-технической программе ПЦФ МСХ РК на 2024-2026 годы BR22883585 «Разработка эффективных технологий повышения продуктивного потенциала и рационального использования пастбищ» по мероприятию «Создание базы данных солонцовых земель на пастбищах с применением ГИС технологий по географическим или климатическим зонам Казахстана».

В рекомендациях изложены современные состояния пастбищных ресурсов Казахстана, результаты проведенных полевых наземных обследований пастбищ по выявлению солонцовых массивов, исследования по дистанционному зондированию земли, мероприятия по восстановлению и улучшению солонцовых земель на пастбищах.

УДК 631.614 : 633.2.033 (574)
ББК 40.623 + 42.21 (5Каз)

Рекомендован к публикации научно-техническим советом факультета «Агробиология» Казахского национального аграрного исследовательского университета, протокол №1 от «31» августа 2026 г.

ISBN 978-601-82508-7-3

© ИП «Центр Оперативной Полиграфии», 2026.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
СОЛОНЦОВЫЕ ПОЧВЫ И ИХ МЕЛИОРАЦИЯ.....	9
МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПАСТБИЩАХ ПО ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ИЛИ КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ КАЗАХСТАНА.....	19
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕРНОЙ ПУЛЬПЫ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА АО «ЕМБІМУНАЙГАЗ» В КАЧЕСТВЕ НОВОГО МЕЛИОРАНТА ДЛЯ СОДОВО-ЗАСОЛЕННЫХ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ КАЗАХСТАНА.....	24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Проблема укрепления кормовой базы для постоянного растущего животноводства имеет исключительное значение так как в республике состояние пастбищ характеризуется прогрессирующим ухудшением продуктивности и снижением урожайности пастбищных травостоев.

Так, по данным Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию, в республике содержится 8831,6 тыс. голов крупного рогатого скота, 23468,6 тыс. голов овец и коз, 4698,8 тыс. голов лошадей и 291,9 тыс. голов верблюдов. В то же время площадь используемых пастбищ составляет 83,9 млн. га, в том числе на землях сельскохозяйственного назначения – 62,1 млн. га и на землях населенных пунктов – 21,8 млн. га. С учетом того, что площадь сбитых пастбищ в Казахстане составляет 27,1 млн. га, то фактически используемых полноценных пастбищ составляет всего 56,89 млн. га. Дефицит пастбищного корма составляет более 30% на одного животного. Другими словами, существует реальный риск недокорма животных, влекущий ряд негативных последствий.

Усугубляет это положение и то, что наряду с зональными почвами на пастбищах широкое распространения получили солонцовые почвы, которые по данным Агентства по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан составляет 61,5 млн. га и урожайность на этих угодьях очень низкая по сравнению с зональными почвами. При этом исследователями научных учреждений и практикой передовых хозяйств доказано возможность повышения продуктивности естественных кормовых угодий на солонцовых землях в 2-3 раза. В этой связи повышения продуктивности природных кормовых угодий на солонцовых землях послужит крупным резервом увеличения производства кормов.

Таким образом, освоение солонцовых почв является дополнительным источником увеличения производства кормов для растущего животноводства, и, это в первую очередь относится к обширной территории Казахстана, где 30% земель сельскохозяйственного использования представлено низкопродуктивными солонцовыми почвами.

Выбор направления исследований

Солонцовые почвы отличаются целым рядом особенностей по сравнению с зональными почвами, так как на этих почвах отмечается наличие плотного иллювиального слоя на глубине 3-15 см от поверхности, характеризующегося отрицательными агрономическими свойствами. При поступлении влаги этот слой сильно набухает и становится непроницаемым для воды; в сухом состоянии он превращается в твердую плотную массу, не допускающую проникновения в нее корней растений.

В настоящее время в литературе известны две точки зрения на происхождения солонцовых почв. Первая, это коллоидно-химическая обменная теория образования солонцов, которая впервые разработана К.К. Гедройцем [1] и поддержана Е.Н. Ивановой [2], В.А. Ковдой [3] и Н.В. Орловским [4]. Вторая, биологическая теория происхождения солонцов была

развита В.Р. Вильямсом [5] и получила развитие в трудах Н.И. Базилевич [6], И.Н. Антипова-Каратаева и К.П. Пака [7]. Общим положением для обеих теорий является признание ведущей роли обменного натрия, резкая дифференциация почвенного профиля на горизонты по окраске, слоению, связанная с перераспределением по профилю глины и илистой фракции.

Анализ литературных источников показало, что освоение и улучшение солонцовых почв различными методами встречается в достаточном объеме. Так, в России, зависимости от свойства солонцов и природных условий, при которых они развиваются, предложены различные способы и приемы мелиорации [8, 9, 10, 11, 12, 13].

В Казахстане по улучшению и освоению солонцовых почв проводились сотрудниками Института «Почвоведения» Академии наук Казахстана и Казахским НИИ «Лугопастбищного хозяйства».

Так, по данным К.Ш. Смаилова и С.К. Култаева [14] низкая продуктивность естественных кормовых угодий на солонцовых землях обусловлена неблагоприятными для роста и развития растений водно-физическими и физико-химическими свойствами почв и вызывают настоятельную необходимость коренного улучшения этих земель. При коренном улучшении в условиях полупустынной зоны Актюбинской области из однолетних кормовых культур на солонцах озимая рожь оказалось более урожайной, чем суданская трава.

К.А. Байтканов, Г.К. Абдуллин и Б. Акшалов [15] для повышения продуктивности солонцовых земель проводили исследования, с целью выявления наиболее солеустойчивых культур на солонцовых почвах в Амангельдинском районе Тургайской области. На основании эксперимента было выявлено, что лучший урожай на этих землях обеспечила из бобовых - люцерна сорта «Кокше», из многолетних трав – житняк ширококолось.

В.М. Михайличенко, И.К. Асанбаев, Л.Ф. Кисляков и др. [16] отмечают, что солонцовые земли по своему мелиоративному состоянию очень разнообразны, поэтому самую возможность и способ их мелиорации устанавливают путем диагноза, учитывая качественный состав солонцовых комплексов, характер гидрологического режима, степень засоления, содержания обменного натрия, глубину залегания и содержания гипса и карбоната кальция, мощность надсолонцового горизонта, значения pH и механического состава почвы. Они считают, что солонцовые земли после проведения мелиорации не сразу превращаются в плодородные земли, для этого необходим определенный отрезок времени, называемый мелиоративным периодом. В мелиоративный период наиболее целесообразны кормовые севообороты, насыщенные соле-и солонцеустойчивыми полевыми культурами, однолетними и многолетними травами.

С.К. Култаев, Г.К. Абдуллин, А. Серикбаев [17] отмечают, что солонцы и их комплексы отличаются низким плодородием и не пригодны до сельскохозяйственного освоения без коренного улучшения. Их отрицательные свойства: содержание большого количества обменного натрия и водорастворимых солей, щелочная реакция, набухание почвенной массы во

влажном состоянии, сильное уплотнение почвы, наличие иллювиального горизонта почвы, затверждение при высушивании, низкая водопроницаемость и малые запасы доступной для растений влаги.

Исследования проведенные А.Б. Даутбаевым [18] в пяти подзонах Целиноградской области показало, что солонцы последовательно располагаясь в широтном направлении имеют характерные подзональные особенности. Они существенно отличаются по ряду морфологических и физико-химических свойств, что обусловлено спецификой природно-климатических условий, которые наложили свой отпечаток на особенности проявления солонцовых процессов. подзоне южных черноземов и темно-каштановых почв.

И.К. Асанбаев [19], изучая биологический кругооборот веществ на средних остаточных солонцах пришел к выводу о том, что в системе «почва-растение» при возделывании многолетних трав на фоне мелиоративной вспашки происходит интенсивный биологический круговорот азота и зольных элементов. При этом наблюдается обогащение почвы такими важными элементами, как азот, сера, калий, магний и особенно кальций, который с гипсом, вовлеченным в пахотный слой, способствует рассолонцеванию почвы.

О необходимости улучшения и освоения солонцовых почв в Казахстане отмечается и в других источниках литературы [20, 21, 22, 23, 24].

В комплексе агрономических мероприятий по окультуриванию солонцовых почв участие растительных организмов имеет важное значения. Поэтому система обработки почвы должна быть направлена на то, чтобы сразу же обеспечить условия нормального развития растений путем максимального сохранения верхнего плодородного слоя на месте. Кроме того, в начальный стадии мелиоративного освоения следует подбирать такие культуры, которые были бы наиболее устойчивыми на солонцах и обеспечивали их коренное улучшение и окультуривание.

Сельскохозяйственные растения, возделываемые на солонцах в первые годы освоения в качестве фитомелиоранта или культуры-освоителя, должны обладать по крайней мере тремя весьма существенными биологическими свойствами: засухоустойчивостью, соле выносливостью и солонце выносливостью.

Так, Н.В. Орловский [25] изучавший солеустойчивость культурных растений применительно к солонцовым почвам содового засоления подразделяет их на три группы: особо солеустойчивы, средне-солеустойчивы и не солеустойчивы. При этом, к особо солеустойчивыми культурами им отнесен свекла, пырей бескорневищный, волоснец сибирский, райграс однолетний и донник белый. К средне-солеустойчивым культурам отнесены: озимая рожь, ячмень, яровая пшеница, житняк сибирский, пустынный, гребенчатый, костер безостый овсяница луговая люцерна синяя желтая и суданская трава. К группе несолеустойчивых культур отнесены: подсолнечник, лен, фасоль, горох, ежа сборная, тимopheевка луговая, клевер красный, эспарцет песчаный.

И.Т. Степанец [26] отмечает, что среди культур-освоителей солонцов важное место принадлежит рису, который наряду с мелиорирующей ролью обладает наиболее высокой урожайностью среди орошаемых культур.

Спутниковое дистанционное зондирование в настоящее время является одним из наиболее эффективных инструментов пространственной оценки засоления почв, особенно на больших территориях засушливых и полузасушливых регионов. Современные исследования показывают переход от визуальной дешифровки солевых пятен и использования отдельных спектральных индексов к количественной оценке засоленности с применением многоспектральных данных, наземных измерений и методов машинного обучения. Библиометрический анализ публикаций показывает устойчивый рост исследований в данной области, причем применение новых спутниковых систем и алгоритмов машинного обучения рассматривается как одно из ключевых направлений повышения точности мониторинга засоления [27].

Для солонцовых комплексов особенно важна возможность использования спектральных характеристик не только непосредственно поверхности почвы, но и растительного покрова, испытывающего стресс под воздействием повышенной концентрации солей. Показательным является исследование Prokorieva и Sobolev [28], выполненное для южной степной зоны России, где для картографирования засоленности солонцовых комплексов использовались изображения QuickBird и SuperView-1 с пространственным разрешением 2–2,4 м. В качестве предикторов рассматривались спектральные каналы, вегетационные и солевые индексы, индексы интенсивности и яркости. Применение нейронной сети позволило получить для электропроводности почвы коэффициент детерминации $R^2 = 0,87–0,88$ на тестовой выборке, превысив результаты линейной регрессии. Наиболее информативными предикторами оказались $NDVI_t$, TVI , EVI_1 и Int_1 .

Современные обзоры подтверждают перспективность интеграции спутникового и наземного зондирования. При этом для повышения надежности моделей рекомендуется сочетать спектральные данные с информацией о рельефе, растительности, температуре, влажности и другими экологическими факторами, поскольку прямое определение содержания солей по спутниковому спектру остается ограниченным [29, 30]. Особое перспективное направление — объединение многоспектральных, гиперспектральных, тепловых и радиолокационных данных с алгоритмами машинного обучения для выявления не только поверхностных, но и мелкозалегающих подповерхностных аномалий [31].

Следует отметить, что все работы по освоению и улучшению солонцовых почв проводились на незначительных площадях, и поэтому не дают примера целостной формы оценки состояния пастбищных ресурсов, т.е. полностью не охватывают территорию распространения солонцовых земель. Кроме того, все почвенные и геоботанические карты по итогам проведенных изысканий хранятся на бумажных носителях, что существенно затрудняет их использование для оказания услуг по предоставлению соответствующей информации заинтересованным государственным органам.

Таким образом, современная методология спутниковой дешифровки солонцовых почв развивается от качественного выявления солевых проявлений к количественному цифровому картографированию их свойств на основе связки «спутниковые данные — наземные измерения — спектральные индексы — машинное обучение».

В этой связи возникает необходимость перевода имеющихся и разрабатываемых новых материалов в электронный формат, то есть разработать цифровую геоинформационную карту, которая дает возможности выбора наиболее рациональных методов, направленные на повышении продуктивности солонцовых земель, внесения изменений в течение всего периода эксплуатации, обеспечении оперативного управления пастбищными ресурсами, отслеживания динамики изменения параметров почвенного и растительного покровов с формированием необходимых справок, таблиц, диаграмм и т.д. Кроме того, разработка геоинформационной системы дополнит имеющихся научные знания в области управления пастбищными ресурсами, а также мероприятия по улучшению солонцовых земель, с дальнейшим применением этих знаний на практике.

