

УДК 504.53:631.47:631.445

## СОЛЕВОЙ СОСТАВ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

<sup>1</sup>Холдаров Д.М., <sup>2</sup>Собиров А.О., <sup>2</sup>Касимова Х.Х., <sup>3</sup>Холдарова М.М.

<sup>1</sup>*Институт почвоведения и агрохимических исследований, Ташкент;*

<sup>2</sup>*Ферганский политехнический институт, Фергана;*

<sup>3</sup>*Ферганский государственный университет, Фергана, e-mail: davronbek.xoldarov@yandex.ru*

Расположение геохимических соединений в карбонатно-гипсовых засоленных почвах пустынной зоны Ферганской долины в пространстве и времени, а также в профиле почв по отдельности по условиям их формирования отличаются от других регионов Узбекистана (Мирзачул, Джизакская пустыня, Зеравшанская и Вахшская долины). По происхождению, морфологическому строению, галохимическому составу, водно-физическим свойствам и мелиоративным свойствам широко распространенные в Центральной Фергане гипсовые, арзык-шоховые, шох-арзыкские почвы выделяются в отдельную карбонатно-гипсовую геохимическую почвенную провинцию. Установлена историческая целостность и непрерывность процессов солеобразования в районе долины. Накопление солей и геохимических соединений является результатом сложного комплекса древних и современных процессов, оно формировалось на протяжении многих веков геологических периодов. Генезис, эволюция и геохимия засоленных почв, в том числе солончаков, весьма разнообразны. Одной из них, и самой важной, является материнская порода, распространенная в условиях сухого климата и содержащая различные типы мигрирующих солей. Это заставляет соли в верхнем слое почвы перемещаться из одного места в другое в виде мелкой пыли под воздействием ветра или осадков.

**Ключевые слова:** Ферганская долина, Центральная Фергана, солончак, провинция, сульфат, карбонат

## SALT CONTENT OF SALINE SOILS IN FERGHANA VALLEY

<sup>1</sup>Kholdarov D.M., <sup>2</sup>Sobirov A.O., <sup>2</sup>Kasimova Kh.Kh., <sup>3</sup>Kholdarova M.M.

<sup>1</sup>*Institute of Soil Science and Agrochemical Research, Tashkent;*

<sup>2</sup>*Fergana Polytechnic Institute, Fergana;*

<sup>3</sup>*Fergana State University, Fergana, e-mail: davronbek.xoldarov@yandex.ru*

The location of geochemical compounds in the carbonated-gypsum saline soils of the Fergana Valley desert region in space and time, as well as in the profile of soil soils, is uniquely and appropriately stratified, and the conditions of their formation are different from such alternative and similar regions of our Republic (Mirzachol, Jizzakh desert, Zarafshan and Vakhsh valleys). According to the origin, morphological structure, halochemical composition, water-physical properties and melioration properties of the gypsum, arzyc-shokh and shokh-arzyc soils widely distributed in the Central Fergana region, they are divided into a separate carbonate-gypsum geochemical soil province. The historical integrity and continuity of the salt formation processes in the valley area have been determined. The accumulation of salts and geochemical compounds is the result of the complex of ancient and modern processes and has been formed over many centuries of geological periods. The genesis, evolution, and geochemistry of saline soils, including alkaline soils, are very diverse. One of them, and the most important, is the parent rock, which is distributed in dry climates and contains various types of migrating salts. It causes salts in the top layer of soil to move from one place to another in the form of fine dust by wind or as a result of atmospheric precipitation.

**Keywords:** Ferghana Valley, Central Ferghana, alkaline soils, province, sulfate, carbonate

Научное исследование генезиса, эволюции и геохимических свойств засоленных луговых сазовых почв и солончаков, распространенных в Ферганской долине, является одной из актуальных проблем.

В мире насчитывается более 833 млн га засоленных земель, что составляет 8,7% земной поверхности. Засоленные почвы распространены в основном в странах с сухим климатом, в Пакистане, Индии, Китае, США, Средней Азии, Южной Америке, Африке, Австралии на больших площадях, а также среди незасоленных почв в виде пятен более мелкими массивами. Засоленные почвы на территории СНГ составляют 52,3 млн га, или 2,4% всех почв по площади. Более половины орошаемых площадей Средней Азии, Южного Казахстана, около 75–80% орошаемых земель имеют разную степень засоления.

