УДК 631.43 DOI:10.31677/2072-6724-2019-50-1-18-25

ДЕЙСТВИЕ АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ НА СОЛЕВОЙ ПРОФИЛЬ СОЛОНЦОВ ВОСТОЧНОЙ БАРАБЫ

[1,2]Н.В. Елизаров, кандидат биологических наук
[3]Т. Г. Ломова, кандидат сельскохозяйственных наук
[1]М.Т. Устинов, кандидат биологических наук
[1]В.В. Попов, соискатель

[1]Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия
[2]Сибирский НИИ земледелия и химизации СФНЦА РАН, пос. Краснообск Новосибирской обл., Россия
[3]Сибирский НИИ кормов СФНЦА РАН, пос. Краснообск Новосибирской обл., Россия
E-mail: elizarov_89@mail.ru

Ключевые слова: **солонцы, Барабинская низменность, агробиологическая мелиорация, фитомелиорация, водная вытяжка, сумма солей, солевой профиль, севообороты, зональность**

Реферат. ***В Новосибирской области на долю солонцов приходится до 21,7% от общей площади, или 3686,2 тыс. га. В Барабинской низменности и Северной Кулунде солонцы составляют основу сельскохозяйственных угодий, так как не образуют сплошных массивов, а залегают мелкими пятнами среди зональных почв (чернозёмов, лугово-черноземных и чернозёмно-луговых почв). Несмотря на огромные площади, они обеспечивают всего 20–25% всех потребностей животноводства в кормах, что, прежде всего, связано с низкой продуктивностью в естественном состоянии (1,0–3,0 ц/га сухой массы в степи и 3,0–5,0 ц/га в лесостепи). Для повышения продуктивности комплексов с солонцами необходимо усовершенствовать дифференцированные агротехнологии, основанные на различных приёмах мелиорации – химической, агротехнической, фитомелиорации с соблюдением адаптивно-ландшафтных систем земледелия, способствующих поддержанию плодородия и стабильной урожайности сельскохозяйственных культур. В основе агробиологической мелиорации лежит послойная обработка почвы, проводимая один раз за ротацию, которая включает фрезерование или дискование верхнего надсолонцового горизонта с последующим глубоким безотвальным рыхлением, а также введение в севооборот засухо-, соле-, солонцеустойчивых однолетних и многолетних трав, способных извлекать из почвы легкорастворимые соли и зольные элементы. Результаты исследований указывают на несомненную эффективность агробиологической мелиорации солонцов Барабинской низменности. Выявлено снижение общей суммы солей по профилю почв. В частности, уменьшилось содержание карбонатов и гидрокарбонатов, что указывает на уменьшение роли соды в почвообразовании. Зафиксировано изменение величины pH под действием мелиорации с 9,1 (в целинном варианте) до 8,1–8,5. Применение послойной обработки почвы в совокупности с введением в севооборот культур-фитомелиорантов привело к увеличению плодородия солонцов и приближению показателей их химических свойств к значениям зональной почвы.***

EFFECT OF AGROBIOLOGICAL MELIORATION ON THE SALT PROFILE OF ALKALI SOIL IN EASTERN BARABA DISTRICT

[1,2]**Elizarov N.V.,** Candidate of Biology
[3] **Lomova T.G.,** Candidate of Agriculture
[1] **Ustinov M.T.,** Candidate of Biology
[1] **Popov V.V.,** PhD-student

[1]**Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry SD RAS, Novosibirsk, Russia**
[2]**Siberian research Institute of Farming and Chemicalization of Siberian Research Centre of Agricultural Biotechnologies RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia**
[3] **Siberian research Institute of Fodders of Siberian Research Centre of Agricultural Biotechnologies RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia**

Key words: solonetz soils, Barabinsk lowland, agrobiological melioration, phytomelioration, water extraction, total salts, salt profile, crop rotation, zonality.