Следует отметить, что все работы по освоению и улучшению солонцовых почв проводились на незначительных площадях, и поэтому не дают примера целостной формы оценки состояния пастбищных ресурсов, т.е. полностью не охватывают территорию распространения солонцовых земель. Кроме того, все почвенные и геоботанические карты по итогам проведенных изысканий хранятся на бумажных носителях, что существенно затрудняют их использование для оказания услуг по предоставлению соответствующей информации заинтересованным государственным органам.

В этой связи возникает необходимость перевода имеющихся и разрабатываемых новых материалов в электронный формат, то есть разработать цифровую геоинформационную карту, которая дает возможности выбора наиболее рациональных методов, направленные на повышении продуктивности солонцовых земель, внесения изменений в течение всего периода эксплуатации, обеспечении оперативного управления пастбищными ресурсами, отслеживания динамики изменения параметров почвенного и растительного покровов с формированием необходимых справок, таблиц, диаграмм и т.д. Кроме того, разработка геоинформационной системы дополнит имеющихся научные знания в области управления пастбищными ресурсами, а также мероприятия по улучшению солонцовых земель, с дальнейшим применением этих знаний на практике.

СОЛОНЦОВЫЕ ПОЧВЫ И ИХ МЕЛИОРАЦИЯ

Общая площадь солонцовых земель в Республике Казахстан составляет около 54,7 млн.га (Таблица 1).

Таблица 1 – Данные площадей солонцовых земель по исследованным областям Казахстана (2024-2026 гг.)

Наименование областей	Площадь солонцовых земель, тыс.га
Мангистауская область	1 635,40
Атырауская область	3 396,00
Кызылординская область	3 439,10
Туркестанская область	1 007,50
Жамбылская область	406,3
Алматинская область	302,8
Жетысуская область	271,0
Акмолинская область	3 169,50
Актюбинская область	11 453,60
Западно-Казахстанская область	7 109,50
Карагандинская область	6 250,20
Улытауская область	5 193,50
Абайская область	3 501,90
Костанайская область	641,6
Северо-Казахстанская область	2 790,40
Павлодарская область	3 943,80
Восточно-Казахстанская область	242,4
Общая площадь:	54 754,50

Агротехническая мелиорация. Этот вид мелиорации применяется преимущественно на остаточных солонцах. Они содержат натрия меньше 10% и не обладают физико-химической солонцеватостью. Плохие агрофизические свойства этих солонцов можно улучшить периодическим повторением специальных механических обработок.

В зависимости от мощности горизонта А и А+В может применяться либо глубокая отвальная вспашка, либо комбинированная обработка — отвальная вспашка на мощность горизонта А в сочетании с последующим рыхлением.

Отвальная вспашка применяется на мелких и средних солонцах. Ее глубина должна превышать мощность первых двух горизонтов примерно на 5-7 см, что обеспечит вовлечение в пахотный слой и подсолонцового (карбонатного) горизонта. Например, если мощность первых двух горизонтов равна 25, то глубина вспашки будет 30-32 см. Выполняется она плугами ПН-8-35 и ПТН-40 без предплужников. Это обеспечивает неполный оборот пласта,

после разделки комков тяжелой дисковой бороной в пахотном слое обеспечивается разбавление солонцеватости и хорошие условия для фильтрации талых и дождевых вод.

Наблюдения показали, что механические обработки способствуют улучшению агрофизических и агрогидрологических свойств солонцов. На мелиоративных вспашках отмечаются более низкие и стабильные показатели объемной массы ($1,2-1,4 \text{ г/см}^3$) и повышения порозности (47-55%), особенно на плантажной и послойной обработках солонцов.

Благодаря уменьшению влажности завядания (на 2-3%) и увеличению наименьшей влагоемкости (на 2-4%) диапазон активной влаги значительно увеличивается.

На мелиоративных вспашках скорость впитывания воды увеличивается в 3-6 раз. Почвы из слабопроницаемых переходят в категорию среднепроницаемых.

Вследствие происшедших положительных изменений физических и водных свойств улучшается и водный режим, активизируется процесс рассоления. На мелиоративных обработках он охватывает всю первую метровую толщу, но наибольшей интенсивности вынос солей наблюдается из слоя 0-50 см. В исходном солонце, подвергнутом плантажу, количество солей составляло 13,6 т/га, а после мелиорации оно уменьшилось до 8,2 т/га, т. е. засоление уменьшилось почти в два раза. Аналогичные показатели установлены и на послойной вспашке. На контроле и комбинированной обработке вымывалось всего 25% солей от их первоначального запаса.

Вовлечение в пахотный слой мелиоративными обработками гипса и выщелачивание натриевых солей обуславливает существенное изменение состава обменных катионов. Происходит заметное вытеснение магния. Соотношение между ним и кальцием становится близким к оптимальному.

Эффективность глубоких отвальных вспашек подтверждается и данными по урожайности. На плантажной вспашке средний урожай травосмеси многолетних трав (костра, донника и житняка) составил 15,3 - а на послойной, 15,9 ц/га (сена). На контроле и комбинированной обработке он был примерно в 2 раза меньше.

На глубоких солонцах более эффективной должна быть комбинированная обработка, включающая разделку дернины тяжелой дисковой бороной, отвальную вспашку на глубину, соответствующую мощности первого горизонта, обработку игольчатой бороной и безотвальное рыхление на глубину 30-33 см. При комбинированной обработке первоначальный запас солей (22,8 т/га) уменьшился до 12,3 т/га, или на 54%, а при отвальной вспашке заметного рассоления не произошло. Урожайность травосмеси (из житняка и костра) в среднем за четыре года соответственно составила 14,9 и 6,8 ц/га.

Агрохимическая мелиорация. В основу мелиорации положено два принципа: химический, предусматривающий замещение избытка натрия на кальций за счет мобилизации внутрипочвенных карбоната кальция или гипса, и агротехнический - улучшение агрофизических свойств путем создания

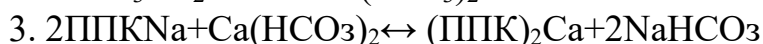
мощного пахотного слоя глубокими мелиоративными обработками. Большой вклад в разработку основ агрохимической мелиорации внесли такие советские ученые, как К.К. Гедройц, В.А. Ковда, И.Н. Антипов-Каратаев, К.П. Пак, а в разработку ее технологии - А.М. Можейко, К.П. Горшенин, Г.Н. Самбур, А.В. Новикова, А.Ф. Большаков.

Систематические разработки технологии агрохимической мелиорации солонцов начались со времени начала освоения целинных земель. В Северном Казахстане первые опыты были поставлены проф. И.Я. Половицким и И.А. Ишигеновым на среднестолбчатых высококарбонатных солонцах. По отвальной вспашке на глубину 35 см с почвоуглублением на 10 см ими был выращен урожай пшеницы 12,8 ц/га, клевера 17 ц/га и суданской травы 50,2 ц/га.

В шестидесятые годы исследованиями В.Н. Михайличенко, Г.Н. Кудашева, К.А. Байтканова, В.И. Кирюшина и др. разработаны технологические схемы мелиорации солонцов различного мелиоративного состояния, которые сейчас широко внедряются в производство.

Внутрипочвенный гипс действует так же, как и внесенный извне. Он наиболее эффективен на хлоридно-сульфатных и сульфатно-хлоридных солонцах. При сульфатном засолении его активность снижается, а при содовом он вообще неэффективен.

Карбонат кальция очень слабо растворяется в воде, поэтому сам по себе он не может оказать существенного влияния на солонцовые почвы. Активность карбоната кальция возрастает при переводе его в более растворимое соединение, в бикарбонат кальция — $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, при наличии в почве углекислого газа (CO_2). Процесс замещения ионов натрия в поглощающем комплексе солонцов на катионы кальция можно представить в виде следующих химических реакций:



Отсюда понятно, что эффективность мелиорации солонцов за счет мобилизации углекислого кальция может быть обеспечена только при увеличении биогенности почв — активации аэробных микробиологических процессов, способствующих образованию углекислоты воздуха. Для этого необходимо увеличить аэрацию (воздухообмен), поступление в почву органического вещества и обеспечить достаточную влагообеспеченность.

Мобилизация кальцийсодержащих внутрипочвенных солей в целях мелиорации осуществляется специальными мелиоративными вспашками.

Плантажная вспашка вовлекает в пахотный горизонт первые три горизонта (AB_1 B_2). Пласт оборачивается не полностью. Однородный пахотный слой создается в течение нескольких лет, в процессе последующих обработок. В первые три года желательно проводить глубокое рыхление. Глубина плантажа в условиях Казахстана не должна превышать 40 см. Проводится он плугами без предплужников.

Послойная вспашка — это двухкратная отвальная вспашка. Первая вспашка проводится на глубину, соответствующую мощности двух первых горизонтов (AB_1). Пашня разделяется тяжелой дисковой бороной. Затем отвальная вспашка повторяется на глубину, обеспечивающую вовлечение в пахотный слой карбоната кальция или гипса. Пашня вновь разделяется тяжелой дисковой бороной. Послойная вспашка создает сразу же однородный пахотный слой.

Трехъярусная вспашка имеет то же назначение, что и предыдущие, однако по технологии она принципиально отличается от них. В идеальном представлении трехъярусная вспашка обеспечит сохранение на поверхности пашни наиболее плодородного горизонта А и позволит солонцовый слой перемешать с карбонатным или гипсоносным.

Глубокая обработка почвы может осуществляться разными орудиями: трехъярусными, двухъярусными и плантажными плугами, отвально-фрезерными машинами и другими. Использование любого орудия определяется глубиной обработки, а также необходимостью сохранения надсолонцового горизонта на поверхности и обмена местами солонцового и подсолонцового горизонтов.

Так, при работе плуга ПТН-40 верхний надсолонцовый горизонт, обрабатываемый первым корпусом плуга, оборачивается и остается на поверхности. Второй корпус, идущий вслед за первым, подрезает, крошит и сбрасывает на дно борозды третьего корпуса солонцовый горизонт. Третий, самый большой корпус, смещенный вправо, подрезает карбонатно-солевой горизонт, поднимает его и укладывает поверх солонцового, частично перемешивая их. В зависимости от морфологических особенностей солонцов и химизма засоления могут быть и другие способы мелиоративной обработки почвы. В целом можно выделить следующие мелиоративные обработки:

1. Ярусная обработка на 35-40 см, которая на средних и глубоких степных солонцах обеспечивает крошение и переворачивание горизонта А в пределах естественного расположения и перемешивание солонцового и карбонатного (гипсового) горизонтов.

2. Фрезерная обработка с рабочим органом - фрезой, снабженной лопастями ножевого типа. При этом достигается более совершенная обработка по типу ярусной вспашки.

3. Безотвальная обработка или рыхление на корковых, средних и глубоких солонцах хлоридно-сульфатного или смешанного засоления. Здесь в отличие от ярусной вспашки горизонт А рыхлится без переворачивания, а солонцовый и карбонатный горизонты перемешиваются в меньшей степени.

4. Фрезерование или дискование тяжелыми болотными дисками луговых, степных и лугово-болотных солончаковатых, корковых, мелких и средних солонцов содового или смешанного засоления при высокой задернованности.

5. Весеннее фрезерование или дискование в сочетании с летним или осенним глубоким безотвальным рыхлением на мелких и средних солонцах.

6. Весенняя вспашка обычными плугами на глубину надсолонцового

горизонта на средних солонцах в сочетании с летне-осенней безотвальной обработкой.

7. Плантажная вспашка на 40-45 см и глубже на корковых, мелких, степных и лугово-степных солонцах содового и смешанного засоления.

8. Отвальная вспашка на 20-22 см с почвоуглублением на 10-12 см на средних и глубоких солонцах черноземной и каштановой зон.

Эффективность применения различных видов мелиоративной обработки в конкретных почвенно-климатических условиях подтверждается данными научно-исследовательских учреждений и производственной практикой (Таблица 2).

Таблица 2 – Средний урожай сельскохозяйственных культур на солонцах в зависимости от приемов их мелиорации (обобщенные данные за 1975-1983гг.)

Почва	Безотвальное рыхление, 25-30 см	Отвальная вспашка, 25-30 см	Плантажная вспашка, 40 см	Трехъярусная вспашка, 40 см
Донник, сено				
чернозем южный солонец степной	19,2	26,5	32,6	-
средний малонатриевый	13,3	16,3	-	-
Солонец лугово-степной мелкий средне-натриевый высокогипсовый	17,7	15,2	20,7	-
Солонец лугово-степной средний безгипсовый	-	12,7	16,8	-
Солонец степной средний малонатриевый	7,3	10,8	15,5	-
Солонец луговой средне-солончаковый малонатриевый	11,8	13,8	-	-
Ячмень, зерно				
Солонец степной средне-натриевый высокогипсовый	6,1	7,2	10,3	9,4
Солонец лугово-степной средний без гипсовый (горчица, семена)	7,0	8,2	6,3	-
Солонец степной средний малонатриевый высококарбонатный	-	12,6	-	14,9

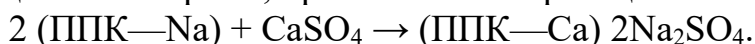
Химическая мелиорация. Химическая мелиорация солонцов разработана академиком К.К. Гедройцем. Большой вклад в развитие ее теории и практики внес профессор И.Н. Антипов-Каратаев. Эффективность этого приема

доказана многочисленными исследованиями на Украине, в Западной Сибири и в других регионах.

