

УДК 631.413:631.445.53

## ВОЗМОЖНОСТЬ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОЗВРАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ РАННЕ МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВЫХ ЗЕМЕЛЬ (ОБЗОР)

© 2020 г. И. Н. Любимова<sup>а, \*</sup>, И. А. Салпагарова<sup>б</sup>

<sup>а</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017 Россия

<sup>б</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, Москва, 119991 Россия

\*e-mail: in080643@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.01.2019 г.

После доработки 07.02.2020 г.

Принята к публикации 26.02.2020 г.

С использованием собственных и литературных данных проведен анализ направленности изменений свойств почв солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон в результате мелиорации, в процессе сельскохозяйственного использования и при выводе мелиорированных земель из сельскохозяйственного оборота. Дан экспертный прогноз о современном состоянии залежных мелиорированных солонцовых территорий и целесообразности их использования в сельском хозяйстве. Рассмотрены следующие мелиорированные почвы: агроземы солонцовые (Sodic Protosalic Cambisol (Loamic, Aric, Protosalic)), агроземы текстурно-карбонатные (Eutric Cambisol (Loamic, Aric, Protosalic)), агросолонцы (Endocalcaric Luvisol (Loamic, Aric, Cutanic, Protosodic)), агрокаштановые (Eutric Cambisol (Siltic, Aric)) и лугово-каштановые (Haplic Kastanozems). Показано, что залежные солонцы, в которых при мелиорации сохранился солонцовый горизонт, через короткий промежуток времени восстанавливают свое строение и свойства, и приближаются к целинным почвам. В залежных солонцах сухостепной зоны с разрушенным и дезинтегрированным солонцовым горизонтом не происходит реставрации солонцового профиля. Они в течение длительного времени сохраняют свойства, приобретенные под действием мелиорации.

*Ключевые слова:* мелиорация солонцов, агросолонцы, агроземы солонцовые, залежные солонцовые земли

DOI: 10.31857/S0032180X20090099

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение уровня сельскохозяйственного производства в первую очередь зависит от состояния почв, их ресурсного потенциала. Солонцы относятся к наиболее сложным для сельскохозяйственного использования почвам. Общая площадь солонцов в России составляет 30,8 млн га. Встречаются они в лесостепной, степной, сухостепной, полупустынной зонах. Наибольшее их количество находится в Поволжском и Западно-Сибирском регионах [30]. Солонцы не образуют сплошного покрова, а залегают пятнами разной площади и конфигурации среди зональных почв, образуя комплексы и сочетания с разным долевым участием. В естественном состоянии солонцы малопродуктивны, а их наиболее злостные виды — корковые солонцы — часто практически бесплодны. Во влажные годы на средних и глубоких солонцах с мощностью надсолонцового горизонта более 10–15 см, урожаи трав, зерновых и кормовых культур приближаются к урожаю на зональных почвах. Ак-

тивное вовлечение солонцовых земель в сельскохозяйственное производство всегда сдерживалось специфическими водно-физическими свойствами этих почв. Диапазон влаги, при котором солонцы находятся в состоянии физической спелости для обработки, непродолжителен по времени и у солонцов наступает позже, чем у рядом расположенных зональных почв. Более ранняя обработка солонцовых комплексов затруднена, так как техника вязнет на еще влажных пятнах солонцов. При выпадении дождевых осадков на солонцовой пашне образуется корка, препятствующая прорастанию семян. Все это приводит к разновременному развитию сельскохозяйственных культур на солонцовых и зональных почвах и, как следствие, к потере урожая.

Использование солонцов в сельском хозяйстве без их мелиорации в большинстве случаев малоэффективно. Наиболее активно изучение и освоение солонцовых почв велось в СССР, Канаде и Венгрии [9, 36, 37, 40, 42, 43]. В СССР, начи-

ная с шестидесятых и до конца девяностых годов, проводились широкомасштабные исследования по разработке, испытанию и оценке различных технологических приемов и эффективности мелиорации на солонцовых землях России (ЦЧО, Поволжье, Северный Кавказ, Южный Урал, Западная Сибирь и Алтайский Край). Были разработаны все-союзные и региональные рекомендации по мелиорации солонцов с агро-мелиоративной группировкой почв по регионам. К началу 90-х гг. прошлого века значительная часть распаханых солонцовых территорий России была мелиорирована. Мелиорация солонцов субсидировалась государством. За рубежом активного освоения солонцовых земель не произошло. В основном, там развивались исследования, направленные на диагностику вторичного осолонцевания орошаемых почв и на борьбу с этим явлением, моделирование этих процессов [38, 39, 41, 44, 45].

Для улучшения солонцов использовали: 1 – химическую мелиорацию (внесение химических веществ в почву на фоне глубоких вспашек); 2 – мелиорацию за счет внутрипочвенных запасов кальцийсодержащих соединений с использованием глубоких мелиоративных обработок (само-мелиорация); 3 – биологическую мелиорацию (фитомелиорацию) [30]. Химическая мелиорация применялась в регионах с количеством выпадающих осадков более 300–350 мм в год. В сухостепной и полупустынной зонах, эффективность химической мелиорации солонцов в отсутствие орошения резко снижалась, а затраты на ее проведение часто не окупались в течение многих лет. Поэтому основными мелиоративными приемами улучшения этих почв являлись глубокие мелиоративные обработки с вовлечением в мелиоративный слой почвенного гипса и карбонатов и глубокое безотвальное рыхление.

Подбор мелиоративного приема осуществляли с учетом специфических свойств почв (содержания обменного натрия, степени засоления, глубины залегания карбонатов кальция и гипса, грунтовых вод и др.), климатических условий (количества выпадающих осадков), специфики сельскохозяйственного использования. Мелиорация солонцов включала не только сами мелиоративные приемы, но и целый комплекс послемелиоративных мероприятий, в том числе влагонакопительных [30].

При правильном подборе мелиоративного приема и его проведении с каждого гектара солонцовых земель получали в 2–5 раз и больше кормовых единиц по сравнению с естественными угодьями. Затраты на мелиорацию окупались за 2–3 года с последствием мелиорации до 10 и более лет [14, 30].