Abstract. The solonetz soil cover 21.7 % of Novosibirsk Region, or 3 686.2 thousand hectares. In the Barabinsk lowland and northern Kulunda, solonetz soil is seen as agricultural land, as it doesn't make solid massifs, but occur as small spots among zonal soils (black soils, meadow-black soils and black earth-meadow soils). Regardless the vast area, solonetz soils fulfil 20 - 25 % only of the needs of the livestock industry, which is caused by low productivity in the natural state (1.0 - 3.0 c/ha of dry matter in the steppe and 3.0 - 5.0 c/ha in the forest steppe). The authors outline the necessity to increase solonetz complexes fertility and therefore improve precision technologies of farming based on various methods of land reclamation such as chemical, agrotechnical and phytomelioration with adaptive-landscape farming systems that preserve soil fertility and crop yields. Agrobiological reclamation is based on layer-by-layer soil treatment performed once per rotation. This treatment includes milling or distillation of the upper solonetz layer with further deep nonmoldboard loosening, as well as application of dry resistant, salt resistant and solonetz resistant annual and perennial grasses into the crop rotation. These grasses extract easily soluble salts and ash elements from the soil. The research results show the effect of agrobiological melioration on solonetz soils of the Barabinsk lowland. The authors observed the decrease in the number of salts in the soil profile. Particularly, the number of carbonates and hydrocarbons decreased; that indicates slight effect of soda in the soil formation. The researchers observed variation in pH from 9.1 (in virgin variant) to 8.1 – 8.5 influenced by reclamation. Graded tillage and phytomeliorants applied in the crop rotation resulted in higher fertility of saline soils and their chemical parameters equal to the values of zone soil.

Солонцы лесостепной зоны Западной Сибири обладают высокими запасами питательных веществ и являются потенциально плодородными почвами [1], но в то же время в естественном состоянии имеют низкую продуктивность – 3,0–5,0 ц/га сухой массы трав. Это объясняется их плохими химическими и физическими свойствами. Широкое распространение солонцов и характерное расположение их пятнами в массивах зональных плодородных почв не позволяют полностью вывести их из сельскохозяйственного производства. Для повышения продуктивности солонцов в пашне применялась химическая мелиорация, теоретическую основу которой заложил К. К. Гедройц [2]. Гипс и другие соединения кальция вносились на значительных территориях Западной Сибири. Химическая мелиорация повысила плодородие солонцов на длительное время, но, учитывая тяжелое финансовое состояние сельских предприятий, требуются другие подходы к решению солонцового вопроса. Необходимы эффективные технологии освоения солонцов, не требующие таких больших финансовых вложений, как химическая мелиорация.

Для улучшения солонцов в условиях недостаточного увлажнения использовалось глубокое безотвальное рыхление, применя-

емое Т.С. Мальцевым [3] на черноземных столбчатых солонцах. При таком способе обработки на поверхности почвы сохраняется плодородный гумусовый горизонт, а плотный солонцовый горизонт разрыхляется без выворачивания его на поверхность, создаются более благоприятные условия для развития растений, так как улучшаются водный и воздушный почвенные режимы [4].

И.И. Загребаев и Т.А. Вагина [5] в Западной Сибири на степных комплексных солонцовых и пойменных засоленных солонцово-солончаковых почвах применяли поверхностную обработку почвы фрезой, дисками и мелкую перепашку с подсевом трав и использованием удобрений. Урожай сена в опытах повысился почти на 50%, что говорит об эффективности поверхностного улучшения естественных кормовых угодий, которое дешевле и доступнее коренного, т.е. химической мелиорации.

В процессах почвообразования большую роль играет растительность. Злаковые и бобовые растения способны рассолять засоленные почвы. На солонцах жизнедеятельность растений может приводить к смене галогенного процесса почвообразования на дерновый. Это достигается путем превышения процессов биологического выноса солей над процессами засоления. Переход от солянок и полыней на солонцах к бобовым и злаковым травам сопровождается перераспределением солей и зольных элементов, в частности, кальция. Накопление кальция в верхних горизонтах почвы неизбежно ведет к вытеснению натрия и рассолению солонцов. Такая биологическая трансформация в условиях Западной Сибири приводит к образованию лугово-черноземных почв различной степени солонцеватости и солончаковатости [6]. Этот процесс в естественных условиях может длиться веками, а в искусственных – сокращается до нескольких десятков лет. Поэтому для рассоления почвы рекомендовано также выращивание солевыносливых и натриефильных культурных растений, которые будут вытягивать соли из почвенного профиля, а человек использовать эти растения для хозяйственных нужд [7].