В Казахстане изучение химической мелиорации солонцов проводится Институтом почвоведения и агрохимии им. У.Успанова, Казахским НИИ зернового хозяйства им. В.Бараева, Казахским НИИ животноводства и кормопроизводства.

Химическая мелиорация предусматривает улучшение солонцов путем внесения веществ, содержащих кальций. Наиболее широкое практическое применение нашел сыро-молотый гипс, а в последнее время и фосфогипс.

Принцип действия сыромолотого гипса и фосфогипса одинаков. При их взаимодействии с почвенно-поглощающим комплексом солонцов, насыщенных натрием, протекает такая реакция:



Поступивший в почву кальций коагулирует коллоиды и оструктурирует почву.

Энергия замещения натрия на кальций определяется качеством мелиорантов: чем тоньше их помол и меньше примесей, тем они активнее. Поэтому к применяемым для мелиорации гипсу и фосфогипсу выработаны специальные технические требования.

Дальнейшее развитие химического метода мелиорации солонцов связано с использованием для этих целей различных химических веществ кроме гипса. В настоящее время кроме гипса находят применение хлористый кальций, мел, отходы химической и других отраслей промышленности - фосфогипс, сернокислое железо, серная и азотная кислоты, лефекат, глиногипс и др. Химический метод мелиорации солонцов является ведущим при достаточном количестве осадков (более 400 мм) или при орошении, т. е. когда есть условия для растворения мелиорантов.

В Казахстане исследования по химической мелиорации солонцов показало, что солонцы по содержанию обменного натрия переходят в солонцеватые почвы. В них уменьшается содержание легкорастворимых солей, щелочность, улучшаются водно-физические свойства и повышается урожайность.

Расчет нормы гипса в случае солонцов нейтрального засоления необходимо проводить не на полное замещение поглощенного натрия, а за минусом 10%. Расчет производится по формуле: $\Gamma = 0,086 (\text{Na} - 0,1\Sigma) \cdot h \cdot d$, где Γ — норма гипса, т/га; 0,086 — количество гипса, потребное для вытеснения 1 мг-экв поглощенного натрия на 100 г почвы;

Na — содержание поглощенного натрия в мелиорируемом слое, мг/экв на 100 г почвы;

E — емкость обмена (сумма обменных оснований) мелиорируемого слоя, мг-экв на 100 г почвы;

h — мощность мелиорируемого слоя, см;

d — объемная масса почвы мелиорируемого слоя, г/см³.

В солонцах, где имеется сода, расчет необходимого гипса надо вести в соответствии с наличием свободных карбонатов и бикарбонатов натрия свыше 1 мг-экв, т. е. по формуле

$$Г = 0,086 ((Na - 0,1 \Sigma) + (S - 1,0) * h * d,$$

где: S — содержание $CO_3 + HCO_3$ в водной вытяжке, мг-экв. на 100 г почвы.

Исследования показали, что далеко не всегда повышение урожая и улучшение водно-физических свойств коррелирует с изменением состава обменных катионов. В ряде случаев нет связи между дозой внесения гипса и прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур (Таблица 3).

Таблица 3 — Эффективность гипсования солонцов (по данным опытов Института почвоведения и агрохимия им. У.У.Успанова)

Варианты	Урожайность, ц/га		
	Трава (сено)	пшеница	ячмень
Акмолинская область			
Без гипсования (контроль)	12,8	3,2	7,8
Гипс, 8,3 т/га	14,8	6,3	10,0
Гипс, 17 т/га	18,0	10,0	14,1
Костанайская область			
Без гипсования (контроль)	16,6	-	-
Гипс, 6,5 т/га	19,0	-	-
Гипс, 15 т/га	22,3	-	-

Результативность химической мелиорации солонцов зависит не только от дозы, но и от качества мелиоранта, техники его внесения и заделки, оно определяется применением органических и минеральных удобрений, подбором культур. Наиболее удобное место для внесения химических мелиорантов - паровое поле, так как в пару накапливается наибольшее количество влаги, обеспечивается лучшее перемешивание с почвой.

В зависимости от вида солонца существенное влияние на результаты гипсования оказывает обработка почвы. На мелких отвальных и безотвальных обработках мелиоративное воздействие гипса на почву проявляется в меньшей степени. В ряде случаев, в зависимости от вида солонца, значение имеет сочетание отвальной и глубокой безотвальной обработки.

Как показали исследования казахстанских почвоведов, на луговых солонцах при близком залегании минерализованных грунтовых вод, и особенно при наличии в почвенном профиле соды, эффективность гипса невысокая, а в некоторых случаях гипсование вызывает снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Эффективность гипсования особенно высока в черноземной зоне, на корковых и мелких солонцах содового засоления.

Важнейшим моментом эффективности гипсования является накопление влаги в почве. Задержание снега и талых вод, посев кулис и другие меры

влагонакопления должны осуществляться на мелиорированных участках в обязательном порядке. Опытами установлено, что после внесения гипса необходимо поле использовать для посева донника белого или желтого, пырея бескорневищного, травосмеси.

В первые годы после внесения гипса основная обработка почв должна быть безотвальной с рыхлением почвы глубже слоя, в который заделан гипс. Отвальные обработки следует проводить только на глубину заделки гипса. Вынос на поверхность почвы слоя, в который не был внесен гипс, вызывает ухудшение свойств пахотного слоя и снижение урожая.

Учитывая, что гипсование позволяет в короткие сроки провести коренную мелиорацию солонцов, после непродолжительного мелиоративного периода (как правило, не более 4-5 лет) большинство этих почв целесообразно использовать в системе зональных севооборотов для выращивания районированных культур и в первую очередь зерновых. Часть этих почв, где применяемые мелиоративные приемы не гарантируют достаточно полного рассоления почвенного профиля и, кроме того, существует возможность периодической реставрации засоления, рекомендуется постоянно использовать в кормовых севооборотах с насыщением солей солонцеустойчивыми культурами (преимущественно многолетними и однолетними травами).

В переходный к зональным севооборотам период (мелиоративный) необходимо создать максимально благоприятные условия для реакций взаимодействия химических мелиорантов с почвой. Это достигается парованием после внесения мелиорантов и интенсивным проведением влагонакопительных мероприятий, а также определенным набором и чередованием культур-фитомелиорантов (Таблица 4).

Таблица 4 – Группировка сельскохозяйственных культур по солеустойчивости и солонцеустойчивости

Степень устойчивости	Солеустойчивость	Солонцеустойчивость
1	2	3
Многолетние травы		
Очень сильная	Пырей бескорневищный	Донник белый и желтый
Сильная	Ячмень короткоостый, донник белый и желтый	Волоснец сибирский, пырей сизый бескорневищный
Средняя	Пырей сизый, волоснец ситниковый, регнерия, волоснец сибирский, люцерна пестрогибридная, житняк, костер.	Люцерна пестрогибридная, синегибридная, регнерия, люцерна желтогибридная, жтняк, костер
Слабая	Эспарцет	Эспарцет

Продолжение таблицы 4

1	2	3
Однолетние травы		
Очень сильная	Горчица	Горчица
Сильная	Ячмень	Ячмень
Средняя	Просо кормовое, пшеница, могоар, просо, зерновое, овес	Овес, просо зерновое, могоар, суданская трава
Слабая	Сорго, суданская трава	Пшеница, сорго

Состав агротехнических мероприятий в мелиоративный период имеет следующие особенности. В паровом поле (на второй год после внесения мелиоранта) кроме обработки с целью уничтожения сорной растительности проводится безотвальная перепашка на глубину 35 см и создаются кулисы из горчицы. В последующие годы безотвальное рыхление повторяется: во II и III технологических группах — на 3-й год мелиоративного периода, в остальных группах — по пласту многолетних трав. В остальные годы применяется зональная агротехника.

Учитывая слабую обеспеченность солонцов подвижными элементами минерального питания, рекомендуется внесение удобрений, в первую очередь азотных и фосфорных. Эффективно также применение навоза и перегноя.

Фитомелиорирующая роль культурных растений. Одним из главных факторов мелиорации солонцов является растительность, значение которой заключается не только в накоплении органического вещества, но и в улучшении водно-физических свойств, состава солей и поглощенных оснований в почве.

Сельскохозяйственные растения, возделываемые на солонцах, должны обладать следующими важными особенностями: засухоустойчивостью, солевыносливостью и солонцевыносливостью.

Солонцеустойчивость предопределяет способность растения развиваться в условиях малой подвижности воды, ее почти постоянного недостатка, преодолевать почвенную корку и сопротивление солонцового горизонта корнем.

Под «солеустойчивостью» растений следует понимать способность растений переносить почвенное засоление, развивая при этом активные эколого-биологические реакции, направленные на усиление жизнестойкости в этих условиях.

В то же время «солевыносливость» растений есть их способность выдерживать почвы с вредными легкорастворимыми солями. Следовательно, при подборе культур необходимо учитывать и их солевыносливость.

Исследованиями многих авторов установлено, что наиболее ядовитым анионом для культурных растений является CO_3^{2-} , затем идет Cl^- и, наконец, — SO_4^{2-} . Из катионов токсичны Na^+ , Mg^{2+} , NH_4^+ , а затем идут Na^+ и K^+ . Почти не вредящим растениям (даже в высокой концентрации) является катион Ca^{2+} .

Такое распределение анионов и катионов по их токсичности для растений позволяет производить подбор культур по солевыносливости.

Опыты научно-исследовательских учреждений и производственная практика показывают, что наилучшими культурами освоителями солонцов являются донник, житняк, волоснец, горчица и некоторые другие, а в орошаемых условиях — люцерна синегибридная. Эти культуры, по-видимому, обладают способностью безболезненно переносить высокое содержание натрия и калия в почве. Наиболее приспособленными из растений для возделывания на солонцах являются те, которые имеют корневую систему стержневого типа, способную проникать через значительные толщи солонцового горизонта, обеспечивая улучшение водопроницаемости почв и возможность развития всего растения.

Подбор культур необходимо дифференцировать также по этапам мелиорации солонцов. В первый период после мелиоративной обработки целесообразно использовать устойчивые однолетние культуры и донник с тем, чтобы обеспечить более частое рыхление пахотного слоя и тем самым способствовать его рассолению и рассолонцеванию. При залужении гидроморфных солонцовых комплексов по безотвальной обработке необходимо делать подбор трав длительного пользования.

Как правило, посев трав входит в систему мероприятий как один из ее элементов в сочетании и в определенной последовательности с другими приемами, устраняющими солонцеватость и усиливающими эффект от травосеяния. Внесение удобрений, улучшение водного режима, соответствующая обработка почвы благоприятствуют росту и развитию растений.

В практике улучшения солонцов давно применяют навоз, торф и другие органические вещества. Однако полностью заменить роль растений органические удобрения не могут.

Для каждой почвенной зоны необходим свой набор культурных растений по степени солонцеустойчивости и солевыносливости. В полевых севооборотах на солонцовых почвах, в особенности еще не подвергнутых мелиоративному улучшению, целесообразно увеличивать долю фуражных культур или многолетних трав вместо пшеницы, характеризующейся слабой устойчивостью к солонцеватости почв.

Улучшение свойств солонцов протекает тем быстрее, чем мощнее развивается корневая система растений и чем глубже она проникает.

Однолетние травы можно использовать для улучшения солонцов с большим успехом, если их надземную массу запахивать. При этом ускоряется мелиорация солонцов.

Растения оказывают влияние на солонцы как при жизни, так и после отмирания, благодаря положительному действию растительных остатков и продуктов их превращения в почве [32].

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПАСТБИЩАХ ПО ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ИЛИ КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ КАЗАХСТАНА

Зона лесостепи. Зоне лесостепи относится Северо-Казахстанская область. По данным МСХ РК, в пределах Северо-Казахстанской области в зоне насчитывается 2 790,40 тыс. га солонцовых земель [33] (Таблица 5).