Цель исследования – изучение содержания солей и их миграции в орошаемых почвах и солончаках с разной степенью засоления, распространенных в пустынной зоне Ферганской долины.

### Материалы и методы исследования

Полевые почвенные исследования проводились на основе морфологического метода Докучаева, сравнительно-географического метода исследования. Анализы выполнялись общепринятым методом, описанным в руководствах СоюзНИХИ [1], Е.В. Ариушкиной [2]. Полученные результаты были проанализированы математически и статистически на основе методического пособия Б.А. Доспехова [3], использована компьютерная техника последних версий электронных таблиц, графиков и программ Excel.

### Результаты исследования и их обсуждение

Изучение состава и количества карбонатов и сульфатных солей в почвах, распространенных в Центральной Фергане, входящей в состав пустынной области Ферганской долины, имеет большое теоретическое и практическое значение. Эти соли обладают способностью активно перемещаться по почвенному профилю и в результате своего перемещения накапливаться на определенных глубинах.

А.Ф. Миддендорф в своей работе представил первую классификацию почв Ферганской долины: «галечниковая пустыня», «солончаковая пустыня», «песчаная пустыня», «лёссовая» и несколько гумусовых выделений, различных по условиям сельскохозяйственного использования и урожайности, дал сравнительную оценку почв. Плодородные почвы Туркестана он приравнял к черноземам. А.Ф. Миддендорф, дав естественно-историческую характеристику Ферганской долины, упомянул о наличии засоленных почв. В этих районах роль минерализованных грунтовых вод, расположенных вблизи поверхности земли, в протекании этих процессов была научно доказана в основном тем, что эти воды находились под сильным давлением [4].

В работе В.А. Ковда даны сведения о солевом режиме засоленных почв Ферганской области, составе и динамике солей в почвенных растворах.

Почвенный покров Ферганской долины М.А. Панков разделил на 7 геоморфологических и 13 почвенных районов. Даны характеристики почвенного покрова, механического состава, засоленности и почвообразующих пород, параметров подземных грунтовых вод, малых геоморфологических районов внутри почвенных регионов. Кроме того, он высказал мнение о почвах Центрально-Ферганской пустынной зоны, которые могут быть освоены в будущем, и мелиоративных мероприятиях по их освоению.

В 1978–1988 гг. М. Мухаммаджоновым и П. Бесединым были проведены опыты по улучшению мелиоративного состояния плодородных и загипсованных почв Ферганской долины, то есть возделыванию сельскохозяйственных культур путем глубокого рыхления.

М.У. Умаров, изучая физические, физико-механические свойства почв Центральной Ферганы, подчеркивает наличие между 70–120 см плотных непроницаемых слоев, и этот слой отрицательно влияет на физические свойства почв.

Изменения почв Центральной Ферганы под влиянием орошения были подробно изучены А. Махсудовым в 1969–1979 гг.

П.Н. Беседин, К.Ш. Шадманов, Г.Ю. Юлдашев проводили исследования по орошению засоленных орошаемых почв Центральной Ферганы минерализованными водами. Она составляет 3,5–4,0 г/л для полива лугово-сазовых, почв тяжелого механического состава и чередования поливов арыковой водой для предотвращения увеличения поглощенного натрия в почве, доказано, что можно использовать для промывки солей и орошения 4–6 г/л минерализованную воду для лугово-сазовых почв легкого механического состава [5].

Генезис малопродуктивных арзыковых, шоховых и гипсовых почв на территории Центральной Ферганы изучен В.Ю. Исаковым [6, 7]. По природно-историческим условиям арзыковые, шоховые и гипсовые почвы Центральной Ферганы представляют собой отдельную почвенно-геохимическую провинцию, в их формировании велика роль тектонических и денудационных движений земной коры, накопления натрия, магния, кальция и других элементов в почве под влиянием подземных и поверхностных вод. В результате было показано, что в почвенных покровах района появились разной степени засоленности гипсовые, глинистые и арзыковые слои.