Таким образом, для рассоления солонцовых почв необходимо активизировать процесс биологической трансформации, правильно подобрав культуры, которые должны быть соле- и засухоустойчивы, а также активно участвовать в процессах биологической аккумуляции, т.е. нужно заменить целинную солонцовую растительность на бобовую и злаковую либо использовать типичную флору, не оставляя на поле ничего после уборки урожая.

По оценкам исследователей, большое значение для мелиорации солонцовых почв имеет белый и желтый донник, так как его мощные корни проникают в почву на большую глубину, при разложении образуют дрены и обогащают почвенный профиль кальцием и азотом. Донник имеет большую ценность и как сельскохозяйственная культура, производит высокий урожай и в первый, и во второй годы жизни [8].

Кроме донника, исследователи рекомендуют вводить в кормовые севообороты просо кормовое, суданку, овес, горох, люцерну и кострец безостый, хорошо зарекомендовавшие себя в лесостепной зоне Барабинской низменности [9].

В качестве альтернативы химической мелиорации для комплексов солонцовых почв с преобладанием мелких и средних солонцов был разработан агробиологический метод мелиорации солонцов, сочетающий выращивание сельскохозяйственных культур-фитомелиорантов с использованием технологии послойной обработки, позволяющей повысить продуктивность сельскохозяйственных культур в 5 раз и более [9]. Послойная обработка почвы включает в себя фрезерование верхнего надсолонцового горизонта на глубину 8–10 см в 1–2 следа или дискование тяжелыми дисковыми боронами в 2–3 следа, а затем глубокое безотвальное рыхление на глубину 30–35 см стойками СибИМЭ или солонцовым рыхлителем РСН-2,9.

Агробиологическая мелиорация абсолютно экологически безопасна, тогда как применение некоторых химических мелиорантов (отходы промышленного производства) сопряжено с риском загрязнения окружающей

среды при нарушениях правил хранения, неправильном расчете доз мелиоранта и т.д. Одно из главных преимуществ агробиологической мелиорации в том, что она не требует больших финансовых вложений.

Цель исследований – оценить действие агробиологической мелиорации на солевой профиль солонцов Барабинской низменности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в северной лесостепи Барабинской низменности (Чановский район Новосибирской области). Экспериментальные площадки расположены на малонатриевом солонце 55.388739° с.ш. и 76.927461° в.д. на полях стационара СФНЦА РАН СибНИИ кормов. Опыт заложен под руководством М.Д. Константинова в 1987 г. на комплексных солонцовых почвах. Растительность на целине представлена тонконогом стройным (*Coeleria gracilis* P.), овсяницей валисской (*Festuca valesiaca*), морковником обыкновенным (*Silaum silaus*), пыреем ползучим (*Elytrigia repens*). Проективное покрытие – 70%.

Солонец целинный характеризуется следующими морфологическими признаками:

А – 0–4 см. Дернина, темно-серый, сухой, порошистый, сильно пронизан корнями растений.

В – 4–23 см. Темнее предыдущего, плотный, тяжелосуглинистый, призматической структуры, по граням структурных отдельностей – глянцевые корочки.

ВС – 23–45 см. Желто-бурый, уплотненный, тяжелосуглинистый, вскипает с 28 см.

С – 45–120 см. Желто-бурый, сухой.

Грунтовые воды находятся на глубине 400 см. По составу солей водной вытяжки мелкие солонцы сульфатно-содового засоления. Содержание гумуса 6,45%. По составу поглощенных оснований солонец многонатриевый.

Почвообразующие породы представлены палево-светло-бурыми опесчаненными карбонатными незасоленными средними суглинками с преобладанием фракции мелкого песка и очень низким содержанием пылеватых фракций.

Севообороты были составлены из соле- и солонцеустойчивых однолетних и многолетних трав, зарекомендовавших себя в лесостепной зоне Барабинской низменности. Однолетние травы: просо Кормовое 45, овес Краснообский, горох Омский 7; многолетние: донник Альшеевский, люцерна Омская 8893, кострец безостый СибНИИСХоз-189.

Нами были проанализированы профили почв в следующих вариантах: бессменный пар – контроль; солонец мелкий на целине, зональная (фоновая) лугово-черноземная слабосолонцеватая почва и севооборот, включающий культуры-фитомелиоранты. Схема севооборота: просо + донник – донник 2-го года жизни – овес (зернофураж) – многолетние травы + донник – донник 2-го года жизни + многолетние травы – многолетние травы 2-го и 3-го года жизни.