Таблица 5 – Рекомендуемые мероприятия по лесостепной зоне

Наименование	Рекомендуемые работы
Подготовки почвы	по типу безотвального пара, глубина обработки 18-20см. Весной нужно проводить дискование с последующим прикатыванием почвы и посев
Рекомендуемые культуры улучшатели	люцерна посевная, эспарцет, кострец безостый, житняк ширококолосый и их смеси
Нормы высева, кг/га	люцерна - 12; эспарцет - 70; кострец безостый - 25-30; житняк - 14-16. Чистые посевы, кг/га
Глубина заделки семян, см	люцерна, кострец, житняк-2-3, эспарцет-4-5
Способ посева	сплошной рядовой посев с междурядьем 15 см беспокровно с послепосевным прикатыванием
Сроки посева	весенний (начало мая или конец июня)

Зона степи и сухой степи. Зоне степи и сухой степи относятся Западно-Казахстанская, Костанайская, Актюбинская, Карагандинская, Павлодарская, Восточно-Казахстанская, Акмолинская области. В зоне насчитывается 32 810,6 тыс. га солонцовых земель [33] (Таблица 6).

Таблица 6 – Рекомендуемые мероприятия по степной и сухостепной зоне

Наименование	Рекомендуемые работы
1	2
Подготовка почвы	отвальная вспашка на глубину 18-20см, или обработка дисковой бороной (либо аналогичным орудием) на глубину 15-18 см. Почва готовится по типу пара или ранней зяби. На угодьях, где имеется опасность ветровой эрозии используется полосное размещение посевов с шириной не более 50 м размещенных поперек господствующих ветров.
Рекомендуемые культуры улучшатели	люцерна синяя и желтая, эспарцет песчаный, волоснец ситниковый, житняк ширококолосый и узкоколосый, кострец безостый.

Продолжение таблицы 6

1	2
Нормы высева (чистые посев), кг/га	люцерна-8-10; эспарцет-40-45; житняк-10-12; волоснец-7-10; кострец безостый-12-14.
Глубина заделки семян, см	люцерна, волоснец, кострец, житняк – 2-3 см, эспарцет – 4-5 см.
Способ посева	сплошной рядовой посев с междурядьем 15 см после посевным прикатыванием. Волоснец можно высевать с междурядьем 30-45 см.
Сроки посева	раннее – весенний, с первой возможностью начала полевых работ.

Солонцовые земли. Более 54 754,50 тыс.га солонцов или солонцовых комплексов используется для выпаса животных. Мероприятия по улучшению пастбищ на таких землях имеют свои особенности (Таблица 7).

Таблица 7 – Рекомендуемые мероприятия по солонцовым землям

Наименование	Рекомендуемые работы
Подготовка почвы	отвальная обработка по типу пара на глубину 30-35 см, обработка дисковой бороной и 2-х кратное боронование почвы и посев.
Рекомендуемые культуры улучшатели	донник, волоснец, люцерна пестрогибридная, житняк, пырей сизый, озимая рожь в качестве предварительной культуры.
Нормы высева, (чистый посев), кг/га	на солонцах нормы высева многолетних (двухлетних) трав увеличиваются на 25% по сравнению с зональными почвами: люцерна - 12,5; донник - 12,5; волоснец – 12,5; житняк – 15,0; пырей – 17,5; озимая рожь – 80-100.
Сроки посева	раннее-весенний, с первой возможностью начала полевых работ. Озимая рожь – 1 декада сентября, волоснец – с междурядьем 30 см.
Способы посева	сплошной рядовой с междурядьем 15 см. Рекомендуется внесение навоза под основную обработку почвы из расчета 40 т/га.

Аридные пастбища. Зона полупустыни и пустыни. Кызылординская, Туркестанская, Жамбылская, Алматинская, Атырауская, Мангыстауская области, насчитываются 10 187,1 тыс. га солонцовых земель [33] (Таблица 8).
на глинистых почвах:

Таблица 8 – Рекомендуемые мероприятия по полупустынным и пустынным зонам

Наименование	Рекомендуемые работы
Подготовка почвы	отвальная обработка глубину 20-22см по принципу пара или зяби, боронование с одновременным прикатыванием. При небольшом гумусовом слое почвы, нужно проводить безотвальную обработку до глубины 15-18см.
Рекомендуемые культуры улучшатели	житняк узкоколосый, изень, кейреук, камфоросма, терескен, полынь, саксаул, чогон, черкез Палецкого и Рихтера
Нормы высева, (чистый посев), кг/га	житняк – 15, изень-15, кейреук-8, камфоросма-6, терескен-20, полынь-4, саксаул-10, чогон-10, черкез-12, в расчете на 100% хозяйственную годность.
Сроки посева	все перечисленные растения улучшатели высеваются в период ноябрь-январь.
Глубина заделки семян, см	все перечисленные растения высеваются с глубиной заделки семян в почву на 0,5-1,5 см. Заделка семян производится после посева прикатыванием кольчатыми катками.
Способы посева	посев сплошной рядовой, саксаул, чогон и черкез с междурядьем 45-60 см. Посев производится специальной сеялкой ССТ-3 и сеялкой СЗТ-3,6

на песчаных пастбищах:

В отличии от агротехники улучшения деградированных пастбищ на глинистых почвах, в песках - обработка почвы сводится к поверхностному рыхлению почвы на глубину 10-12 см. Ширина обрабатываемых полос 5-6м, чередуется с необработанными полосами аналогичной ширины. Остальные элементы агротехники аналогичны агромероприятиям на глинистых почвах.

Следует отметить, что на отдельных участках, где отмечается пастбища с изреженным травостоем необходимо проводить, подсев ценных кормовых трав, т.е. нужно проводить поверхностное улучшение пастбищ. При поверхностном улучшении существующая естественная растительность кормового угодья изменяется частично. На таких кормовых угодьях увеличивается биоразнообразие травостоев с одновременным улучшением качества корма и повышается продуктивность пастбищ. Поверхностное улучшения этих земель проводится следующим образом:

- Зоне лесостепи (Северо-Казахстанская область) (Таблица 9)

Таблица 9 – Рекомендуемые мероприятия по лесостепной зоне

Наименование	Рекомендуемые работы
Подготовки почвы	обработка почвы дисковой бороной на глубину 8-10 см с углом атаки 15%. Подсев должен производиться дисковой сеялкой, обеспечивающей заделку семян в почву
Рекомендуемые культуры улучшатели	люцерна посевная, эспарцет, кострец безостый, житняк ширококолосый и их смеси. На пастбищах лучше применять двух, трехкомпонентные смеси
Нормы высева, кг/га	люцерна - 8; эспарцет - 50; кострец безостый - 17-21; житняк - 10-11, чистый посев, кг/га. При подсеве трав в смесях норму высева каждой культуры снижают наполовину от нормы
Глубина заделки семян, см	люцерна, кострец, житняк-2-3, эспарцет-4-5
Способ посева	сплошной рядовой посев с междурядьем 15 см, беспокровно с послепосевным прикатыванием
Сроки посева	весенний (начало мая или конец июня)

- Зоне степи и сухой степи относятся Западно-Казахстанская, Костанайская, Актюбинская, Карагандинская, Павлодарская, Восточно-Казахстанская, Акмолинская области (Таблица 10).

Таблица 10 – Рекомендуемые мероприятия по степной и сухостепной зоне

Наименование	Рекомендуемые работы
1	2
Подготовки почвы	обработка почвы дисковой бороной на глубину 8-10 см с углом атаки 15%. Подсев должен производиться дисковой сеялкой, обеспечивающей заделку семян в почву
Рекомендуемые культуры улучшатели	люцерна синяя и желтая, эспарцет песчаный, волоснец ситниковый, житняк ширококолосый и узкоколосый, кострец безостый
Нормы высева чистый посев, кг/га	люцерна - 6-8; эспарцет - 30-40; житняк - 8-10; волоснец - 7-10; кострец безостый - 10-12. При подсеве трав в смесях норму высева каждой культуры снижают наполовину от нормы.
Глубина заделки семян, см	люцерна, волоснец, кострец, житняк - 2-3 см, эспарцет - 4-5 см
Способ посева	сплошной рядовой посев с междурядьем 15 см после посевным прикатыванием, волоснец можно высевать с междурядьем 30-45 см

Продолжение таблицы 10

1	2
Сроки посева	ранне-весенний, с первой возможностью начала полевых работ

- Зона полупустыни и пустыни. (Кызылординская, Южно-Казахстанская, Жамбылская, Алматинская, Атырауская, Мангыстауская) (Таблица 11)

Таблица 11 – Рекомендуемые мероприятия по полупустынным и пустынным зонам

Наименование	Рекомендуемые работы
Подготовки почвы	обработка почвы дисковой бороной на глубину 4-6 см с углом атаки 15%. На песчаных почвах – боронование почвы. Подсев должен производиться дисковой сеялкой, обеспечивающей заделку семян в почву
Рекомендуемые культуры улучшатели	житняк узкоколосый, изень, кейреук, камфоросма, терескен, полынь, саксаул, чогон, черкез Палецкого и Рихтера
Нормы высева, кг/га	житняк – 12, изень -12, кейреук - 8, камфоросма - 6, терескен - 16, полынь - 4, саксаул - 10, чогон - 10, черкез - 12, в расчете на 100% хозяйственную годность
Глубина заделки семян, см	все перечисленные растения высевается с глубиной заделки семян в почву на 0,5-1,5 см. Заделка семян производится после посева прикатыванием кольчатыми катками
Способ посева	посев сплошной рядовой, саксаул, чогон и черкез с междурядьем 45-60 см. Посев производится специальной сеялкой ССТ-3 и сеялкой СЗТ-3,6
Сроки посева	все перечисленные растения - улучшатели высевается в подзимний и зимний периоды, ноябрь-январь

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕРНОЙ ПУЛЬПЫ ПОБОЧНОГО ПРОДУКТА АО «ЕМБІМҰНАЙГАЗ» В КАЧЕСТВЕ НОВОГО МЕЛИОРАНТА ДЛЯ СОДОВО-ЗАСОЛЕННЫХ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ КАЗАХСТАНА

Кафедрой почвоведение, агрохимия и экологии КазНАИУ и КазНИИ ПиА им. У.У.Успанова (Наушабаев А.Х., Калдыбаев С., Рамазанова Р.Х.,) проведено исследование вещественного состава испытуемого серосодержащего вещества [34]. Как показали данные паспорта АО «ЕмбіМұнайГаз» от 10 сентября 2023 года оно представляет собой не чистую серу. По массовой доле оно содержит 86,35% серы, 13,057% золы, 0,521% органических веществ и 0,073% кислот (Таблица 12).

Таблица 12 – Качественный состав порошковой серной пульпы

Наименование показателей качества	Массовая доля, %
Массовая доля серы, не менее	86,35
Массовая доля золы, не более	13,057
Массовая доля органических веществ, не более	0,521
Массовая доля кислот в пересчете на серную кислоту, не более	0,073
Массовая доля воды, не более	43,48
Механические загрязнения (бумага, дерево, песок и пр.)	отсутствует

Определение примесей (тяжелых металлов) в испытуемом серосодержащем веществе по данным Казахстанско-Японского инновационного центра при КазНАИУ не выявило превышение их в сравнении со значениями предельно допустимых концентраций (таблица 13).

Исключение составляют кобальт и кадмий, содержание которых несколько выше или на уровне со значениями ПДК соответственно.

Таблица 13 – Элементный состав тяжелых металлов в серной пульпе

Идентификация образца (ов)	Наименование определяемого показателя	Фактические значения по результатам испытаний	ПДК, мг/кг, не более
1	2	3	4
Порошок	Элементный состав, не более, мг/кг		
	Цинк (Zn)	5,02	23,0
	Железо (Fe)	48,67	3800,0
	Кадмий (Cd)	0,49	0,5
	Свинец (Pb)	не обнаружено	32,0

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4
	Марганец (Mn)	2,50	1500,0
	Медь (Cu)	0,037	33,0
	Никель (Ni)	2,18	4,0
	Кобальт (Co)	6,12	5,0

Модельный лабораторный эксперимент состоял из двух периодов. В начале без растений (инкубационный период), затем с растениями. Эксперимент имеет 4-х кратное повторение вариантов испытуемой серы. Кратность повторений является основным параметром любого эксперимента и позволяет определить точность и достоверность полученной информации. В нашем случае эксперимент является главной составной частью исследований.

Для определения эффективности норм и сроков инкубации серной пульпы (порошковой) побочного продукта АО «ЕмбіМұнайГаз» на интенсивность процесса их окисления и процессов рассолонцевания подготовлены 4 блока вариантов ниже указанной схемы в 4-х кратной повторности. Модельный опыт проводился в 2,0 л пластмассовых сосудах с отверстиями на донной части.

После определения исходного состава и суммы поглощенных катионов в почве и ионного состава почвенной водной вытяжки проведен расчет нормы внесения серной пульпы побочного продукта АО «ЕмбіМұнайГаз» по формуле Б.М.Агаева на основе данных водной вытяжки по содержанию HCO_3^- и CO_3^{2-} и поглощенных оснований по количеству поглощенного Na^+ [35].

Согласно расчетам, для нейтрализации карбонат и гидрокарбонат ионов в заранее подготовленную почву массой 10кг в сосудах в каждую из них внесено 18,84 г, 37,68 и 56,62 г серосодержащего вещества (Таблица 14).