После распада СССР произошло уменьшение площади пашни. Посевные площади сократи-

лись в районах, где было распаханно большое количество малопродуктивных, в том числе и мелиорированных солонцовых земель, использование которых оказалось экономически невыгодным [1]. С 1990-х гг. прекратилось субсидирование мелиоративных работ.

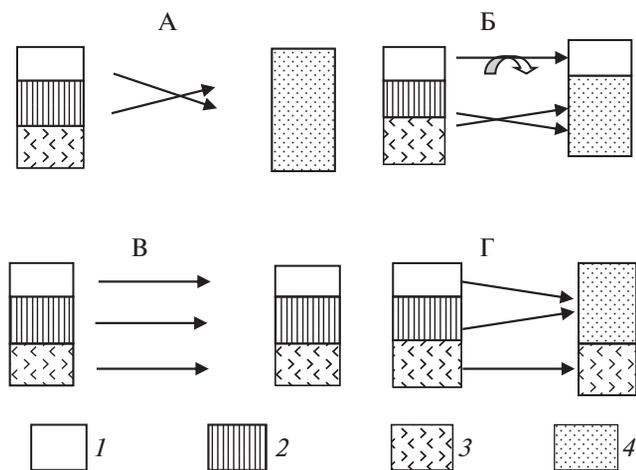
Согласно “Концепции социально-экономического развития России до 2020 года” возвращению в оборот подлежит 10–12 млн га земель. В связи с этим необходимо рассмотреть проблему целесообразности возврата и рационального использования выведенных из сельскохозяйственного оборота мелиорированных солонцовых земель. Целесообразность и характер использования последних будут определяться их современным агроэкологическим состоянием и затратами по возвращению в сельскохозяйственное производство.

Цель настоящих исследований проанализировать, в каком направлении проходило изменение свойств почв солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон в результате мелиорации, в процессе сельскохозяйственного использования и при выводе мелиорированных земель из сельскохозяйственного оборота.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований явились распаханые и мелиорированные почвы солонцовых комплексов сухостепной зоны, в том числе и на ранее орошаемых территориях европейской части России. В основе исследований лежало сравнительное изучение профилей целинных, пахотных и залежных почв с известной датой их вовлечения и вывода из сельскохозяйственного производства, фиксированной историей использования участка, в том числе с информацией о проведенных мелиоративных мероприятиях. Были обследованы молодые и средневозрастные залежные почвы Поволжского региона, интенсивное использование которых в сельском хозяйстве пришлось на 70–80 гг. Объекты исследований располагались на южном окончании Приволжской возвышенности (п. Самофаловское), на северо-восточном окончании Ергенинской возвышенности (п. “Абганеровский”) Волгоградской области, на раннехвалынской террасе (п. Черный Яр) Астраханской области. Кроме того обследовали ранее орошаемые залежные почвы на Кисловской оросительной системе на Приволжской песчаной гряде и Хвалынской равнине (Николаевский и Быковский районы Волгоградской области). Объекты расположены в подзонах светло-каштановых и каштановых почв. Возраст залежей от 5 до 15 лет. Подробная характеристика объектов дана ранее [20–22].

Также были использованы данные опытов, проводившиеся различными исследователями в Вол-



**Рис. 1.** Схемы технологического процесса работы мелиоративных орудий: А – на основе технологии плантажной вспашки; Б – на основе технологии ярусной вспашки; В – на основе технологии глубокого рыхления; Г – на основе технологии отвальной вспашки. Обозначение горизонтов: 1 – AJ – светло-гумусовый, SEL – солонцово-элювиальный; 2 – BSN – солонцовый; 3 – BSA – аккумулятивно-карбонатный, гипс-содержащий; 4 – TUR – турбированный горизонт разного состава.

гоградской, Саратовской, Ростовской областях, Калмыкии, Ставропольском крае [2, 4, 6–8, 12–14, 23, 26, 27, 29].

Описание профиля агрогенноизмененных почв солонцовых комплексов в поле осуществляли по методике, предложенной Корнблюмом с соавторами для изучения мозаичных почв лиманов [19] с использованием “Базовых шкал свойств морфологических элементов почв” [3]. Название почв и индексация горизонтов даны в соответствии с новой классификацией почв России [17, 28]. Почвенный покров обследованных территорий представлен агроземами солонцовыми (Sodic Protosalic Cambisol (Loamic, Aric, Protosalic)), агроземами текстурно карбонатными (Eutric Cambisol (Loamic, Aric, Protosalic)), агросолонцами (Endocalcaric Luvisol (Loamic, Aric, Cutanic, Protosodic)), агрокаштановыми (Eutric Cambisol (Siltic, Aric)) и лугово-каштановыми (Haplic Kastanozems).

В лабораторных условиях в образцах определяли содержание легкорастворимых солей, карбонатов, гипса, поглощенных оснований [10], степень выраженности солонцового процесса по методикам Хитрова и Грачева, Корнблюма [11, 35]. Методика Грачева, Корнблюма основана на явлении кратковременной задержки набухания растертых образцов солонцовых и солонцеватых горизонтов и отсутствие ее в засоленных горизонтах. Хитров предложил расчетный показатель балл “В”. Его значение получают на основе диаграммы в координатах “обменный натрий в процентах от ЕКО” и

удельной электропроводности при 25°C вытяжки из водонасыщенной пасты при влажности, соответствующей нижней границе текучести, дСм/м. Оба способа позволяют оценить наличие солонцового процесса при вторичном осолонцевании почв.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для улучшения свойств солонцовых почв сухостепной и полупустынной зон были разработаны различные мелиоративные орудия. Несмотря на их многообразие, выполняемую ими механическую обработку можно свести к трем основным технологическим способам:

1. Глубокое безотвальное рыхление с сохранением генетических горизонтов в прежнем положении (технология на основе глубокого рыхления).

2. Крошение и перемешивание солонцового горизонта с гипсоносными и карбонатными подсолонцовыми горизонтами при сохранении на поверхности надсолонцовых гумусовых горизонтов (технология на основе ярусной обработки и глубокой фрезерной обработки).

3. Крошение и перемешивание всех генетических горизонтов на глубину до 50 см (технология на основе плантажной вспашки).