Площадь делянок 200 м^2, повторность четырёхкратная, размещение рендомизированное.

Образцы почв отбирали в осенний период, по генетическим горизонтам до 100 см, далее через каждые 20 см почвенным буром до грунтовых вод.

Лабораторные исследования ионного состава водной вытяжки (соотношение «почва : вода» 1 : 5) и величины pH водной вытяжки выполнены по общепринятым методикам [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно классификации почв по степени засоления [11], исследуемые почвы в исходном состоянии сильно засолены (сумма солей более 0,5% в условиях содового и содово-сульфатного химизма засоления). Мелиорированный вариант существенно отличается от целинного по содержанию солей в профиле (рис. 1). Запасы солей в слое 0–20 см в мелиорированном варианте приблизились к фоновой почве (0,05%), тогда как в контроле и в целинном солонце были выше (0,15 и 0,20% соответственно). Общий запас солей в профиле почвы

(0–100 см) снизился под действием фитомелиоративных севооборотов и применения агротехнических приемов.

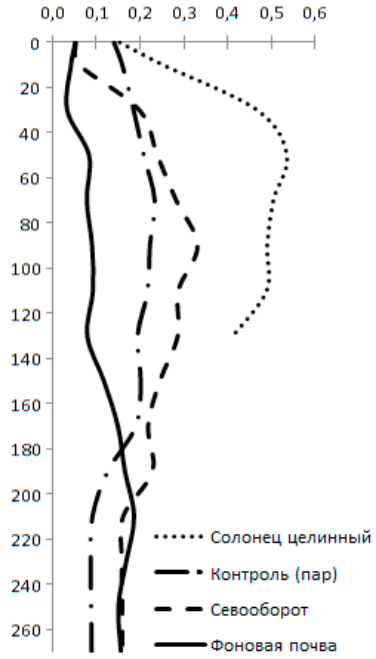

Рис. 1. Распределение запасов солей в профиле почв в 2016 г., ммоль-экв/100 г почвы
Distribution of salt layers in the soil profile in 2016, mmol-eq/100 g of soil

В контрольном варианте под действием только агротехнических приемов (бессменный пар) количество солей в слое 0–40 см снизилось незначительно, тогда как в слое 40–100 см наблюдались резкие отличия по сравнению с целинным солонцом.

Под влиянием агробиологической мелиорации солонцов под севооборотом изменилось распределение солей по профилю – солевой максимум в мелиорированном варианте находился на глубине 80–100 см, тогда как в целинном варианте в слое 40–60 см.

Из полученных данных видно, что с течением времени изменялись запасы солей и в мелиорированном варианте, и в контроле (рис. 2). Уже после первой ротации севооборота солевой профиль мелиорированного солонца резко отличался от целинного варианта. Причиной резкого изменения солевого профиля послужило механическое разрушение солонцового горизонта, произошедшее вследствие агротехнических обработок и последующего промывания солей атмосферными осадками. После второй, третьей и четвертой ротации севооборота сумма солей в слое 0–20 см изменялась незначительно и была существенно ниже, чем в целинном варианте. Следует отметить, что в слое 30–100 см запасы солей сначала понижались и достигли минимума в 2005 г., а к 2016 г. (по-видимому, под влиянием подтягивания солей из нижележащих слоев) выросли и приблизились по значениям к бессменному пару (контрольному варианту).