Соли в основном представлены сернокислыми и хлоридными кальцием, магнием и натрием. В исследованных авторами солончаках природного и антропогенного генезиса основная масса солей представлена в виде  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{MgSO}_4$ , далее идут  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  [8, 9].

В процессе изучения свойств шоховых, гипсовых почв, распространенных в северных частях Центральной Ферганы и конуса-выноса Шохимарданская и Исфайрамская, в почвах, где грунтовые воды залегают в среднем глубже 2,5–3,0 м, установлено, что карбонаты кальция и магния в нижних частях и средних частях накапливается гипс, часто в виде арзыка [10].

Орошаемые земли Центральной Ферганы зачастую обладают слабой естественной и недостаточной искусственной дренажностью, в связи с чем почвы подвержены засолению в различной степени. В настоящее время среди орошаемых почв, подверженных засолению, в том числе средне, сильно и очень сильнозасоленные составляют 26,8% [11–13].

Накопление солей в почвах Ферганской области происходило за счет  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и гипса ( $\text{CaSO}_4$ ). Чем суше климат, тем быстрее в почве накапливаются соли. По мере при-

ближения грунтовых вод к поверхности накопление солей также увеличивается в областях с высокими испаряющими свойствами (особенно в пустынных регионах). В Центральной Фергане 1000–1500 мм над землей в год. 1–1,5 т/га в результате испарения под воздействием слабоминерализованной воды (около 0,5 г/л). соль накапливается, т.е. остается в почве [14].

Вопросы, связанные с засолением почв, подробно изучались в исследованиях, проведенных многими зарубежными учеными, которые высказали мнения о причинах засоления почв и составе солей, вызывающих засоление, а также о мерах по снижению засоления почв.

Российские ученые проводили исследования климатических изменений свойств засоленных гидроморфных почв в бассейне озера Неро за последние 30–40 лет. Исследователи изучили рН почвы и содержание органического углерода, карбоната кальция и растворимых солей [15].

Исследования в Китае показали, что сочетание соломы и внесения неорганического азота является эффективной стратегией улучшения прибрежных засоленных почв. Разложение соломы способствовало формированию и устойчивости агрегатов засоленной почвы. Внесение соломы и неорганического азота эффективно снижает засоление почвы [16, 17].

Содержание соли в сильно засоленных почвах в Синьцзяне, Китай, контролировалось в течение семи лет подряд с использованием технологии быстрого измерения электромагнитной индукции (ЭМИ). Было обнаружено, что в сочетании с сельскохозяйственными культурами орошение с искусственным дренажем и изоляция солей в корневой зоне эффективно снижает засоленность почвы в пахотном слое [18].

Научные исследования, проводимые в этом направлении, продолжаются и сегодня многими исследователями [19–21].

Высокий уровень карбонизации почвы увеличивает ее буферную способность, создавая постоянную слабощелочную среду. Эти соли, т.е.  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , непрерывно поставляют и насыщают почвенный поглощающий комплекс Са и Mg. Таким образом, карбонаты и сульфаты Са и Mg в почвенном разрезе имеют важное генетическое значение и влияют на эффективность внесения в почву фосфорных удобрений, в том числе принимая участие в переходе фосфора из легкоподвижных в труднорастворимые формы. С.Н. Рыжов по их данным, карбонаты Са и Mg участвуют в цементации (уплотнении) почвенных

агрегатов и агрегатообразовании. Г.И. Оловянишников, Д.М. Кугучков в их работе было доказано, что эти соли накапливаются в почве на разных уровнях и вызывают карбонатное засоление.

Участие  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , наряду с  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и двойными солями в формировании почв Центральной Ферганы подробно изучено в [5]. Также отмечено обилие гипса,  $\text{MgSO}_4$  и доломита в арзиковых-солончаковых почвах пустынной зоны [6].

На пониженных элементах рельефа в условиях близкого залегания грунтовых вод к поверхности, где они по капиллярам могут подниматься до корнеобитаемого слоя и выше, формируются супераквальные ландшафты. В наших условиях супераквальный ландшафт расположен как биогеохимическая провинция в пустынной зоне Ферганской долины [22].