Таблицы 14 – Нормы внесения серной пульпы

Варианты опыта	В расчете на чистую серу		В расчете на серосодержащее вещество	
	г/100 г почвы	г/10кг почвы	г/10 кг почвы	т/га
Контроль (почва без серы)	-	-	-	-
S-1	0,148	14,8	18,84	4,0
S-2	0,296	29,6	37,68	8,0
S-3	0,444	44,4	56,62	12,0

Мелиоративная эффективность инкубации серной пульпы на смешанно сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатных луговых солонцах юго-востока Казахстана

Для определения эффективности серной пульпы на солевой и питательный режимы, а также состава поглощенных оснований на сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почвах она находилась в инкубационном состоянии. Испытания показали, что внесенная серная пульпа через 30-дневной ее инкубации оказывает положительное влияние на химический состав рассматриваемой почвы. Как показывают данные контрольного варианта (без S), изучаемая почва характеризуется высокой обеспеченностью серой (159,60 мг/кг). Причиной тому, является то, что почва, использованная в эксперименте, является смешанно гидрокарбонатно-сульфатно-засоленной и сера в нем представлена в составе сульфат иона. Внесенная серная пульпа обеспечивает дополнительный прирост серы, о чем говорит увеличение ее концентрации в зависимости от возрастающих доз серы. Так, например, после истечения 30-дневной инкубации серной пульпы на вариантах S-1, S-2 и S-3 содержание серы в почве соответственно возрастает до 189,45, 241,01, 422,60 мг/кг почвы. Здесь следует отметить, что сера, внесенная в почву вызывает дисбаланс ионного-солевого комплекса, что приводит к тому, что в мелиоративный процесс вовлекается не только внесенная серная пульпа, но и сера в составе сульфат иона почвы.

Инкубация серной пульпы в течении 30 дней оказывает положительное влияние на содержание поглощенного кальция, на ее прирост в составе катионов почвенно-поглощающего комплекса (Таблица 15).

Таблица 15 – Эффективность 30-дневной инкубации серной пульпы на химический состав и состав поглощенных оснований на сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почвах

Варианты опыта	CO ₂ , %	Сера, мг/кг	Поглощенные основания, мг-экв/%				Емкость катионного обмена, мг-экв на 100г почвы
			Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Контроль (без S)	4,42	159,60	0,75	0,09	2,48	4,95	8,27
			9,07	1,09	29,99	59,85	
S-1	3,97	189,45	0,82	0,37	9,90	4,95	16,04
			5,11	2,31	61,72	30,86	
S-2	3,87	241,01	2,04	0,34	14,85	7,43	24,66
			8,27	1,38	60,22	30,13	
S-3	3,84	422,60	0,21	0,96	18,81	3,96	23,94
			0,88	4,01	78,57	16,54	

Содержание на контрольном варианте составило 2,48 мг-экв на 100г почвы, то на варианте с расчетной нормой серной пульпы (S-1) она достигает значительных величин (9,90 мг-экв на 100г почвы). Дальнейшее увеличение

нормы серной пульпы обеспечивает существенный прирост кальция по вариантам S-2 и S-3 до 14,85 и 18,81 мг-экв соответственно. Это соответствует 60,22 и 78,57% против 29,99% на контроле. Если выразить долю каждого катиона от емкости поглощения, то не сложно увидеть значительное снижение поглощенного натрия на варианте S-3 (Na^+ -0,88%). Тогда как на контроле она составляла 9,07%. Также видно, что по мере повышения доли поглощенного кальция, увеличивается емкость поглощения почв, от низкой (8,27 мг-экв на 100г почвы) на контроле до высокой (23,94 мг-экв на 100г почвы) на варианте S-3.

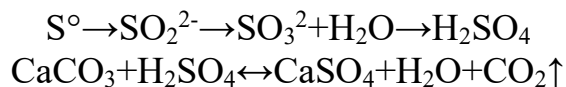
Как показывают данные ионного состава водной вытяжки, инкубация серной пульпы (30 дней) в засоленных сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почвах оказало заметное влияние на содержание ионов почвенного раствора (Таблица 16). В последнем при инкубации серной пульпы заметно снижается содержание карбонат и бикарбонат ионов, которые при высоком содержании вызывают очень высокую щелочность почвенной среды. Так, на контрольном варианте почвенная среда является очень сильнощелочной (pH 10,3). Однако, по мере возрастания дозы серной пульпы, реакция среды постепенно снижается до средне-щелочной (pH 8,51) на варианте S-3, что говорит об ее наибольшем преимуществе, как в отношении контроля, так и других вариантов опыта. Кроме того, в почве указанного варианта полностью нейтрализуется CO_3^{2-} ион (0,00 мг-экв на 100 г почвы), опустившись ниже порога ее токсичности (0,03 мг-экв на 100г почвы). В остальных вариантах опыта (S-1 и S-2) также отмечается заметное снижение карбонат иона соответственно до 0,16 мг-экв по отношению к контролю (0,32 мг-экв).

Таблица 16 – Эффективность 30-дневной инкубации серной пульпы на ионный состав водной вытяжки сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почв, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Варианты опыта	Сумма солей, %	Щелочность		Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	pH
		Общая в HCO_3^-	От нормальных карбонатов в CO_3^{2-}							
Контроль (без S)	0,909	2,96	0,32	1,93	8,50	0,71	5,47	6,87	0,34	10,3
		0,181	0,010	0,068	0,408	0,014	0,066	0,158	0,013	
S-1	0,595	1,32	0,16	0,18	6,72	0,67	0,48	6,87	0,21	8,97
		0,081	0,005	0,006	0,322	0,013	0,006	0,158	0,008	
S-2	0,787	0,96	0,16	0,15	9,92	2,09	0,48	8,17	0,30	8,65
		0,059	0,005	0,005	0,476	0,042	0,006	0,188	0,012	
S-3	0,860	1,04	0,00	0,36	10,72	2,76	0,67	8,35	0,35	8,51
		0,063	0,000	0,013	0,515	0,055	0,008	0,192	0,014	

Положительный эффект от применения серной пульпы наблюдается в содержании HCO_3^- иона, который снижается от 2,96 до ~1,0 мг-экв, приблизившись к порогу ее токсичности (0,8 мг-экв на 100г почвы). Инкубация серной пульпы обеспечивает увеличение содержание сульфат иона

на вариантах S-2 и S-3 от 8,50 до 9,92 и 10,72 мг-экв, а также иона кальция от 0,71 до 2,09 и 2,76 мг-экв соответственно. Весьма вероятно, что в почвенном растворе образуется внутрипочвенный гипс по реакции:



Новообразованный гипс в растворе приводит к изменению ранее сложившегося равновесие между Ca^{2+} и Na^+ в сторону увеличения первого, что привело к вытеснению второго из ППК по схеме: $2(ППК - Na) + CaSO_4 \rightarrow (ППК - Ca) 2Na_2SO_4$. Об этом свидетельствует снижение обменного натрия до 0,21 мг-экв (0,88% от ЕКО) и увеличение обменного кальция до 18,81 мг-экв (78,57% от ЕКО) на варианте S-3. Другой путь взаимодействия гипса вполне возможен с бикарбонатами и карбонатами натрия. При котором в результате химической реакции $CaSO_4 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4$ образуются труднорастворимые карбонаты кальция. Образованная путем окисления серы внутрипочвенная серная кислота не только разрушает почвенные карбонаты твердой фазы почвы, но и нейтрализует соду в растворе согласно схемам: $Na_2CO_3 + H_2SO_4 \leftrightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$, $2NaHCO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2CO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow$. В результате чего образуется нейтральная соль сульфат-натрия (ее токсичность в 10 раз меньше, чем Na_2CO_3).

После истечения 90-дневной инкубации серной пульпы на сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почвах происходят некоторые изменения в их химическом составе. В этом сроке в содержании серы на вариантах опыта по сравнению с предыдущим сроком наблюдается общее снижение (Таблица 17). Причем на варианте S-3 концентрация серы оказывается ниже (122,16 мг/кг) контрольного варианта (130,07 мг/кг). А в других вариантах опыта сохраняется относительно высокая концентрация серы по отношению к контролю. Однако, в сравнении с предыдущим сроком содержание серы становится значительно меньше (140,20 и 157,58 мг/кг). Это, по-видимому, связано с активным вовлечением ее в процессы окисления. Интересным является и еще тот факт, что в этом сроке содержание поглощенного кальция продолжает расти и достигает 20,30 мг-экв на варианте с максимальной дозой серы (S-3), что в пересчете на долю в процентах составляет 78,50% от емкости поглощения. В остальных вариантах опыта с серой также наблюдается существенный прирост поглощенного кальция по отношению к контролю. Так, например, на вариантах S – 1 и S-2 доля поглощенного кальция от емкости поглощения составил соответственно 71,59 и 69,56%, что является значительным чем значения контрольного варианта (37,79% от ЕКО). Здесь следует отметить, что, как и в предыдущем сроке в мелиорируемой почве происходит увеличение емкости поглощения от 7,86 до 25,86 мг-экв по мере возрастания дозы внесенной серы. Таким образом, отмеченные обстоятельства говорят о продолжающемся положительном эффекте серной пульпы.

Таблица 17 – Эффективность 90-дневной инкубации серной пульпы на химический состав и состав поглощенных оснований на сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почвах

Варианты опыта	CO ₂ , %	Сера, мг/кг	Поглощенные основания, мг-экв/%				Емкость катионного обмена, мг-экв на 100г почвы
			Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Контроль (без S)	4,36	130,07	0,35	0,08	2,970	4,46	7,86
			4,45	1,02	37,79	56,74	
S-1	3,67	140,20	0,70	0,35	11,39	3,47	15,91
			4,40	2,20	71,59	21,81	
S-2	3,80	157,58	0,49	0,22	16,34	6,44	23,49
			2,09	0,94	69,56	27,42	
S-3	3,73	122,16	0,79	0,31	20,30	4,46	25,86
			3,05	1,20	78,50	17,25	

90-дневная инкубация серной пульпы продолжает оказывать положительное влияние на ионный состав водной вытяжки почв лабораторного опыта. Как было указано выше, в предыдущем сроке наилучший результат показал вариант S-3, в котором содержание гидрокарбонат иона был равен 1,04 мг-экв, тогда как в этом сроке она уменьшилась до 0,88 мг-экв. То есть последнее значение стало еще ближе к порогу токсичности (0,8 мг-экв) гидрокарбонат иона. Кроме того, в этом сроке наблюдается дальнейшая тенденция снижения концентрации нормальных карбонатов. Если в предыдущем сроке полную нейтрализацию карбонат иона обеспечил вариант S-3, то в этом сроке к указанному варианту присоединяется вариант S-2 (Таблица 18).

Содержание сульфат иона на вариантах с серой (S₂=10,58 и S₃=10,08 мг-экв на 100г почвы) значительно превышают значения контрольного варианта (4,83 мг-экв) и остаются практически такими же, как и в предыдущем сроке.

В водной вытяжке также отмечается заметное увеличение кальция по сравнению с контрольным вариантом (0,19 мг-экв) и по мере возрастания дозы серной пульпы (1.14, 1.90 и 2.00 мг-экв на 100 г почвы). Однако, в растворе наблюдается снижение содержания натрия от 10,61 до ~8,0 мг-экв по всем вариантам с серой. Это говорит о том, что натрий, содержащийся в растворе постепенно переходит в почвенно-поглощающий комплекс, о чем также свидетельствует повышенное содержание обменного натрия на вариантах с серой (0,70 и 0,79 мг-экв).

Таблица 18 – Эффективность 90-дневной инкубации серной пульпы на ионный состав водной вытяжки сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почв, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Варианты опыта	Сумма солей, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	pH
		Общая в HCO ₃ ⁻	От нормальных карбонатов в CO ₃ ²⁻							
Контроль (без S)	0,811	3,04	1,12	3,67	4,83	0,19	0,48	10,61		9,73
		0,185	0,030	0,13	0,232	0,004	0,006	0,244	0,01	
S-1	0,711	0,88	0,16	0,73	8,55	1,14	1,14	7,70		8,73
		0,054	0,010	0,03	0,411	0,023	0,014	0,177	0,007	
S-2	0,834	0,84	0,00	0,58	10,58	1,90	1,81	8,06		8,45
		0,051	0,000	0,02	0,508	0,038	0,022	0,185	0,01	
S-3	0,802	0,88	0,00	0,4	10,08	2,00	0,86	8,24		8,51
		0,054	0,000	0,01	0,484	0,04	0,010	0,190	0,01	

После инкубации серы на поверхности почвы образовались продукты (Na₂SO₄) окисления серы (Рисунок 1). Поэтому для их удаления потребовалась проведение промывки и определение ее эффективности на химический состав почв вариантов опыта. Их результаты представлены ниже.