На рис. 1 представлены схемы основных технологических приемов мелиоративной обработки солонцовых почв.

Анализ постмелиоративного морфологического строения профиля солонцов разных видов (глубоких, средних, мелких) показал, что каждое орудие создает достаточно специфическую картину преобразований в нарушенном слое в зависимости от технологии обработки, конструкции рабочих органов и мощности генетических горизонтов (табл. 1).

При трехъярусной и фрезерной обработках, а также после прохода солонцового рыхлителя РС-1.5, поверхностный слой мелиорированных солонцов на 90% и более состоит из фрагментов гумусово-аккумулятивных горизонтов, тогда как в случае отвальной и плантажной обработок – только на 65 и 44% соответственно. Вынос материала карбонат-содержащих горизонтов в поверхностный слой почв происходит при плантажной вспашке (до 32%), практически полностью отсутствует при фрезерной обработке и незначителен (1%) при трехъярусной вспашке [31].

Оценка изменений морфологического облика мелиорированных почв солонцовых комплексов на макро- и мезоуровнях показали, что при агрогенном или мелиоративном воздействии образуются две группы агрогенноизмененных солонцов [17, 28].

Первая группа создается в результате обработки почв солонцовыми рыхлителями и после отвальной вспашки. В почвах этой группы сохраняется профильное строение, свойственное солонцам. Ге-

**Таблица 1.** Типы профильной организации разных видов солонцов, возникающие после различных мелиоративных вспашек (первичная организация)

Тип обработки	Солонцы			
	глубокие (мощность гор. SEL > 18 см)	средние (мощность гор. SEL 11–18 см)	мелкие (мощность гор. SEL 5–10 см)	корковые (мощность гор. SEL < 5 см)
Отвальная обработка на 20 см	Обработкой затронуты гумусовые и частично солонцовый горизонты			Обработкой затронуты и перемещены гумусовые, солонцовый и частично подсолонцовый горизонты
То же на 25–27 см	Обработкой затронуты гумусовый и солонцовый горизонты		Обработкой затронуты и перемещены гумусовые, солонцовый и частично подсолонцовые горизонты	
Глубокое рыхление плугом Мальцева	Обработкой затронуты, но остались на месте гумусовые и частично солонцовый горизонты		Обработкой затронуты, но остались на месте гумусовые, солонцовый и частично подсолонцовый горизонты	
То же солонцовыми рыхлителями	Обработкой затронуты, но остались на месте своего естественного залегания гумусовые, солонцовый и подсолонцовые горизонты			
Плантажная вспашка	Обработкой затронуты и перемешаны гумусовые, солонцовый и подсолонцовые горизонты			
Ярусные вспашки				
Орудия с активными рабочими органами	Обработкой затронуты, но остались на месте своего естественного залегания гумусовые, солонцовый и подсолонцовые горизонты			

нетические горизонты солонцов и зональных почв разрыхляются, но остаются на месте. В зависимости от глубины залегания и мощности солонцовый горизонт может сохраниться полностью или частично. Карбонатный и гипсовый профили этих почв меняются слабо (рис. 2). От целинных аналогов эта группа почв достаточно хорошо отделяется лишь в первые годы после обработки. Почвы данной группы по новой классификации почв России [17, 28] образуют самостоятельный тип почв – “агросолонцы” в одном отделе с природными солонцами. При выводе этих почв из сельскохозяйственного использования отличия между целинными и мелиорированными почвами быстро стираются. Последствие обработок 2–5 лет.

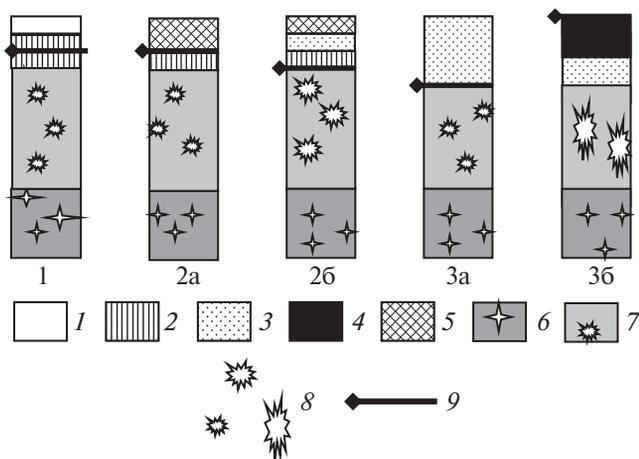
В почвах второй группы при разрушении и дезинтеграции солонцового профиля мелиоративными орудиями происходят значительные изменения их строения. На месте бывших солонцов со временем формируются новые антропогенноизмененные почвы, не похожие по своему морфологическому облику и набору протекающих в них почвообразовательных процессов на целинные солонцы или зональные почвы. Характерной особенностью строения этих почв является наличие турбированного горизонта, состоящего из морфонов с разным долевым участием исходных генетических гори-

зонтов под пахотным горизонтом. Подпахотный турбированный горизонт сохраняет свою организацию, созданную обработками и через 25–50 лет после проведения мелиоративных вспашек [20, 25]. По новой классификации почв России [17, 28] эти почвы относятся к агроземам солонцовым.

В процессе сельскохозяйственного использования в верхней части профиля агросолонцов уменьшается содержание солей и обменного натрия.

В своем постмелиоративном развитии агроземы солонцовые проходят несколько этапов. *Первый этап* – это педотурбация верхней (40–50 см) части профиля. На этом этапе имеет место механическое изменение профильного строения исходных почв, потеря солонцами типобразующего солонцового горизонта.