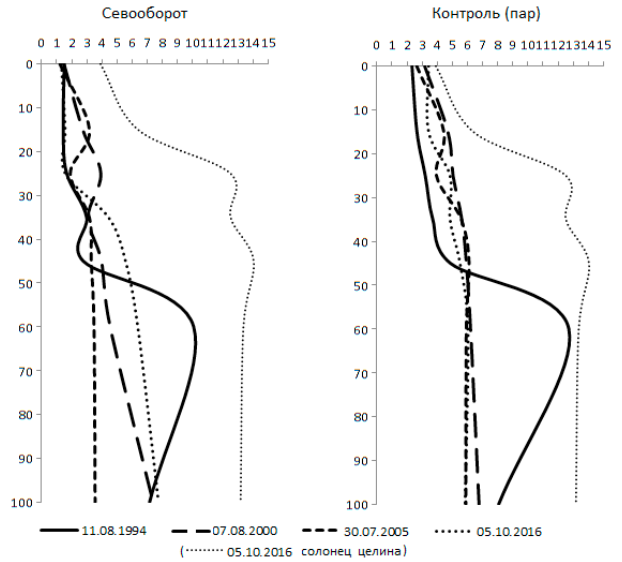

Рис. 2. Динамика суммы солей в мелиорированном варианте и в пару, ммоль-экв/100 г почвы (данные 1994–2005 гг. Т.Г. Ломовой [12])
Dynamics of total salt in meliorated soil and steamed soil, mmol-eq/100 g of soil (data of 1994 – 2005 according to Lomovaya T.G. [12])

В варианте бессменного пара происходили похожие изменения: сумма солей под действием агротехнических обработок уменьшилась и стабилизировалась на уровне ниже, чем в целине, но выше, чем в севообороте.

Засоление почв не только создает высокое осмотическое давление, вызывая физиологическую сухость почвы и потерю влаги растениями, но и сами водорастворимые соли негативно воздействуют на развитие сельскохозяйственных культур. Самое высокое токсическое действие оказывает нормальная (Na_2CO_3) и углекислая ($NaHCO_3$) сода, которая к тому же подщелачивает почвенную среду (pH 9,0 и более). Поэтому содержанию карбонатов (CO_3^-) и гидрокарбонатов (HCO_3^-)

в профиле почв следует уделять особое внимание.

Как видно из рис. 3, содержание гидрокарбонатов в профиле мелиорированного солонца резко отличается от солонца на целине и от контрольного варианта.

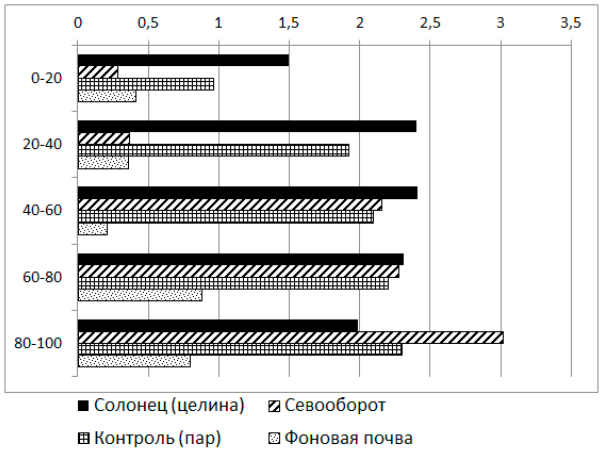

Рис. 3. Содержание гидрокарбонат-ионов (HCO_3^-) в профиле почв
Concentration of ionic hydrocarbonates (HCO_3^-) in the soil profile

В слоях 0–20 и 20–40 см под фитомелиоративным севооборотом количество гидрокарбонатов снизилось до значений, характерных для фоновой почвы, что объясняется не только агротехническими обработками, как в контроле, но и действием культур-фитомелиорантов. В контроле также наблюдалось снижение содержания гидрокарбонатов, но оно не было таким резким. Одновременно с этим выявлено увеличение количества гидрокарбонат-ионов в слое 80–100 см, что связано с их выщелачиванием вниз по профилю под влиянием безотвальных обработок. На глубине 40–80 см существенных различий между мелиорированным солонцом, целиной и контролем не выявлено.

Положительные изменения химических свойств солонцов подтверждаются и данными по содержанию карбонатов в их профиле (рис. 4). В солонце мелиорированном карбонат-ион зафиксирован на глубине 60–100 см, в то время как на целине и в контроле обнаруживался уже с 40 см.