А



Б

Рисунок 1 – Новообразовавшиеся вторичные продукты окисления серы на поверхности почвы (А) и их промывка (Б)

Из-за неблагоприятных водно-физических свойств (очень низкая водопроницаемость и низкая скорость фильтрации при набухании) солонцовых сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почв контрольного варианта промыть ее не удалось. А почвы вариантов с серной пульпой отличились достаточно хорошей водопроницаемостью. Проведение промывки способствовало значительному снижению иона натрия в почвенном растворе, что послужило изменению равновесия в сторону вытеснения ее из ППК. Подтверждением того является сниженное содержание обменного натрия на вариантах с серой, где она составляет 0,16, 0,22 и 0,10 мг-экв соответственно. Вместо натрия в ППК

внедряется ион кальция, который достигает значительных величин на вариантах с серной пульпой с максимумом (14,85 мг-экв) на варианте S-3 (Таблица 19).

Таблица 19 – Эффективность промывки продуктов окисления серы на химический состав и состав поглощенных оснований на сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почвах

Варианты опыта	CO ₂ , %	Сера, мг/кг	Общий гумус, %	Подвижные формы, мг/кг			Поглощенные основания, мг-экв/%				Емкость катионного обмена, мг-экв на 100г почвы
				Л/г азот	фосфор	калий	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Контроль (без S)	4,27	380,64	0,61	50,4	24	550	1,31	0,83	2,97	4,46	9,57
							13,69	8,67	31,03	46,60	
S-1	4,03	244,56	0,76	30,8	20	490	0,16	0,19	12,38	4,95	17,68
							0,90	1,07	70,02	28,00	
S-2	3,87	343,26	0,88	36,4	22	490	0,22	0,16	12,38	3,96	16,72
							1,32	0,96	74,04	23,68	
S-3	3,56	427,94	0,85	33,6	22	500	0,10	0,09	14,85	3,96	19,00
							0,53	0,47	78,16	20,84	

Об уменьшении поглощенного натрия в ППК говорят их процентные доли, которые на вариантах с серой достигли самых минимальных величин. Если после промывки доля поглощенного натрия на контрольном варианте составило 13,69% от ЕКО, то на вариантах с серой она опустилась до 0,53% от ЕКО. Это значит, что почвы вариантов опыта с серой (S1S2S3) после их инкубации и последующей промывки достигли несолонцеватого уровня ($Na^+ \leq 5,0\%$). Также следует отметить, что инкубация серной пульпы и дальнейшая промывка обеспечивает увеличение емкости поглощения от низкой (9,57 мг-экв) на контроле до высокой (19,00 мг-экв) на варианте S-3.

На контрольном варианте обменного кальция содержится всего 2,97 мг-экв. Здесь следует отметить, что в растворе в результате реакции внутрипочвенного гипса с содой могут образовываться плохо растворимые в воде карбонаты кальция, которые трудно поддаются промывке. Кроме хлоридов и сульфатов заметному вымыванию подвергаются легкогидролизуемые формы азота, подвижного фосфора и калия. Содержание первой опускается от 50,4 до 33,6 мг/кг, второй от 24,0 до 22,0 мг/кг и третьей от 550 до 500 мг/кг почвы. Из-за высокой щелочности почвенной среды почв контрольного варианта, содержащих соду, как органические, так и минеральные коллоиды приобретают подвижность и вместе с нисходящими токами воды продвигаются вниз по толще. Видимо поэтому содержание гумуса на контрольном варианте несколько низкое (0,61%) чем на вариантах с серной пульпой (~0,8%). Инкубация серы и проведение промывки оказывает влияние на ее содержание в почвах вариантов опыта. По отношению к контролю (380,64 мг/кг) меньше всего серы содержится на вариантах S-1 и S-2, составив соответственно 244,56 и 343,26 мг/кг почвы.

Промывка почв значительно снижает суммарное содержание воднорастворимых солей, т.е. изначально сильнозасоленная почва (сумма солей 0,754%) на контроле трансформируется в слабозасоленную (сумма солей 0,1-0,3%) на вариантах с серой (Таблица 20).

Таблица 20 – Эффективность промывки продуктов окисления серы на ионный состав водной вытяжки сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых почв, $\frac{\text{мг-экв}}{\%}$

Варианты опыта	Сумма солей, %	Щелочность		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	pH
		Общая в HCO ₃ ⁻	От нормальных карбонатов в CO ₃ ²⁻							
Контроль (без S)	0,754	3,60	2,32	1,89	5,15	0,68	2,93	6,46	0,57	10,21
		0,22	0,070	0,067	0,247	0,014	0,036	0,149	0,022	
S-1	0,121	0,44	0,08	0,07	1,18	0,72	0,36	0,49	0,12	8,72
		0,027	0,002	0,002	0,057	0,014	0,004	0,011	0,005	
S-2	0,149	0,40	0,00	0,10	1,60	1,53	0,27	0,14	0,17	8,32
		0,024	0,000	0,004	0,077	0,031	0,003	0,003	0,007	
S-3	0,314	0,36	0,00	0,03	4,18	3,15	0,81	0,38	0,23	8,12
		0,022	0,000	0,001	0,201	0,063	0,010	0,009	0,009	

В анионном составе наблюдается значительное снижение гидрокарбонат иона (~0,4 мг-экв), опустившись уже ниже порога ее токсичности (0,8 мг-экв). А нормальные карбонаты на вариантах S-2 и S-3, как и до промывки остались на уровне нулевых значений. Кроме указанных ионов промывке подвергаются ионы хлора и сульфатов. Их концентрация в сравнении с контрольным вариантом опускается от 1,89 до 0,03 мг-экв и от 5,15 до 1,60 мг-экв соответственно. В катионном составе промыванию подвергается ион натрия, который снизился от 6,46 мг-экв на контроле до 0,14 мг-экв на варианте S-2.

На снижение концентрации иона кальция в растворе, промывка влияние не оказало, по-видимому, из-за плохой растворимости образовавшихся соединений карбонатов кальция. Несмотря на создание промывного водного режима почв ион кальция увеличивается по мере возрастания дозы серной пульпы в сравнении с контрольным вариантом.

Таким образом, после инкубации серной пульпы и проведения промывки продуктов окисления серы среди вариантов опыта наиболее высокой эффективностью отличился вариант S-2, затем только вариант S-3.

После истечения 90 дней инкубации серной пульпы и проведение промывки вторичных продуктов окисления серы в уже промелиорированные луговые почвы в сосудах посеяна люцерна (Рисунок 2), которая обладает способностью улучшать азотный режим почв и структуру за счет своей мощной корневой системы. Тем более она является среднеустойчивым многолетним растением, выступающая как первый освоитель засоленных солонцов и солонцеватых почв после их мелиорации.



Контроль
(без S)

S₁

S₂

S₃

Рисунок 2 – Общий вид сосудов с внесенной серой и без нее и состояние посеянной люцерны

Основная цель возделывания люцерны является определение степени завершенности мелиорации сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых солонцов серной пульпой и ее влияние на солевой и питательный режимы и состав поглощенных оснований. Кроме того, в этом этапе исследований установлен мелиоративный эффект серной пульпы на параметры почвы и на урожайность многолетней люцерны первого года жизни. Во время онтогенеза последней проводились все соответствующие работы по их уходу. Проводилось определение количественных характеристик (высота, урожайность и др.) люцерны по всем вариантам опыта с серной пульпой.

После мелиоративного периода на промелиорированных луговых почвах вариантов опыта возделывание люцерны не оказало влияние на содержание гумуса. Ее количество по сравнению с контрольным вариантом не претерпела заметных изменений. Почвы очень низкообеспечены общим гумусом по всем вариантам опыта. Небольшая разница, в-десятых, и сотых значениях содержания гумуса связано с естественной неоднородностью самой почвы.

На контрольном варианте содержание гумуса составило 0,74%, а на вариантах с серной пульпой (S₁S₂S₃) соответственно 0.71, 0.84 и 0.77%. Однако, возделывание люцерны на промелиорированных серной пульпой луговых почвах оказало заметное влияние на содержание легкогидролизуемого азота. Ее концентрация, особенно заметно повышается на вариантах S₂ и S₃ до 47,6 и 50,4 мг/кг. Тогда как на контроле такая форма азота составило всего 36,4 мг/кг. Прирост легкогидролизуемого азота в мелиорируемых серной пульпой почвах связан, по-видимому, с содержащимся в серосодержащем веществе золы, которая составляет 13,057% массовой доли. Это говорит о том, что после мелиорации серной пульпой, возделывание люцерны обеспечивает рост степени обеспеченности луговых почв легкогидролизуемым азотом от низкой до средней (Таблица 21).

Таблица 21 – Эффективность возделывания люцерны на агрохимические показатели протелиорированных луговых почв

Варианты опыта	CO ₂ , %	Общий гумус, %	Подвижные формы, мг/кг				Валовые формы, %		
			Сера	Л/г азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Контроль (без S)	4,05	0,74	20,91	36,4	20,0	540	0,042	0,167	3,286
S ₁	3,18	0,71	21,90	33,6	26,0	460	0,056	0,115	3,180
S ₂	3,01	0,84	19,62	47,6	30,0	440	0,070	0,159	3,392
S ₃	2,34	0,77	123,07	50,4	30,0	450	0,070	0,139	3,075

Содержание подвижного фосфора также увеличилась по мере роста и применения серной пульпы, однако протелиорированная луговая почва осталось на уровне среднеобеспеченной. Так, если ее содержание на контроле составило 20,0 мг/кг, то на вариантах с серой она выросла до 30,0 мг/кг. В содержании подвижной формы калия наблюдается обратная зависимость. По отношению к контролю ее содержание на вариантах с серой наоборот уменьшается. Если в первом содержание подвижного калия составило 540 мг/кг, то в остальных она варьировала от 440 до 460 мг/кг. Несмотря на указанные изменения, почвы всех вариантов опыта высокообеспечены этой формой элемента. В валовых формах азота отмечаются изменения в сторону увеличения, однако они не столь существенные. Ее величина на контроле была равна 0,042%, тогда как на вариантах S₂ и S₃ она выросла до 0,070%. В целом протелиорированные луговые почвы всех вариантов опыта характеризовались на этот момент низкой обеспеченностью валовым азотом.

Возделывание люцерны на протелиорированных луговых почвах вариантов опыта не оказали заметного влияния на содержание валового фосфора. По нему почва высокообеспечена на контроле и на варианте S₂, и среднеобеспечены на вариантах S₁ и S₃. Если на первых двух ее содержание составило 0,167-0,159%, то на вторых двух - 0,115-0,139%. Наконец, в содержании валовой формы калия также наблюдается такая же ситуация как у фосфора, на фоне общей высокой обеспеченности указанным элементом.

Среди всех элементов заслуживает внимания сера, которая в начальном этапе эксперимента отличилась значительным содержанием (после 30 дней инкубации на контроле было 159,60 мг/кг, а на вариантах с серой от 189,45 до 422,60 мг/кг), причем по мере повышения дозы серной пульпы ее содержание пропорционально возрастало.

Однако после инкубации серы, промывки и главное после возделывание люцерны ее содержание значительно опустилась. Дружные значение серы установились на вариантах серы (S₁ и S₂) и контроля на уровне в среднем 20,0 мг/кг. Тогда как на варианте S₃ все еще сохраняется запас серы в количестве 123,07 мг/кг. Низкое содержание серы на контроле можно объяснить с серным

питанием люцерны в начальной стадии ее развития. Значительное снижение серы на почвах вариантов опыта следует объяснить, по-видимому, с вовлечением внесенной серы в мелиоративный процесс, когда она окисляется и вступает в реакции с соединениями жидкой и твердой фазы почв. Также в снижении содержания имеющей серы немаловажную роль сыграла промывка, которая обеспечила выщелачивание почвенной толщи от сульфатов натрия. При возделывании люцерны на промелиорированных почвах обеспечивается постепенное снижения содержание CO_2 карбонатов от 4,05 на контроле до 2,34% на варианте S_3 .

Данные полученные после возделывания люцерны первого года жизни показали, что промелиорированные луговые почвы на вариантах S_1 и S_2 достигли незасоленного уровня. Содержание воднорастворимых солей на этих вариантах составили 0,044%, т.е. ниже границы засоления (0,1-0,3%). Здесь следует отметить, что слабая засоленность луговых почв контрольного варианта характерно для содово-засоленных почв, о чем свидетельствует очень сильная щелочность почвенной среды (рН 9,24), а также высокое содержание карбонат (1,44 мг-экв) и гидрокарбонат (3,08 мг-экв) ионов. Последние значительно превышают пороги их токсичности для растений, которые составляют 0,03 и 0,8 мг-экв соответственно. Значение указанных ионов существенно снижены серной пульпой и в какой-то степени возделыванием люцерной. Причем чем выше доза серной пульпы, тем меньше становится содержание гидрокарбонатов. Ее концентрация почти в два раза ниже ее порогового (0,8 мг-экв) уровня на варианте S_1 (0,44 мг-экв). При применении S_3 содержание гидрокарбонат иона вовсе становится минимальной (0,24 мг-экв) (Таблица 22).