*Второй этап* характеризуется активным рассолением и рассолонцеванием мелиорированных почв. В условиях сухой степи при мелиорации солонцов без дополнительного орошения для опреснения верхнего слоя мелиорированных почв необходимо 3–5 лет [23]. В этот период велика межагрегатная пористость. Передвижение растворов преимущественно происходит между морфонами и через хорошо водопроницаемые части морфонов. В результате мелиорации изменяется глубина промачивания почв. Так, наблюде-



**Рис. 2.** Схема постмелиоративного изменения профильного строения солонцов: 1 – целинный солонец; 2а – сразу после отвальной вспашки, 2б – через 24 года после вспашки; 3а – сразу после трехъярусной вспашки, 3б – через 24 года после вспашки. Обозначение горизонтов: 1 – SEL элювиально-гумусовый; 2 – BSN – солонцовый; 3 – TUR – турбированный; 4 – P – пахотный псевдогомогенный; 5 – Ptг пахотный турбированный; 6 – cs – гипс-содержащий; 7 – BSA – аккумулятивно-карбонатный; 8 – выделения карбонатов разной формы; 9 – глубина сплошного вскипания от HCl.

ния Базыкиной [4] показали, при мелиорации солонцов Джаныбекского стационара (плантажная вспашка, посадка полезащитных лесополос) в благоприятные по увлажнению годы наблюдалось сквозное весеннее промачивание мелиорированных почв. В сухие годы глубина весеннего промачивания колебалась от 30 до 100 см. В результате в мелиорируемых солонцах увеличиваются запасы влаги. При соблюдении всех мероприятий по сохранению и накоплению влаги в мелиорируемых степных и лугово-степных солонцах вторичного засоления, как правило, не наблюдается [2, 4, 6, 7, 23, 27, 29, 32].

В процессе сельскохозяйственного использования мелиорированных почв постепенно происходит уменьшение их водопроницаемости. Но даже на 14-й год после проведения трехъярусной и плантажной вспашек водопроницаемость на мелиорированных вариантах опытов почти в 2 раза больше, чем на варианте с отвальной вспашкой (на 25–27 см) и на целинных почвах [2, 7, 15, 32].

При рассолении мелиорированных солонцов из верхней части профиля в первую очередь удаляются хлорид-ионы и ионы натрия. По мере вымывания хлоридов и сульфатов наблюдается увеличение содержания ионов  $\text{HCO}_3^-$  в пахотных, подпахотных и в карбонат-содержащих горизонтах. Параллельно с уменьшением содержания натрия в почвенном растворе, уменьшается содержание  $\text{Na}^+$  в ППК и увеличивается содержание кальция и магния [2, 12, 29].

В агроземах солонцовых имеет место некоторое увеличение содержания фракции прочносвязанного и уменьшение фракции водноагрегированного ила, уменьшение степени пептизируемости в пахотном горизонте мелиорированных почв, что говорит об ослаблении солонцового процесса (табл. 2).

*Третий этап.* Через 10–15 лет после проведения мелиорации наблюдается ухудшение водно-физических свойств почв. Уменьшается скорость фильтрации, глубина промачивания. Но и теперь мелиорированные почвы по своим водно-физическим свойствам по-прежнему значительно отличаются от целинных. Плотность пахотного горизонта через 15 и более лет после проведения мелиорации остается меньше, чем в целинных солонцах [2, 7]. Турбированный горизонт сохраняет свое первоначальное мозаичное строение. За счет появления в этом горизонте пропиточных форм карбонатов он приобретает большую твердость в сухом состоянии. Но, как показывают наблюдения, в мелиорированных солонцах с разрушенным солонцовым горизонтом и через 20 лет после мелиорации в верхней толще почв (до 40–60 см), протекают процессы рассоления и рассолонцевания [25]. В годы с количеством выпадающих осадков значительно меньше среднемноголетних, может наблюдаться увеличение содержания легкорастворимых солей в пахотном слое (рис. 3).

Активно развиваются процессы кальциевой миграции. Происходит постепенная десегрегация карбонатных и гипсовых новообразований. Имеет место подтягивание карбонатов и их накопление в пахотных горизонтах. Особенно интенсивно этот процесс идет в каштановых и светло-каштановых почвах с высоким залеганием карбонатов. Благодаря появлению пропиточных форм карбонатов горизонты приобретают большую твердость в сухом состоянии. Наблюдается растворение и перекристаллизация гипсовых новообразований [20].

При глубоких мелиоративных обработках солонцов в неорошаемых условиях с вовлечением карбонатов в мелиорируемый слой при отсутствии гипса рядом исследователей отмечалось увеличение рН водной суспензии и общей щелочности мелиорированных почв до критических величин ( $\text{pH} > 8.7$ ).

Установлено, что общая щелочность равная 0.07% при рН 8.7 угнетающе действует на развитие культурных растений, а при общей щелочности 0.1% и рН 9.5 они погибают [27, 29]. Ощелачивание богарных почв степей, в том числе мелиорированных солонцов, объясняется снижением верхней границы гипсово-солевого горизонта, увеличением мощности карбонатных безгипсовых горизонтов, повышением щелочного резерва

**Таблица 2.** Относительное содержание подфракций дробной пептизации ила в образцах целинных и агрогенно-измененных почв опытного участка через 24 года после проведения мелиорации (Волгоградская область, Городищенский район)

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций ила, %			
		воднопептизируе- мый	агрегированный разной прочности связи		прочно- связанный
			АИ-1	АИ-2	
Солонец каштановый степной солончаковатый высококарбонатный глубокогипсовый средний среденатриевый, целина					
SEL	0–10	4.4	54.6	19.9	19.9
BSN	10–22	4.6	39.9	22.6	31.7
BSN"	22–25	6.3	30.5	20.1	41.3
BCA	28–50	9.6	52.2	24.8	7.6
BCAcs	80–99	5.0	26.3	24.7	35.4
BCcs, s	99–130	7.5	38.0	33.7	15.5
Светло-каштановая, карбонатная слабосолонцеватая почва, целина					
SEL	2–13	4.7	46.4	19.7	27.9
BMKsn	13–31	4.9	31.3	15.7	47.3
BCA	45–66	6.6	31.7	25.9	33.6
BCA'	78–дно	5.7	21.1	43.8	26.8
Агросолонец с сохранившимся солонцовым горизонтом (после отвальной вспашки с почвоуглублением до 40 см)					
P	0–5	5.4	26.7	26.1	40.8
BSNagr	5–12	6.1	22.4	31.4	39.1
BSN	8–38	5.7	38.4	11.0	43.6
BCA	38–50	5.9	41.4	18.1	31.2
Агрокаштановая почва с разрушенным солонцеватым горизонтом (после отвальной вспашки с почвоуглублением до 40 см)					
Pca	0–15	3.6	20.1	20.1	55.4
TURca	15–27	3.4	28.4	13.4	53.4
BCA <sub>tur</sub>	27–50	11.2	42.3	5.4	36.5
Агрозем солонцовый (после трехъярусной вспашки на 40 см)					
P <sub>tur,ca</sub>	0–10	3.7	18.0	22.7	54.2
P' <sub>tur,ca</sub>	10–25	4.1	16.5	30.7	46.9
TUR <sub>,ca</sub>	25–32	5.8	27.9	8.3	56.4
BCA	36–60	5.9	38.6	26.1	26.5
Агрогенноизмененная светло-каштановая солонцеватая почва с разрушенным солонцеватым горизонтом (после трехъярусной вспашки на 40 см)					
P <sub>tur,ca</sub>	0–1(6)	3.4	14.9	28.0	52.8
TUR <sub>,ca</sub>	1(6)–4	2.7	16.9	18.7	60.8
TUR' <sub>,sn</sub>	4–30	2.7	22.7	20.2	53.9
BMKsn	35–44	4.9	35.2	15.8	43.0
BCA	44–70	6.1	28.5	26.4	36.6