Действие агробиологической мелиорации проявилось также в изменении общей реакции среды. В целинном варианте величина pH изменялась от 7,0 в слое 0–20 см до 9,11 в слое 40–60 см. В мелиорированном варианте и в контроле величина pH изменялась

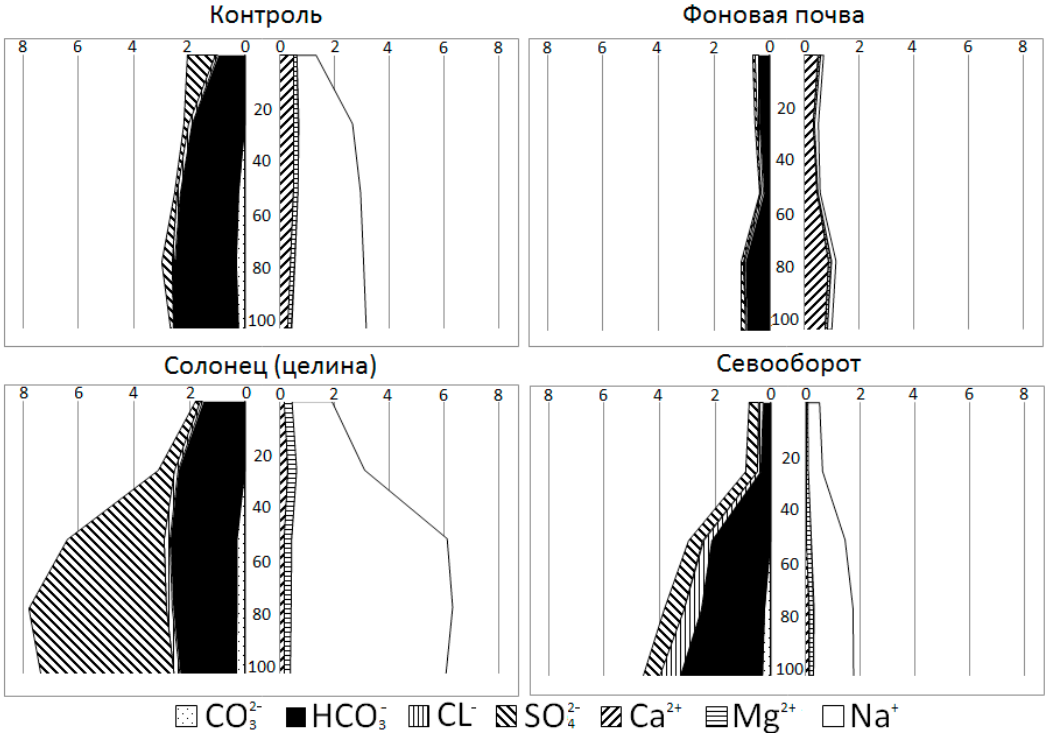

Рис. 4. Солевой профиль изучаемых почв, ммоль-экв/100 г почвы (2016 г.)
Saline profile of the explored soils, mmol-eq/100 g of soil (2016 г.)

Изменение величины pH по профилю почв
Changes of pH according to soil profile

Глубина, см	Целина (солонец)	Контроль (бессменный пар)	Севооборот	Лугово-черноземная слабосолонцеватая
0–20	7,00	7,57	6,15	5,70
20–40	8,78	7,84	8,25	6,00
40–60	9,11	8,03	8,68	7,72
60–80	8,95	8,33	8,81	7,80
80–100	8,90	8,48	8,53	8,05
100–120	8,85	8,50	8,47	8,12
120–140	8,77	8,12	8,30	8,24
140–160	Не опр.	8,08	8,08	8,28
160–180	«	8,29	7,94	8,08
180–200	«	7,98	8,10	8,27
200–220	«	7,78	7,98	8,20
220–240	«	7,65	7,63	8,25
240–260	«	7,58	7,50	8,26

в пределах 6,15–8,81 (таблица). Данное снижение щелочности объясняется изменением солевого профиля почвы, в частности, снижением содержания гидрокарбонатов под действием растений-мелиорантов и агротехнических обработок.

ВЫВОДЫ

1. Использование послойной обработки почвы в сочетании с выращиванием сельскохозяйственных культур-фитомелиорантов привело к уменьшению суммы водорастворимых солей в профиле исследованных почв. В частности, снизилось содержание токсичных гидрокарбонат-ионов. Зафиксировано уменьшение щелочности почвы под фитомелиоративным севооборотом.