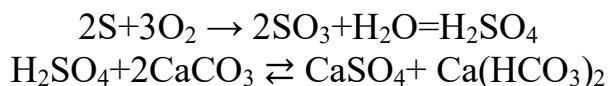
Таблица 22 – Эффективность возделывания люцерны на ионный состав водной вытяжки промелиорированных луговых почв

Варианты опыта	Сумма солей, %	Щелочность		Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	рН
		Общая в HCO_3^-	От нормальных карбонатов в CO_3^{2-}							
Контроль (без S)	0,385	3,08	1,44	0,22	1,62	0,47	0,47	3,68	0,30	9,24
		0,188	0,043	0,008	0,078	0,009	0,006	0,085	0,012	
S_1	0,045	0,44	0,00	0,00	0,14	0,28	0,19	0,03	0,08	7,80
		0,027	0,000	0,000	0,007	0,006	0,002	0,001	0,003	
S_2	0,044	0,40	0,00	0,00	0,17	0,37	0,09	0,03	0,07	7,72
		0,024	0,000	0,000	0,008	0,007	0,001	0,001	0,003	
S_3	0,281	0,24	0,00	0,00	3,82	3,27	0,38	0,23	0,19	7,36
		0,015	0,000	0,000	0,183	0,065	0,005	0,005	0,007	
Порог токсичности		0,80	0,03	0,30	1,70	-	-	2,00	-	-
		0,050	0,001	0,010	0,080	-	-	0,046	-	-

Следует также обратить внимание на концентрацию карбонат иона, которая была полностью нейтрализована (0,00 мг-экв) воздействием серной пульпы во всех испытанных дозах ($S_1S_2S_3$). Это говорит о формировании достаточно благоприятной почвенной среды, о чем свидетельствует значения

pH почвы. То есть очень сильнощелочная почва (pH 9,24) контрольного варианта с помощью кислования серной пульпой перешла в разряд слабощелочных на вариантах S₁ и S₂ (pH 7,8), и нейтральных на варианте S₃ (pH 7,36). В отношении остальных ионов почвенного раствора также отмечаются существенные изменения в положительную сторону. Так, например, содержание сульфат иона на вариантах S₁ и S₂ в сравнении с контрольным вариантом (1,62 мг-экв) значительно снизилось до отметки 0,14 и 0,17 мг-экв соответственно.

Единственное исключение составляет вариант S₃, где концентрации сульфат и кальций ионов достаточно заметные, как по отношению к контролю, так и другим вариантам опыта. Образование их в количестве 3,82 и 3,27 мг-экв, по-видимому, связан с продолжающимся окислением серы сероокисляющими микроорганизмами, в результате которой по схеме образуется внутрпочвенный гипс.



Среди катионов почвенного раствора резко выделяется ион натрия, который после возделывания люцерны на вариантах S₁ и S₂ снижается до минимальных значений, составив соответственно 0,03 мг-экв. Несколько больше содержится натрия (0,23 мг-экв) на варианте S₃. Однако, все эти значения в сравнении со значением контрольного варианта (3,68 мг-экв) существенно низкие и не превышают порог ее токсичности (2,0 мг-экв).

Таким образом, в отношении ионного состава промелиорированной луговой почвы в конце опыта наилучшими вариантами оказываются S₂, а затем S₃.

Возделывание люцерны положительно сказалось на состав поглощенных катионов мелиорируемых луговых почв (Таблица 23). В составе поглощенных катионов ион натрия, как известно является диагностическим показателем солонцеватости почв. Ее содержание на контроле со временем повышалось и достигло 5,10 мг-экв на 100 г почвы, тогда как после 30 дней инкубации серной пульпы она равнялось 0,75 мг-экв. Это, по-видимому, связано с ионно-обменными процессами, которые протекают между почвенным раствором и поглощающим комплексом. Весьма вероятно, что равновесие последних было нарушено, когда рассыпные почвенные образцы устоялись и стремились к уравниванию среды. В любом случае в этом сроке внесенная серная пульпа и последующая биомелиорация люцерной способствовали снижению поглощенного натрия от 5,10 мг-экв на контроле до 1.52, 0.20 и 0.74 мг-экв на вариантах S₁, S₂ и S₃ соответственно. Доля обменного натрия в последних составило 1.52, 0.20 и 0.74% от ЕКО в сравнении с контрольным вариантом (61% от ЕКО). Это значит, что исходная луговая солонцовая почва стало несолонцеватой почвой. Значительное снижение поглощенного натрия в ППК привело к внедрению обменного кальция, которые на варианте S₃ достигло максимальных величин (90.07% от ЕКО).

Таблица 23 – Эффективность возделывания люцерны на содержание поглощенных оснований промелиорированных луговых почв

Варианты опыта	Поглощенные основания, мг-экв/%				ЕКО, мг-экв на 100 г почвы
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
Контроль (без S)	5,10	0,32	0,98	1,96	8,36
	61,00	3,83	11,72	23,44	
S1	0,15	0,38	5,88	3,43	9,84
	1,52	3,86	59,76	34,86	
S2	0,02	0,30	6,86	2,94	10,12
	0,20	2,96	67,79	29,05	
S3	0,10	0,27	12,25	0,98	13,60
	0,74	1,99	90,07	7,21	

Поглощенного кальция на контрольном варианте было всего 11.72% от ЕКО, а на вариантах S₁ и S₂ соответственно 59.76 и 67.79% от ЕКО, что также является существенным и необходимым для нормального роста и развития растений. Интересным является тот факт, что содержание поглощенного магния, которая участвует в образовании солонцеватости почвы, также было снижено до минимальных значений (7.21% от ЕКО на варианте S₃). Причем содержание поглощенного магния пропорционально снижается по мере возрастания доз серной пульпы. Если доля магния на контроле составило 23.44%, то на вариантах S₁ и S₂ она равнялась 34.86 и 29.05% от ЕКО соответственно. Инкубация серной пульпы и возделывание люцерны не оказало заметного влияния на содержание поглощенного калия.

Таким образом, в отношении состава поглощенных катионов наилучшими вариантами являются S₂ и S₃, в которых почва обрела среднюю емкость поглощения (10,12-13,60 мг-экв) при низкой емкости на контроле (8,36 мг-экв).

Инкубация серной пульпы и последующая промывка продуктов ее химических реакции, а также возделывание люцерны, как следовало ожидать, не оказывает влияние на гранулометрический состав промелиорированной луговой почвы вариантов опыта (Таблица 24). Если в начале на контроле последняя являлось среднесуглинистой, то после всех манипуляций с серной пульпой, почва осталась на уровне среднесуглинистой. Об этом свидетельствует содержание физической глины (<0.01мм), которые на контроле составило 26.94%, а на вариантах с серной пульпой (S₁S₂S₃) соответственно 26.58, 24.55 и 26.16%. Однако, в составе фракции все же наблюдается некоторая закономерность.

Здесь следует обратить внимание на содержание мелкого песка (0.25-0.05 мм), которые на вариантах с серой дружно увеличились по отношению к контролю. В последнем она составило 56.48%. а на вариантах с серой варьировали от 60.88 (S₂) до 64.65% (S₂). Обратное явление наблюдается во

фракции крупной пыли (0.05-0.01мм), которое резко уменьшается (до 8.45%) на вариантах с серной пульпой в сравнении с контрольным вариантом (14.47%). Отмеченное перераспределение фракции на мой взгляд не следует связывать с серной пульпой, а скорее всего с другими косвенными факторами.

Таблица 24 – Эффективность возделывания люцерны на содержание гранулометрического состава промелиорированных почв

Варианты опыта	А.С.Н % H ₂ O	Содержание фракции в % на абсолютную сухую почву						
		Размеры фракции в мм						
		Песок		Пыль			Ил <0,001	Физическая глина, < 0,01
		1,0 -0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001		
Контроль (без S)	0,50	2,111	56,482	14,472	3,216	20,905	2,814	26,935
S-1	0,66	2,758	61,003	9,664	4,027	19,328	3,221	26,575
S-2	0,60	2,354	64,648	8,451	0,805	19,718	4,024	24,547
S-3	0,62	2,495	60,877	10,465	4,830	18,112	3,220	26,162

Луговые солонцы смешанно гидрокарбонатно-сульфатного засоления на контроле характеризуются очень высокой щелочностью (рН 10,0) и содержит водорастворимые соли, вредные для растений. Кроме того, рассматриваемые почвы обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами. Отмеченные обстоятельства не позволили прижиться люцерне, которая была посеяна на контроле. В связи с чем, в нем установилась нулевая урожайность (Таблица 25). Однако, мелиорация серной пульпой содово-засоленных луговых почв позволило получить удовлетворительный урожай люцерны. Максимум продуктивности сырой массы люцерны показал вариант S₂ с урожайностью одного укоса 56.14г или 91,23 ц/га при 25,80 см росте.

Таблица 25 – Влияние инкубации серной пульпы на продуктивность люцерны

Варианты опыта	Урожайность зеленой массы люцерны, г	В пересчете на ц/га	Средняя высота люцерны, см
Контроль (без S)	0,00	0,00	0,00
S1	48,10	78,16	27,05
S2	56,14	91,23	25,80
S3	40,65	66,05	16,80

На втором месте оказался вариант S₁, где была установлена урожайность на уровне 48,10 г или 78,16 ц/га при росте 27,05 см. Наконец, последнее место занимает вариант S₃ с зафиксированной урожайностью зеленой массы люцерны 40,65г или 66,05 ц/га при среднем росте 16,80см. Состояние люцерны на вариантах опыта с серной пульпой представлены на рисунке 3, а их сравнительная биометрия на рисунке 4.



Контроль



Варианты с серной пульпой

Рисунок 3 – Общий вид растений вариантов опыта на момент

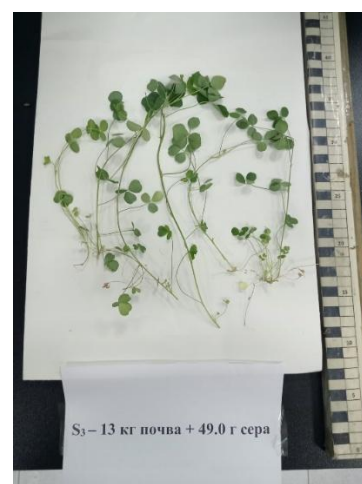


Рисунок 4 – Биометрия люцерны на луговых почвах, промелиорированных серной пульпой

Таким образом, в отношении полученной урожайности люцерны наиболее эффективными вариантами оказались S_2 и S_1 . При том, что выбранные для исследований луговые почвы являются практически бесплодными.

В модельном лабораторном эксперименте в условиях смешанно-сульфатно-гидрокарбонатных и хлоридно-гидрокарбонатно-сульфатных луговых солонцов впервые испытана серная пульпа АО «Ембімұнайгаз» в качестве мелиоранта (то есть почвоулучшателя). Выбранные почвы для мелиорации изначально отличались неблагоприятным составом и свойствами для сельскохозяйственных культур, что позволяет считать их бесплодными. Однако, в результате проведенных исследований удалось нормализовать состояние почвы как в почвенном растворе, так и в почвенно-

поглощающем комплексе. Иначе говоря, длительная инкубация серной пульпы, последующая промывка вторичных продуктов обменных реакции, а также возделывание люцерны первого года жизни позволило полностью нейтрализовать (0,00 мг-экв) нормальные карбонаты и значительно снизить (0,36 мг-экв) содержание гидрокарбонатов в водной вытяжке, которые в большом количестве ($\geq 0,03$ и $\geq 0,8$ мг-экв) вызывают высокую щелочность (рН 9,0-10,0) почвенной среды. Значение последней было заметно снижено до 7,8 на варианте S1, до 7,72 на варианте S2 и до 7,36 на варианте S3, т.е. в максимальной дозе серной пульпы почва стало нейтральной. Кроме того, инкубация возрастающих доз серной пульпы, промывка и возделывание люцерны существенно снижает долю поглощенного натрия ($S_3=0,74\%$) и значительно повышает долю поглощенного кальция ($S_3=90,07\%$). Причем емкость поглощения мелиорированной луговой почвы повышается от низкой (ЕКО=8,36 мг-экв) до средней (ЕКО=13,60 мг-экв). Среди всех испытанных вариантов серной пульпы наиболее эффективной оказался вариант S2, а затем S3. Положительный эффект серной пульпы на химический ионный состав бесплодного содово-засоленного лугового солонца позволил в конце получить удовлетворительный урожай люцерны. По данным одного укоса на варианте S1 был получен 78,16 ц/га, а на двойной дозе S2 – 91,23 ц/га и на тройной дозе S3 – 66,05 ц/га сырой массы люцерны.