Постоянное залегание поливных наносов в орошаемых лугово-сазовых почвах, т.е. их оседание на почве, а также их выдувание с помощью ветров, поступление и уход через грунтовых воды, также влияет на количество и баланс сульфатных и карбонатных солей Са и Mg в почве. В то же время, если посмотреть на распределение содержания гипса по сечению почвы, то из таблицы видно, что оно возрастает по направлению к нижним слоям к средней части почвенного профиля, а затем в определенной степени уменьшается. Эта особенность характерна для лугово-сазовых почв Центральной Ферганы.

Хотя количество гипса в пахотном и подпахотном слоях мало изменяется, это соответствует периоду освоения почв, т.е. количество гипса в пахотном и подпахотном слоях староорошаемых лугово-сазовых почв составляет около 2,5–8,10%, тогда как во вновь возделываемых и вновь орошаемых группах этот показатель составляет 3,6–11,2%. Это изменение, безусловно, связано с преемственностью антропогенного воздействия, если смотреть на показатель, то количество гипса составляет 18–27%.

В средней части почв исследуемых территорий (в горизонте «В») накапливается 20–27% гипса. Этот горизонт скорее всего реликтовое. Этот горизонт особенный и был выделен большинством ученых. В этом слое также много  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ .

Причиной этого является относительно хорошая растворимость соли  $\text{MgSO}_4$ , которая накапливается в этом слое при промывке солей и процессах орошения. Положительная корреляция ( $t = 0,53–0,95$ ) наблюдается между количествами гипса и эпсомита в почве. Ошибка коэффициента корреляции составляет от  $\pm 0,2$  до  $\pm 3,86$ .