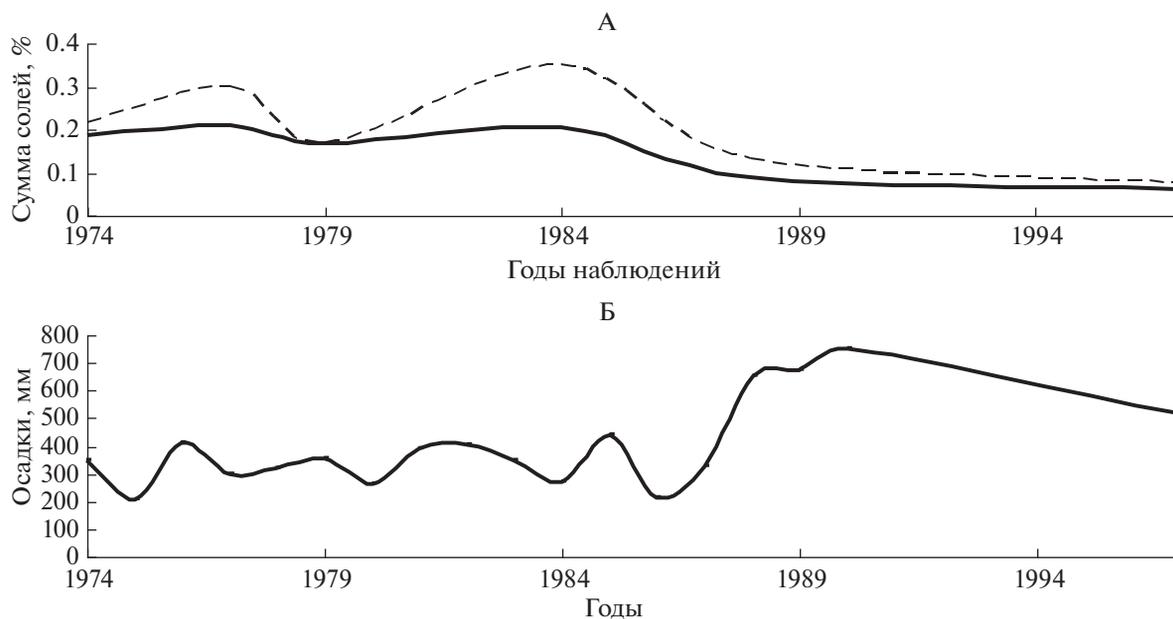


Рис. 3. Динамика содержания солей в пахотном слое мелиорированных солонцов на варианте с трехъярусной вспашкой (А) и количества осадков (Б) за 20-летний период (Волгодарская обл., Городищенский р-н). Обозначения: прямая линия – слой 0–10 см; пунктир – слой 10–20 см.

в них за счет улучшения промывания распахан- ных земель.

Величина щелочности в целинных и мелиори- рованных почвах подвержена значительным коле- баниям. Она зависит от сезона и погодных условий года. Пространственное варьирование этого пока- зателя также велико. Максимальное значение щел- очности в целинных и мелиорированных почвах, достигающее в солонцах токсичных значений, на- блюдается в весенний и осенний периоды, либо после летних ливней. Летом, при иссушении почв, щелочность снижается [12, 18].

Содержание гумуса в солонцах сухостепной зоны низкое. В гумусово-элювиальном горизон- те целинных солонцов оно колеблется от 1.5 до 3%, в иллювиальном – от 1 до 2%. Распашка и большая часть мелиоративных обработок солон- цов приводят к уменьшению содержания гумуса в корнеобитаемом слое, особенно это заметно на вариантах с плантажной вспашкой (табл. 3). Од- новременно на вариантах с глубокими обработка- ми наблюдается увеличение содержания гумуса в нижележащих слоях. При возделывании много- летних трав в почвах накапливается большее ко- личество гумуса, чем при возделывании однолет- них культур. Содержание гумуса в пахотном гори- зонте мелиорированных солонцов не достигает его исходного содержания в целинных солонцах [2, 5, 13, 25]. По мнению Кононовой (цит. по “Ме- лиорация солонцов СССР”, 1953, стр. 420 [23]), это объясняется тем, что гумусовые вещества в этих почвах образуются около гумифицирующихся кор-

ней и пожнивных остатков, а их не так много, что- бы обеспечивать значительную прибавку гумуса.

Внесение органических удобрений в дозах 40 т/га не способствует увеличению содержания гумуса в год внесения, но создает условия для раз- вития микрофлоры, способствует улучшению фи- зических свойств, приводит в дальнейшем к улуч- шению условий для развития корневой системы и в конечном итоге к увеличению содержания органи- ческого вещества в мелиорируемых почвах [2, 13].