На основании проведенных исследований, преследовавшие цель: определить достоинство серной пульпы в качестве мелиоранта для повышения плодородия содово-засоленных луговых солонцов, выяснено, что их вполне можно рекомендовать для хозяйств, на территории которых получили широкое распространение содово-засоленные солонцы и солонцеватые почвы. Среди испытанных возрастающих доз серной пульпы наиболее эффективным оказалось ее двойная (S_2) и тройная (S_3) доза, в количествах 8,0 и 12,0 т/га соответственно. Однако, следует учесть, что норма внесения серной пульпы напрямую будет зависеть от химического состава выбранной для мелиорации почвы, т.е. от показателей, как например: мощность солонцового горизонта и глубина мелиорируемого слоя, содержание HCO_3^- и CO_3^{2-} ионов в водной вытяжке и содержание поглощенного Na^+ в ППК и емкость поглощения.

При использовании серной пульпы для мелиорации необходимо поддерживать нижеследующие минимальные условия: внесение серной пульпы на глубину с таким расчетом, чтобы был охвачен солонцовый и надсолонцовый горизонты, тщательное их перемешивание, поддержание температуры и влажности почвы во время инкубации серной пульпы на уровне 23° и 21% соответственно для протекания окислительных процессов, как минимум полугодичная, либо лучше всего годовая инкубация, промывка вторичных продуктов химических реакции и возделывание многолетних трав (н.р, люцерна). Обязательным условием при использовании серной пульпы должна быть промывка образовавшихся вторичных продуктов обменных реакции. Во время инкубации серной пульпы должна поддерживаться оптимальная влажность почвы, в противном случае серная пульпа может оказаться балластом в сухой почве или участвовать в переувлажненных

почвах в восстановительных процессах с образованием сероводорода. Поддерживание оптимальной влажности должна производиться орошением. Ниже представлены порядок выполнения полевых работ по мелиорации смешанно гидрокарбонатных луговых солонцов предгорной равнины юго-востока Казахстана:

- определение исходной засоленности (состояние солончаковатости и солонцеватости) для расчета нормы внесения серной пульпы (весной);
- проведение орошения мелиорируемой почвы до глубины 40см;
- проведение глубокой вспашки на глубину 40см с оборотом пласта;
- проведения дискования для разрушения глыбисто-крупно-комковатых структурных агрегатов вывернутого на поверхность солонцового горизонта;
- проведение текущей планировки;
- внесение рекомендуемой дозы серной пульпы в почву из специально оборудованной техники;
- обеспечение равномерного перемешивания серной пульпы с почвой солонцового слоя дискованием или лучше всего фрезерованием;
- проведение орошений почву до глубины 40 см;
- для интенсивного протекания процессов взаимодействия почвы солонцового горизонта с серной пульпой обеспечить оптимальные условия увлажнения, проведением периодического орошения в течение 2-3 недель;
- через месяц после первой вспашки провести промывку почвы для вытеснения в нижележащие слои «вторичных солей» подачей 1,5-2 объема воды равной полной влагоемкости почвы, повторяя подачу воды 3 раза через 5-6 дней, т.е. после каждого освобождения мелиоруемого слоя почвы от гравитационной воды (воды крупных и средних пор); при глубоком залегании грунтовых вод промывка должна осуществляться без дренажа, а при близком залегании на фоне дренажа.
- внесение расчетных норм органических и минеральных удобрений;
- проведение повторной вспашки на глубину 40 см с оборотом пласта;
- проведение дискования (осенью);
- проведение контрольного изучения состава и свойств промелиорированных почв на предмет завершенности мелиоративного периода (осень).
- посев многолетних трав (весной следующего года) и их выращивания при оптимальном водном режиме почвы в вегетационный и поддержание промывного водного режима во вневегетационный периоды (осенне-весенние).

Необходимо обратить внимание на тот факт, что при внесении серной пульпы могут возникнуть сложности из-за образования их комков, по причине того, что в нем содержание массовой доли воды составляет 26,60%.

В настоящее время серные добавки на степных натриево-магниевых солонцах испытываются в рамках проекта АР26101627 «Разработка научно-технологических основ повышения плодородия содово-засоленных солонцовых почв зернового пояса Казахстана серными и серосодержащими мелиорантами» ГФ МНВО РК в хозяйствах Акмолинской области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Гедройц К.К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Избранное сочинения М., 1955. - т. 3. - С. 299-355.
- 2 Иванова Е.Н. Генезис и эволюция засоленных почв, в связи с географической средой. Почвы СССР, М., 1939. - ч.1. – С. 71-92.
- 3 Ковда В.А. Солончаки и солонцы. М-Л. Изд-во АН СССР, 1937. – с. 243.
- 4 Орловский Н.В. Исследования по генезису, солевому режиму и мелиорации солонцов и других солонцовых почв Барабинской низменности. Труды Почвенного института им «В.В. Докучаева». М, 1955. – т. 47. – С. 226-409.
- 5 Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. М. Сельхозгиз. 1947. – с. 456.
- 6 Базилевич Н.И. Обмен минеральных элементов в различных типах степей и лугов на черноземных, каштановых почвах и солонцах. Проблемы почвоведения. М, 1962. - т.1. – С. 148-206.
- 7 Антипов-Каратаев И.Н., Пак К.П. Мелиорация солонцов в СССР. М, 1953. – с. 561.
- 8 Андреев Б.В. Повышение плодородия солонцовых и солонцеватых почв. Саратов, 1961. – с.39.
- 9 Бегучев П.П., Тихонова В.Г. Подбор культур для коренного улучшения пастбищ на солонцовых почвах. Труды Волгоградского СХИ, 1974. - С. 174-195.
- 10 Большаков А.Ф. Почвы солонцового комплекса северо-западной части Прикаспийской низменности и способы их освоения. //Почвоведение. М, 1954. - № 1. – С.1-13.
- 11 Градобоев Н.Д. Опыт мелиорации солонцов и солонцеватых почв Западной Сибири. Сб. «Мелиорация солонцов». М, 1966. – С. 38-50.
- 12 Константинов М.Д. Пути освоения солонцовых почв в Оренбургской области. В кН «Мелиорация солонцов», М, 1968. – С. 66-70.
- 13 Мигуцкий А.С. Опыт освоения степных солонцов Омской области. В кН. Вопросы освоения солонцов Кулунды и Барабы. Новосибирск, 1962. – С. 255-265.
- 14 Смаилов К.Ш. С.К. Култаев. Освоение солонцов полупустынной зоны Актюбинской области однолетними кормовыми культурами. КН. Пятая республиканская конференция почвоведов Казахстана. Алма-Ата, из-во «Кайнар», 1982. – С. 137-138.
- 15 Байтканов К.А., Абдуллин Г.Г., Акшалов Б. Приемы коренного улучшения естественных сенокосов и пастбищ на светло-каштановых солонцеватых и солонцовых почвах Тургайской степи. кн. улучшение и рациональное использование степных пастбищ Казахстана. Алма-Ата, 1977. – С. 160-174.
- 16 Михайличенко В.Н. Асанбаев И.К. Кисляков Л.Ф. Возделывание кормовых культур на солонцах. Алма-Ата, из-во «Кайнар» 1984. – с. 90.

17 Култаев С.К., Абдуллин Г.К., Серкбаев А. Освоение солонцовой зоны каштановых почв. кн. Вопросы интенсификаций лугопастбищного хозяйства в Казахстане. Алма-Ата, 1980. – С. 32-40.

18 Даутбаев А.Б. Сравнительная характеристика солонцов подзоны южных черноземов и темно-каштановых почв Целиноградской области. Совершенствование приемов и методов мелиорации солонцовых почв. Тезисы докладов на Всесоюзном научно-техническом совещании (25-29 мая 1976) Ростов -1976. М, 1976. – С.36.

19 Асанбаев И.К. Биологический кругооборот веществ в культурных биоценозах и его влияние на мелиорацию черноземных солонцов. Совершенствование приемов и методов мелиорации солонцовых почв. Тезисы докладов на Всесоюзном научно-техническом совещании (25-29 мая 1976) Ростов -1976. М, 1976. – С.69-71.

20 Михайличенко В.Н. Мелиорация солонцовых почв в Северном Казахстане. В кн. Развитие почвоведения в Казахстане. Алма-Ата, 1960. – с. 179.

21 Байтканов К.А. Улучшение и освоение солонцов под кормовые культуры. Алма-Ата, 1973. – с.141.

22 Кирюшин В.И. Солонцы и их мелиорация. Алма-Ата, 1976. – С. 174.

23 Новикова А.Ф. О мелиорации солонцов темно-каштановой подзоны Кустанайской области. //Почвоведение 1976. - №8. – С. 96-106.

24 Култаев С.К. Улучшение и рациональное использование степных пастбищ Казахстана. Алма-Ата, 1977. – С. 126-134.

25 Орловский Н.В. Исследования по генезису, солевому режиму и мелиораций солонцов и других солонцеватых почв Барабинской низменности. М. Труды Почвенного института им В.В.Докучаева. 1955. – т.47. – С. 226-409.

26 Степанец И.Т. Действие мелиоративных вспашек в условиях богарного земледелия Калмыцкой АССР. М. Бюлл. Почвенного института им В.В. Докучаева, 1973. - вып. 6. – С. 20-26.

27 Jiang Z., Ding J., Li Z., Liu J. Present knowledge and future challenges in remote sensing for soil salinization monitoring: a review of bibliometric analysis. International Journal of Remote Sensing, 2025, 46(1), 247–272. DOI: 10.1080/01431161.2024.2412804.

28 Prokopieva K. O., Sobolev I. V. Digital Mapping of Soil Salinity in the Southern Steppe Zone of Russia Based on Artificial Neural Networks and Linear Regression. Moscow University Soil Science Bulletin, 2024, 79(4), 536–549. DOI: 10.3103/S0147687424700509.

29 Wang F., Han L., Liu L. et al. Advancements and Perspective in the Quantitative Assessment of Soil Salinity Utilizing Remote Sensing and Machine Learning Algorithms: A Review. Remote Sensing, 2024, 16(24), 4812. DOI: 10.3390/rs16244812.

30 Wang J., Ding J., Ge X. et al. Monitoring Soil Salinization on the Basis of Remote Sensing and Proximal Soil Sensing: Progress and Perspective. National Remote Sensing Bulletin, 2024, 28(9), 2187–2208. DOI: 10.11834/jrs.20233164.

31 Morley A. M., Mather T. A., Pyle D. M., Kendall J.-M. Detecting Shallow Subsurface Anomalies with Airborne and Spaceborne Remote Sensing: A Review. *Science of Remote Sensing*, 2025, 11, 100187. DOI: 10.1016/j.srs.2024.100187.

32 Калдыбаев С. Мелиорация засоленных почв Казахстана, Алматы, 2016. – 176-191 с.

33 Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель республики Казахстан за 2025 год, Астана 2025. – 355 с.

34 Отчет о научно-исследовательской работе по теме: Оценка эффективности серной пульпы побочного продукта АО «Ембімұнайгаз» в качестве мелиоранта для содово-засоленных гидроморфных или полугидроморфных солонцов орошаемой зоны юго-востока Казахстана, Алматы 2024 – 54 с.

35 Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по мелиоративному почвоведению. – М., 1981. – 38 с.

Научное издание

Куришбаев А.К., д.с.-х.н., профессор, академик НАН РК
(НАО «КАЗНАИУ»)
Насиев Б.Н., доктор с.-х. наук, профессор, академик НАН РК
(НАО «ЗКАТУ им. Жангир хана»)
Калдыбаев С.К., д.с.-х.н., профессор (НАО «КАЗНАИУ»)
Смаилов К.Ш., д.с.-х.н., профессор (НАО «КАЗНАИУ»)
Атакулов Т.А., д.с.-х.н., профессор (НАО «КАЗНАИУ»)
Кушенов К.И., к.с.-х.н. (ТОО «КазНИИЖиК»)
Бекмухамедов Н.Э., к.с.-х.н. (АО «НЦ КИиТ»)
Ержанова К.М., к.с.-х.н., профессор (НАО «КАЗНАИУ»)
Пачикин К.Н., к.б.н. (ТОО «КазНИИПиА им. У.Успанова»)
Наушабаев А.Х., PhD, асс. профессор (НАО «КАЗНАИУ»)
Абдрахманов И.Б., магистр (ТОО «Бауыр ЛТД»)
Абдирахымов Н.А., PhD (НАО «КАЗНАИУ»)
Мансурова К.А., PhD докторант (НАО «КАЗНАИУ»)
Абай А.К., PhD докторант (НАО «КАЗНАИУ»)
Сахбек Ә.С., PhD докторант (НАО «КАЗНАИУ»)
Түсіпқали С.Қ., (Управления нефтегазохимии Казмунайгаз Инжиниринг)

**РЕКОМЕНДАЦИЯ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПАСТБИЩАХ
ПО ГЕОГРАФИЧЕСКИМ ИЛИ КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ
КАЗАХСТАНА**

Подписано к печати 09.09.2026 г.
Формат 60x84¹/₁₆ Бумага листовая 80 м/г
Объем 2,81 п.л. Заказ № 33753
Тираж 70 экз

**Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных оригиналов**

в ИП «Центр Оперативной Полиграфии»
г.Алматы, ул. Масанчи 23, литЗ.