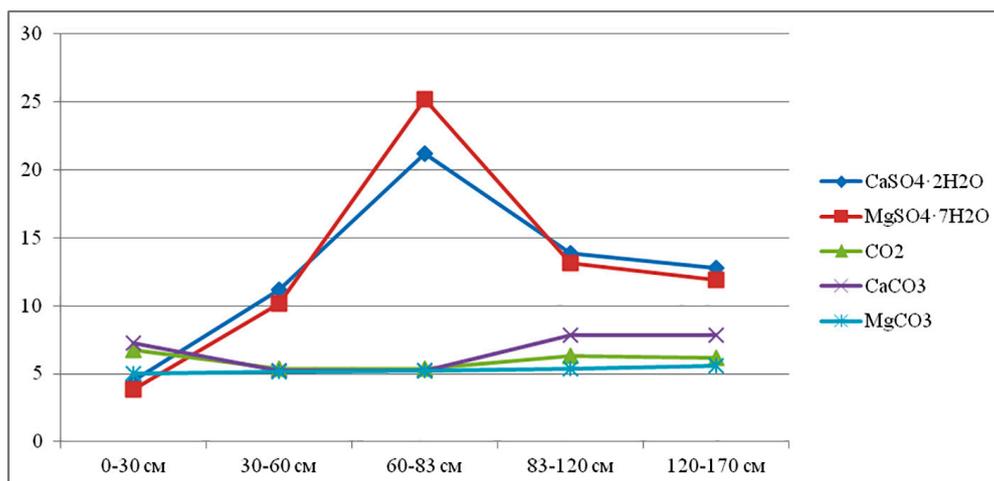


Рис. 1. Распределение солей в новоосвоенных луговых сазовых почвах, %

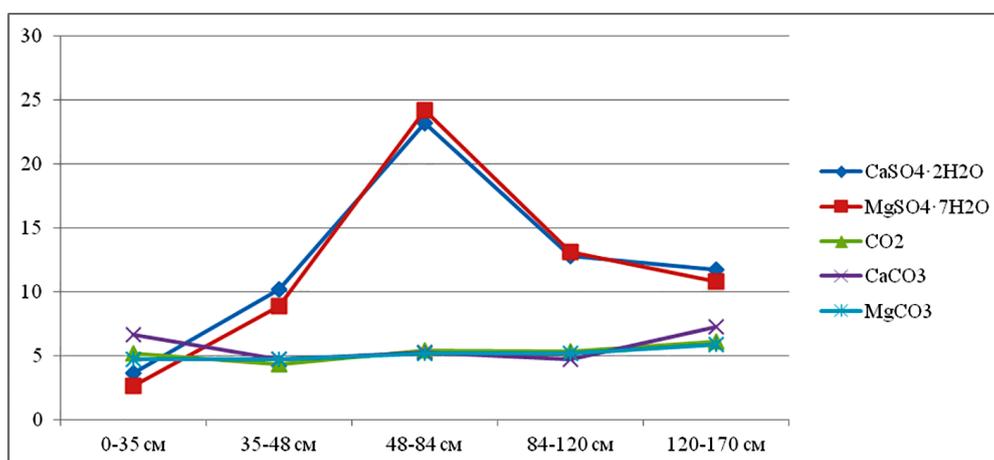


Рис. 2. Распределение солей в новоорошаемых луговых сазовых почвах, %

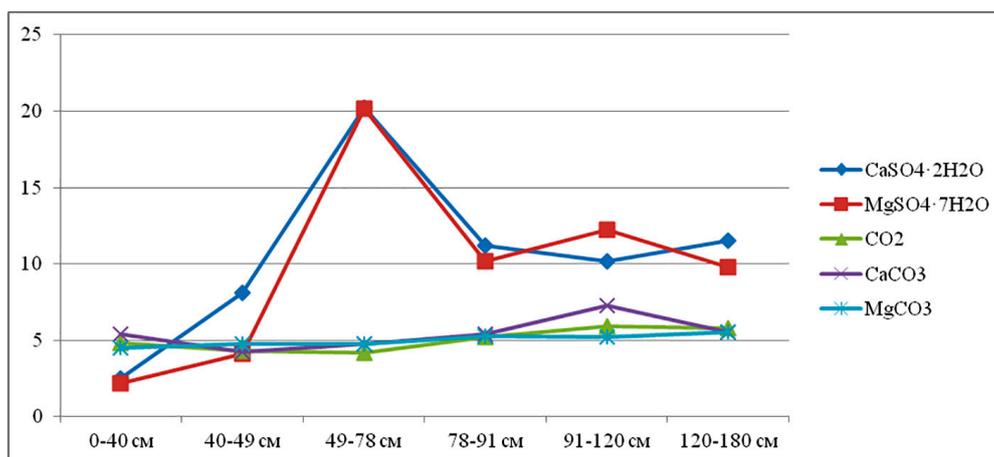


Рис. 3. Распределение солей в староорошаемых луговых сазовых почвах, %

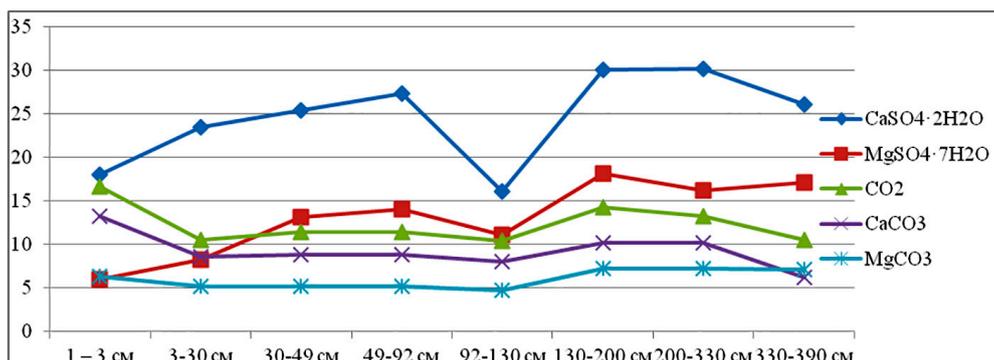


Рис. 4. Распределение солей в солончаках, %

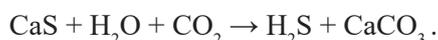
Среднее количество карбонатов (CO<sub>2</sub>) в орошаемых почвах составляет 4–6% и практически равномерно распределено по профилю поперечного сечения. Это особенность относится и к CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, а наличие повышенных количеств MgSO<sub>4</sub> и MgCO<sub>3</sub> в исследованных почвах свидетельствует о наличии отдельной магниевой геохимической провинции (рис. 1–4).