До настоящего времени основным критерием диагностики вторичного осолонцевания почв или реставрации солонцового процесса у нас в стране служит повышение содержания в почвах обменного натрия. За рубежом для этих целей ис- пользуют величину  $SAR = C_{Na} / \sqrt{(C_{Ca} + C_{Mg}) / 2}$ , где  $C_{Na}$ ,  $C_{Ca}$ ,  $C_{Mg}$  – концентрации  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  в ммоль(экв)/л в фильтрате из насыщенных водой паст. Увеличение содержания в почвах обменно- го натрия может быть связано и с развитием вто- ричного засоления почв.

Для развития солонцового процесса должны существовать условия, позволяющие коллоидным частицам находиться в пептизированном состоя- нии и перемещаться вниз по профилю. О склонно- сти илистой фракции к пептизации можно судить на основе прямого определения этого показателя, но существующие методы определения трудоем- ки и имеют плохую воспроизводимость. Косвен- но оценить способность илистой фракции к пеп- тизируемости можно по кинетике набухания [11]. Наличие задержки на кривых набухания – гово-

Таблица 3. Изменение содержания гумуса при распашке и мелиорации солонцов

Район исследований, почвы	Тип обработки, возделываемые культуры	Глубина, см	Содержание гумуса, %		Количество лет, прошедшее после распашки	Содержание гумуса в распаханных и мелиорированных солонцах, %	Литературный источник			
			в целинной почве	сразу после мелиоративной вспашки						
Волгоградская обл. Светло-каштановая	Отвальная вспашка на 25–27 см с почвоуглублением на 40 см, однолетние культуры Трехъярусная вспашка на 40–45 см, однолетние культуры  Плантажная вспашка на 50–55 см, однолетние культуры  Отвальная вспашка, многолетние травы  Трехъярусная на 40–50 см, многолетние травы  Плантажная на 40–45 см  Плантажная на 35 см с почвоуглублением на 20 см + орошение (1000 м <sup>3</sup> в год), однолетние культуры Плантажная вспашка, лесополоса	0–20	1.90	1.48	14	1.37	[13]			
		20–30	1.75	1.94	14	1.61				
		30–50	1.34	1.93	14	1.67				
		0–10	2.43	1.65	14	1.58				
		10–20	2.43	1.36	14	1.58				
		20–30	1.58	1.52	14	1.48				
		30–40	0.93	1.23	14	1.21				
		40–50	0.93	0.93	14	0.71				
		0–10	2.43	1.48	14	1.65				
		10–20	2.43	1.24	14	1.65				
		20–30	1.58	1.56	14	1.33				
		30–40	0.93	1.61	14	1.25				
		40–50	0.93	1.50	14	0.59				
		Ростовская обл., темно-каштановая	Отвальная вспашка, многолетние травы  Трехъярусная на 40–50 см, многолетние травы  Плантажная на 40–45 см  Плантажная на 35 см с почвоуглублением на 20 см + орошение (1000 м <sup>3</sup> в год), однолетние культуры Плантажная вспашка, лесополоса	0–10	3.12	3.08		10	2.78	[2]
				10–20	2.34	2.46		10	2.78	
20–30	1.55			1.68	10	1.61				
40–50	0.83			1.03	10	1.11				
0–10	3.12			2.90	10	3.31				
10–20	2.34			2.48	10	2.78				
20–30	1.55			1.41	10	1.84				
40–50	0.83			0.89	10	1.14				
0–10	3.12			1.90	10	2.71				
10–20	2.34			1.59	10	2.18				
20–30	1.55			1.70	10	1.64				
40–50	0.83			0.84	10	1.19				
0–10	3.00			2.31	7	2.4				
10–20	1.85			2.29	7	2.4				
20–30	1.39			2.01	7	2.03				
Саратовская обл., Малоузенский стационар, каштановая Саратовская обл. Джаныбекский стационар, светло-каштановая	Плантажная вспашка, лесополоса	0–10	1.91	Нет данных	38	1.66	[12, 27]			
		10–20	1.50	»		1.66				
		20–30	0.99	»		1.23				
		30–40	0.74	»		0.99				
		40–50	0.56	»		0.80				

рит о способности почвенной массы к пептизации. На основе расчета балла В можно оценить наличие физико-химических условий для протекания солонцового процесса [35].

Оценка степени выраженности солонцового процесса по методикам Хитрова, Грачева, Корнблюма показала, что в обследованных мелиорированных почвах нет условий для протекания солонцового процесса. Об этом свидетельствует отсутствие задержки набухания ( $\Delta\tau$ ), характерное для солонцового горизонта и значение показателя физико-химических условий балла  $B = 1$  [20–22, 34].

При переводе солонцовых территорий в залежь без предварительного подсева многолетних трав, зарастание пашни может быть достаточно длительным с последовательной сменой растительных сообществ. Если размер поля невелик (несколько десятков гектаров), то зарастание может происходить быстрее, чем на полях площадью 200–300 га. Отмечалось, что после распашки остепненных солонцов при переходе в залежное состояние на них полностью не восстанавливается тот растительный покров, который свойственен целинным почвам. Это приводит к неравномерности (пятнистости) при зарастании полей. Незакрытая растительностью поверхность почв легко подвергается ветровой и водной эрозии. Выпас скота на молодых залежах с неустоявшимся растительным покровом приводит к быстрой порче поверхности почв, не закрепленной корнями растений, и, как правило, к деградации почвенного покрова [24, 33].

Постепенно увеличивается видовое разнообразие растительного покрова, возрастает количество надземной фитомассы [26]. По данным исследований Варламова с соавт. [9], на залежном светлом постагрогенном солонце Саратовской области, находящемся 50 лет в залежном состоянии, сформировался растительный покров аналогичный целинным почвам.

В том случае, если с использованием глубоких обработок осваивались почвы с залеганием карбонатов выше 40 см, в залежных почвах можно обнаружить окарбоначивание верхнего слоя почв. С одной стороны данный процесс может тормозить развитие вторичного осолонцевания почв, в то же время окарбоначивание может приводить к формированию глыбистой структуры пахотного горизонта. Наличие карбонатов в пахотном горизонте необходимо учитывать при возделывании сельскохозяйственных культур.