2. Под действием агробиологической мелиорации пахотный слой почвы (0–20 см) рассолился и приблизился по своим химическим свойствам к значениям зональной лугово-черноземной слабосолонцеватой почвы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Семендяева Н.В., Добротворская Н.И.* Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири. – Новосибирск, 2005. – 156 с.
2. *Гедройц К.К.* Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация // Избр. соч. – М.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1955. – Т. 3. – С. 299–355.
3. *Мальцев Т.С.* Система безотвального земледелия. – М.: Агропромиздат, 1988. – 116 с.
4. *Мигуцкий А.С.* Пути освоения и повышения плодородия солонцовых почв Западной Сибири. – М.; Целиноград: Колос, 1986. – 152 с.
5. *Загребаев И.И., Вагина Т.А.* Улучшение сенокосов и пастбищ Барабы. – Новосибирск: Кн. изд-во, 1954. – 14 с.
6. *Орловский Н.В.* Основные моменты в использовании и улучшении солонцовых и солончаковых почв Западной Сибири // Химизация соц. земледелия. – 1937. – № 6. – С. 1–4.
7. *Алёшин С.Н.* К теории образования солонцов и их биологической мелиорации // Изв. ТСХА. – 1965. – Вып. 4. – С. 28–35.
8. *Молоканов В.А.* Агротехнические основы возделывания донника желтого на солонцах Барабинской низменности: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 1975. – 27 с.

9. *Константинов М.Д.* Агробиологический метод мелиорации солонцов Южного Урала и Западной Сибири. – Новосибирск, 2000. – 360 с.
10. *Практикум* по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 687 с.
11. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1972. – Вып. 5. – С. 36–40.
12. *Константинов М.Д., Ломова Т.Г., Кухарь М.А.* Фитомелиоративные луговые севообороты на солонцовых почвах Западной Сибири // Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд-ние. Сиб. НИИ кормов. – Новосибирск, 2011. – 104 с.

REFERENCES

1. Semendjaeva N.V., Dobrotvorskaja N.I. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty himicheskoj melioracii soloncov Zapadnoj Sibiri* (Theoretical and practical aspects of chemical melioration of solonetzes in Western Siberia), Novosibirsk, 2005, 156 p.
2. Gedrojc K.K. *Soloncy, ih proishozhdenie, svojstva i melioracija* (Solonetz, their origin, properties and melioration), Moscow, 1955, pp. 299–355.
3. Mal'cev T.S. *Sistema bezotval'nogo zemledelija* (The system of organic farming), Moscow, 1988, 116 p.
4. Miguckij A.S. *Puti osvoenija i povyshenija plodorodija soloncovyh pochv Zapadnoj Sibiri* (Ways of development and increase of fertility of solonetz soils of Western Siberia), Moscow, Celinograd, Kolos, 1986, 152 p.
5. Zagrebaev I.I., Vagina T.A. *Uluchshenie senokosov i pastbishh Baraby* (Improvement of hayfields and pastures of Baraba), Novosibirsk, 1954, 14 p.
6. Orlovskij N.V. Osnovnye momenty v ispol'zovanii i uluchshenii soloncovyh i solonchakovyh pochv Zapadnoj Sibiri, *Himizacija soc. Zemledelija*, 1937, No. 6, pp. 1–4. (In Russ.)
7. Aljoshin S.N. K teorii obrazovanija soloncov i ih biologicheskoj melioracii, *Izv. TSHA*, Issue 4, 1965, pp. 28–35. (In Russ.)
8. Molokanov V.A. *Agrotehnicheskie osnovy vozdelyvanija donnika zheltogo na soloncah Barabinskoj nizmennosti* (Agrotechnical bases of cultivation of sweet clover yellow on solonetzes of the Barabinsk lowland), Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 1975, 27 p.
9. Konstantinov M.D. *Agrobiologicheskij metod melioracii soloncov Juzhnogo Urala i Zapadnoj Sibiri* (Agrobiological method of melioration of solonetzes of the Southern Urals and Western Siberia), Novosibirsk, 2000, 360 p.
10. Mineev V.G. *Praktikum po agrohimii* (Workshop on agrochemistry), Moscow, Izd-vo MGU, 2001, 687 p.
11. Bazilevich N.I., Pankova E.I. Opyt klassifikacii pochv po soderzhaniju toksichnyh solej i ionov, *Bjul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva*, 1972, Issue 5, pp. 36–40. (In Russ.)
12. Konstantinov M.D., Lomova T.G., Kuhar» M.A. *Fitomeliorativnye lugovye sevooboroty na soloncovyh pochvah Zapadnoj Sibiri* (Phytomeliorative meadow crop rotations on solonets soils of Western Siberia), Novosibirsk, 2011, 104 p.