Однако корреляция между CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub> положительная и низкая, 0,21–0,48. В этом случае ошибка коэффициента корреляции (mr) равна 0,34.

В территории Центральной Ферганы, относящейся к пустынному району Ферганской долины, грунтовые воды минерализованы (сульфатные, гидрокарбонатные) и расположены близко к поверхности земли. Гипс и карбонаты находятся в слое «В», т.е. 60–100 см, образует осадок. Эта особенность особенно хороша у испарительных барьеров: по данным М.А. Глазовской, они могут накапливать до 25–30% карбонатов.

Чем больше в почвенном растворе солей Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и NaCl (в исследованиях авторов достаточно Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), тем несколько увеличивается растворимость карбонатов, и в виде бикарбонатов они достигают верхних слоев земли и за счет потери их вода при высоких температурах выпадает в осадок в соли CaCO<sub>3</sub> и MgCO<sub>3</sub>, можно согласиться с выводом, что в пахотном слое появляются карбонаты.

По имеющимся данным, количество карбонатов в соленых корках составляет 10–20%. Наши наблюдения подтверждают это число (16%). Биогенная известь в исследованных почвах встречается очень редко, если она и присутствует, то может образовываться при сульфатредукции серы в гипсе следующим образом:



По данным М.А. Глазовской, этот процесс наблюдается у солончаков [23].

Процессы образования почвенных карбонатов сложны, к ним относятся и карбонаты микроэлементов, то есть в карбонатном слое накапливаются такие микроэлементы, как Cu, Sn, Rb, Mn, Hg, Zn [24, 25].

В заключение следует отметить, что орошаемые лугово-сазовые почвы на территории Центральной Ферганы относятся к пустынной области Ферганской долины, бедны гумусом и питательными веществами, умеренно засолены, среднее количество вредных (ядовитых) солей в них составляет 0,6–0,7%. С увеличением периода орошения количество этих солей уменьшается до 0,25–0,40% в староорошаемых почвах. Богат гипсом и карбонатами. MgSO<sub>4</sub> занимает ведущее место в составе солей, что свидетельствует о существовании особой провинциальности. Верхний слой новоорошаемых почвах слабо солонцеватый (5–7% по отношению к поглотительной способности поглощенного Na), остальные слои, и ново-, и староорошаемые, не солонцеватые. Адсорбция катионов ТСК в орошаемых почвах зависит от их ионного радиуса.

#### Список литературы

1. Методы агрофизических исследований почв Средней Азии. Ташкент: СоюзНИХИ, 1973. 132 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 488 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Миддендорф А.Ф. Очерки Ферганской долины. СПб., 1882. 605 с.
5. Беседин П.Н., Шадманов К.Ш., Юлдашев Г.Ю. Почвенный покров опытного участка СоюзНИХИ в совхозе «Правда» / Приемы освоения эродированных почв Центральной Ферганы: сб. науч. тр. Ташкент, 1979. С. 15–35.
6. Исаков В.Ю., Юсупова М.А., Хошимов А.Н. Геоэкология и химические свойства песчаных почв Ферганской долины // Ученый XXI века. 2016. № 1 (14). С. 3–6.
7. Исаков В.Ю., Мирзаев У.Б. Особенности характеристики почв песчаных массивов Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 1. С. 15–19.
8. Юлдашев Г., Исагалиев М., Азимов З., Мамажонов И. Запас и качество воднорастворимых солей в природных