В залежных солонцах не стоит ожидать значительного увеличения содержания органического вещества. Это связано с тем, что количество корневых остатков в залежных почвах сухостепной зоны меньше по сравнению с количеством корней в целинных и пахотных почвах. В целинных почвах основная масса корней дикорастущих

растений сосредоточена в гумусово-аккумулятивном горизонте светло-каштановых почв и гумусово-элювиальном в солонцах. С глубиной количество корней уменьшается, особенно резко в солонцах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вовлечение значительных площадей солонцовых земель в сельскохозяйственное производство в 70–80 гг. прошлого века у нас стране происходило по следующим причинам: 1) по продуктивности пашни мы отставали от развитых стран мира в 2–3 раза. Для производства необходимого количества сельхозпродукции приходилось вовлекать в пашню все новые и новые земли, в том числе малопродуктивные и трудноосваиваемые; 2) в некоторых районах нашей страны, в почвенном покрове эта группа почв преобладала; 3) государство финансировало проведение мелиоративных мероприятий.

Мелиорация солонцов позволила в ряде регионов решить проблему с кормами для животноводства, увеличить урожай зерновых культур. В то же время, использование мелиоративных приемов не всегда приводило к запланированному увеличению продуктивности почв, что чаще всего было связано с нарушениями технологии мелиорации и неправильным использованием мелиорированных земель.

Выведенные из сельскохозяйственного оборота мелиорированные солонцы сухостепной зоны в течение 10 и более лет после проведения глубоких мелиоративных вспашек во многих случаях сохраняли свойства, приобретенные ими под действием мелиорации. Солонцовый процесс в них не возобновляется, но может развиваться процесс окарбоначивания. В силу производственной необходимости, заброшенные мелиорированные солонцы могут вовлекаться в сельскохозяйственное производство. Это может быть особенно актуально в районах, где солонцовый покров является основным и единственным объектом для земледельческого использования.

Вовлечение этой группы земель в сельскохозяйственное производство не должно носить массового характера, как это было в 1970–80-х годах. Необходимо учесть все новое, что появилось в земледелии. В последнее время много внимания уделялось развитию адаптивно-ландшафтных систем земледелия применительно к различным агроэкологическим группам земель: плакорным, эрозийным, переувлажненным, засоленным и солонцовым в пределах провинций природно-сельскохозяйственных зон [16]. Именно эти подходы необходимо использовать при вовлечении ранее мелиорированных солонцовых земель в сельскохозяйственное производство.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота / Под ред. А.Л. Иванова. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 405 с.
2. *Бабушкин В.М., Баранов А.И.* Мелиорация темно-каштановых солонцовых почв южного региона России. Новочеркасск, 2007. 211 с.
3. Базовые шкалы свойств морфологических элементов почв. Методическое руководство по описанию почв в поле. М., 1982. 55 с.
4. *Базыкина Г.С.* Водный режим и водный баланс мелиорируемых почв в культурных биогеоценозах // Биогеоэкологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М.: Наука, 1974. С. 63–146.
5. *Базыкина Г.С., Титова Н.А.* Изменение органического вещества почв солонцового комплекса Северного Прикаспия под влиянием лесомелиорации // Почвоведение. 1993. № 1. С. 19–26.
6. *Большаков А.Ф.* Изменение почвообразовательного процесса в солончаковых солонцах при искусственном нарушении их профиля // Почвоведение. 1975. № 10. С. 86–96.
7. *Вадюнина А.Ф.* Агрофизическая и мелиоративная характеристика каштановых почв юго-востока европейской части СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 326 с.
8. *Варламов Е.Б., Чижикова Н.П., Лебедева М.П., Чурилин Н.А.* Эволюция верхнего горизонта солонца постарогенного светлого Прикаспийской низменности по количественному распределению минералов различных гранулометрических фракций // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2017. № 88. С. 96–120.
9. *Виленский Д.Г.* Основные способы мелиорации засоленных почв по американским и венгерским данным // Солонцы Заволжья. Мат-лы изысканий, исслед. и проект. ирригации Заволжья. М.-Л.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. Вып. VII. С. 212–227.
10. *Воробьева Л.А.* Теория и методы химического анализа почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 136 с.
11. *Грачев В.А., Корнблум Э.А.* Кинетика набухания и набухаемость почв солонцовых комплексов и солодей Заволжья // Почвоведение. 1982. № 1. С. 55–66.
12. *Данилова Е.А.* Мелиорация солонцов засушливого Поволжья Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1981. 104 с.
13. *Дегтярева Е.Т., Дягилева Н.М., Панкова А.Д.* Влияние химических мелиорантов на гумусовое состояние и физико-химические свойства солонцовых почв Нижнего Поволжья // Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Теоретические основы мелиорации и опыт использования солонцовых почв. М., 1991. С. 179–183.
14. *Калиниченко В.П., Шаршак В.К., Миронченко С.Ф., Черненко В.В., Ладан Е.П., Генов Е.Д., Илларионов В.В., Удалов А.В., Удалов В.В., Киппель Е.В.* Изменение свойств почв солонцового комплекса через 30 лет после мелиоративных обработок // Почвоведение. 2014. № 4. С. 490–507.
15. *Кирюшин В.И.* Солонцы и их мелиорация. Алма-Ата: Кайнар, 1976. 174 с.
16. *Кирюшин В.И.* Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. М.: Колос, 2011. 443 с.
17. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
18. *Климанов А.В., Воробьева Л.А., Новикова А.Ф., Коношкова М.В.* Природа щелочности целинных и антропогенно-преобразованных солонцов Северной Калмыкии // Почвоведение. 2014. № 4. С. 433.
19. *Корнблум Э.А., Сулейманов Г.Г., Валиева К.Э.* Особенности строения и первичная классификация почв солонцовых комплексов, измененных мелиоративной вспашкой // Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Почвенные и агрохимические исследования с применением ЭВМ. М., 1981. С. 106–124.
20. *Любимова И.Н.* Агрогенно-преобразованные почвы солонцовых комплексов сухостепной и полупустынной зон. Автореф. дис. ... докт. с.-х. н. М., 2003. 48 с.
21. *Любимова И.Н., Горобец А.В., Аксенов А.В., Хан В.В.* К оценке рисков вторичного осолонцевания и реставрации солонцового процесса в распаханых и мелиорированных почвах солонцовых комплексов // Почвоведение. 2012. № 5. С. 594–600.
22. *Любимова И.Н., Мотузов В.Я., Бондарев А.Г.* Современные тенденции изменения свойств целинных и постирригационных почв солонцовых комплексов Приволжской гряды // Почвоведение. 2011. № 10. С. 1260–1269.
23. Мелиорация солонцов в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1953. 563 с.
24. Нижнее Поволжье. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 134 с.
25. *Новикова А.Ф., Коношкова М.В.* Антропогенная трансформация почв Северных Ергеней (исследования на первом опытном участке Аршань-Зельменского стационара) // Почвоведение. 2013. № 3. С. 268.
26. *Новикова Н.М., Коношкова М.В., Уланова С.С.* Восстановление растительности на мелиорированных солонцовых почвах Приергининской равнины (Республика Калмыкия) // Аридные экосистемы. 2018. № 3. С. 67–80.
27. *Пак К.П.* Солонцы СССР и пути повышения их плодородия. М.: Колос, 1975. 380 с.
28. Полевой определитель почв России. М., 2008. 182 с.
29. Почвенно-экологические проблемы в степном земледелии (Предложения по рациональному использованию почвенных ресурсов Волгоградской области). Пушино, 1992. 153 с.
30. Рекомендации по мелиорации солонцовых земель. М.: Колос, 1983. 46 с.
31. *Салтагарова И.А.* Морфонометрический метод изучения мелиорированных солонцовых почв и его ис-

- пользование для оценки эффективности работы мелиоративных орудий. Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. М., 1990. 24 с.
32. Скачков И.В. Агрофизические свойства мелиорированных солонцов Нижнего Поволжья // Научн. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. Изменение агрофизических свойств почв под воздействием антропогенных факторов. М., 1990. С. 75–83.
  33. Строчков А.С., Конюшкова М.В., Уланова С.С., Чемидов М.М., Маиштыков К.В., Келеметов Э.М. Оценка последствий перевыпаса на пастбищах Республики Калмыкия // АПК: экономика, управление. 2017. № 4. С. 75–82.
  34. Хан В.В. Диагностика солонцового процесса в целинных и агрогенно-измененных почвах солонцовых комплексов разных регионов. Автореф. дис. ... канд. биол. н. М., 2013. 24 с.
  35. Хитров Н.Б. Выбор диагностических критериев существования и степени выраженности солонцового процесса в почвах // Почвоведение. 2004. № 1. С. 18–30.
  36. Bennett D. Rodney, Hecker Frank J., Entz Toby, Greenlee Graeme M. Salinity and sodicity of irrigated Solonchic and Chernozemic soils in east-central Alberta // Can. J. Soil. Sci. 2000. V. 80. № 1. P. 117–125.
  37. Belic M., Neic L., Dimitrijevic M., Petrovic S., Ciric V., Pekec S., Vasin J. Impact reclamation practices on the content and qualitative composition of exchangeable cations of the solonchic soil // Australian J. Crop Science. Southern Cross Publisher. 2012. V. 6. № 10. P. 1471–1480.
  38. Bresler E., McNeal B.L., Carter D.L. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modeling. Springer-Verlag, Berlin, 1982. 236 p.
  39. Curtin D. Possible role of aluminum in stabilizing organic matter in particle size fractions of Chernozemic and Solonchic soils // Can. J. Soil. Sci. 2002. V. 82. № 2. P. 265–268.
  40. Mathison M.N., Chanasyk D.S., Naeth M.A. Longevity of deep ripping effects on Solonchic and associated soils // Can. J. Soil. Sci. 2002. V. 82. № 2. P. 259–264.
  41. Meng Q.F., Li D.W., Zhang J.I., Zhou L.R., Ma X.F., Wang H.Y., Wang G.C. Soil properties and corn (*Zea mays* L.) production under manure application combined with deep tillage management in solonchic soils of songnen plain, northeast China // J. Integrative Agriculture. 2016. V. 15. № 4. P. 879–890.
  42. Szabolcs I. Prospects of soil salinity for the 21st century // Agrochimicae Talajtan. 1994. V. 43(1–2). P. 5–23.
  43. Sigmond A.A. The alkali soil in Hungarian and their reclamation // Soil Sci. 1924. V. 18. № 5.
  44. Toth T., Jozefaciuk G. Physicochemical properties of a solonchic toposequence // Geoderma. 2002. V. 106. № 1. P. 137–159.
  45. Zhang T., Zhan X., He J., Feng H., Kang Y. Salt characteristics and soluble cations redistribution in an impermeable calcareous saline-sodic soil reclaimed with an improved drip irrigation // Agricultural Water Management. 2018. V. 197. P. 91–99.

## Possibility and Feasibility of Returning the Formerly Reclaimed Solonchic Lands to Agricultural Use (Review)

I. N. Lyubimova<sup>1, \*</sup> and I. A. Salpagarova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuchaev Soil Science Institute, per. Pyzhevskii, 7, p. 2, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, Moscow, Russia

\*e-mail: in080643@yandex.ru

Trends of changes were analyzed in the properties of solonchic complexes of dry-steppe and semi-desert zones caused by land reclamation, agricultural use, and the withdrawal of reclaimed land from agricultural circulation; author's data and publications served as sources of information. An expert forecast is given on the current state of reclaimed solonchics of laylands and the feasibility of their involvement in agriculture. The following reclaimed soils are discussed: solonchic agrozem (Sodic Protosalic Cambisol (Loamic, Aric, Protocalcic), agrozem carbonate-textural (Eutric Cambisol (Loamic, Aric, Protosalic)), (Endocalcaric Luvisol (Loamic, Aric, Cutanic, Protosodic)), agrosolonchic (Eutric Cambisol (Siltic, Aric) and meadow-chestnut (Haplic Kastanozems). Solonchics under layland with non-disturbed nitric horizon restore their structure and properties after a short period of time, and become close to virgin soil. In solonchics of the dry-steppe zone, if natric horizon was destroyed and disintegrated, the solonchic profile is not restored. They retain for a long time their properties acquired under the effect of land reclamation.

*Keywords:* melioration of solonchics, agrosolonchic, solonchic agrozem, layland