- и вторичных солончаках Ферганской долины // Живые и биокосные системы. 2023. № 43. DOI: 10.18522/2308-9709-2023-43-2. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-43/article-2/> (дата обращения: 12.12.2023).
9. Юлдашев Г., Исагалиев М.Т., Безуглова О.С. Изменение состава поглощенных оснований почв пустынь как индикатор их эволюции // Живые и биокосные системы. 2018. № 26. DOI: 10.18522/2308-9709-2018-26-3. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-26/article-3> (дата обращения: 12.12.2023).
10. Мирзаев У.Б., Умаркулова Б.Н. Влияние антропогенного фактора на эволюцию орошаемых арзлык-шоховых почв // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 2. С. 5–9.
11. Исмонов А.Ж., Абдурахмонов Н.Ю., Каландаров Н.Н. Почвы Центральной Ферганы и их изменение при орошении // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. № 3. С. 12–17.
12. Турдалиев Ж.М., Мансуров Ш.С., Ахмедов А.У., Абдурахмонов Н.Ю. Засоленность почвогрунтов и грунтовых вод Ферганской долины // Научное обозрение. Биологические науки. 2019. № 2. С. 10–15.
13. Каландаров Н.Н. Состояние гидроморфных почв северной части Центральной Ферганы и их изменение под влиянием антропогенного фактора: автореф. дис. ... докт. философии (PhD) по биол. наукам. Ташкент, 2019. 45 с.
14. Холдаров Д.М., Собиров А.О. О биомикроэлементном составе засоленных почв и растений // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 4. С. 78–82.
15. Simonova J., Rusakov A., Ryumin A., Mirin D., Lemeshko N., Popov A., Rusakova E. The response of salt-affected hydromorphic soils of the Nero Lake basin to the recent climate change within the Upper Volga Region, Russia // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 207. P. 104871. DOI: 10.1016/j.still.2020.104871.
16. Xie W., Chen Q., Wu L., Yang H., Xu J., Zhang Y. Coastal saline soil aggregate formation and salt distribution are affected by straw and nitrogen application: A 4-year field study // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 198. P. 104535. DOI: 10.1016/j.still.2019.104535.
17. Su X., Wang Y., Wang G., Zhang Y., Gong X., Jun Y., Gou F., Lyu H. Assessment and prediction of coastal saline soil improvement effects combining substrate amendments and salt barrier materials in typical region of the Yangtze River Delta // Soil and Tillage Research. 2022. Vol. 223. P. 105483. DOI: 10.1016/j.still.2022.105483.
18. Shi X., Wang H., Song J., Lv X., Li W., Li B., Shi J. Impact of saline soil improvement measures on salt content in the abandonment-reclamation process // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 208. P. 104867. DOI: 10.1016/j.still.2020.104867.
19. Upadhyay S.K., Chauhan P.K. Optimization of eco-friendly amendments as sustainable asset for salt-tolerant plant growth-promoting bacteria mediated maize (*Zea Mays* L.) plant growth, Na uptake reduction and saline soil restoration // Environmental Research. 2022. Vol. 211. P. 113081. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113081.
20. Batistão A.C., Holthusen D., Reichert J.M., Portela J.C. Soil solution composition affects microstructure of tropical saline alluvial soils in semi-arid environment // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 203. P. 104662. DOI: 10.1016/j.still.2020.104662.
21. Sundha P., Basak N., Rai A.K., Yadav R.K., Sharma P.Ch., Sharma D.K. Can conjunctive use of gypsum, city waste composts and marginal quality water rehabilitate saline-sodic soils? // Soil and Tillage Research. 2020. Vol. 200. P. 104608. DOI: 10.1016/J.STILL.2020.104608.
22. Холдаров Д.М., Шодиев Д.А., Райимбердиева Г.Г. Геохимия микроэлементов в элементарных ландшафтах пустынной зоны // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 3 (100). С. 77–81.
23. Глазовская М.А. Почвы мира. М., 1972. Т. 1. 230 с.
24. Холдаров Д.М., Собиров А.О. Коэффициент биологической поглощаемости растений в засоленных почвах и солончаках // Universum: Химия и Биология. 2021. Ч. 1. № 1 (79). С. 23–25.
25. Kholdarov D., Urmanov S., Sobirov A., Turdimatova G. Migration of microelements in soils of Ferghana valley and advantages of using them // Science and innovation. 2023. Vol. 2, Is. 1. P. 108–114. DOI: 10.5281/zenodo.7558418.