

ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ

ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Статья поступила в редакцию: 10.07.2026

Статья принята к публикации: 17.07.2026

Статья опубликована: 28.08.2026

УДК 631.4+631.81

DOI: 10.32743/UniTech.2026.149.8.23321

Агрохимическая характеристика почвенных профилей Караузьякского и Тахтакупырского районов республики Каракалпакстан

Асаматдинов Алым Орынбаевич

канд. хим. наук

и.о. доцента кафедры химии, Нукусский государственный педагогический институт им.

Ажинияза

Республика Узбекистан, г. Нукус

E-mail: asamatdinov1973@gmail.com

Джаксымуратов Караматдин Мустапаевич

д-р геол.-минерал. наук, проф.

кафедры физической географии и гидрометеорологии, Каракалпакский государственный

университет им. Бердаха

Республика Узбекистан, г. Нукус

E-mail: karamatdindjaksimuratov842@gmail.com

Кудьяров Оралбай Аширбаевич

магистр биол. наук, директор

средняя школа №12

Республика Узбекистан, Канлыккульский район, н.п. Бостан

E-mail: kudiyarovoralbay33@gmail.com

Agroecological characterization of soil profiles in the Karauzyak and Takhtakupyr districts of the republic of Karakalpakstan

Asamatdinov Alim Orynbaevich

*candidate of Chemical Sciences, Acting Associate Professor
of the Department of Chemistry Nukus State Pedagogical Institute named after Ajiniyaz
Uzbekistan, Nukus*

Dzhaksymuratov Karamatdin Mustapayevich

*doctor of Geological and Mineralogical Sciences; Professor of the Department of Physical
Geography and Hydrometeorology
Karakalpak State University named after Berdakh
Uzbekistan, Nukus*

Kudyyarov Oralbay Ashirbaevich

*master of Biological Sciences
Principal of Secondary School No. 12
Uzbekistan, Kanlykul District, Bostan*

Аннотация

В статье представлены результаты комплексного исследования физико-химических свойств почв, отобранных в Караузякском и Тахтакупырском районах Республики Каракалпакстан. Проведена оценка гранулометрического состава, кислотно-щелочных свойств, электропроводности, степени засоления, а также содержания водорастворимых ионов в почвенных профилях глубиной до 250 см. Установлено, что исследуемые почвы характеризуются неоднородным гранулометрическим составом с преобладанием легкосуглинистых, супесчаных и пылевато-суглинистых горизонтов. Значения pH варьировали от 8,4 до 9,4, что свидетельствует о сильнощелочной и очень сильнощелочной реакции среды. Анализ солевого состава показал высокую степень засоления почв, особенно в верхних горизонтах профилей, где электропроводность насыщенного почвенного экстракта достигала 52,96 dS/m, а содержание плотного остатка — 8,78 %. В составе водорастворимых солей преобладают сульфаты и хлориды натрия, определяющие хлоридно-сульфатный характер засоления. Основными токсичными солями являются Na_2SO_4 , NaCl и MgSO_4 , доля которых составляет большую часть общего солевого фонда почвы. Полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятном мелиоративном состоянии исследованных земель и необходимости разработки мероприятий по снижению засоления и повышению плодородия почв в условиях Северного Приаралья.

Abstract

This study presents the results of a comprehensive investigation of the physicochemical properties of soils collected from the Karauzyak and Takhtakupyr districts of the Republic of Karakalpakstan. Soil profiles to a depth of 250 cm were evaluated for particle-size distribution, soil reaction (pH), electrical conductivity, salinity level, and the composition of water-soluble ions. The

Библиографическое описание: Асаматдинов А.О., Джаксымуратов К.М., Кудыяров О.А. Агрохимическая характеристика почвенных профилей Караузякского и Тахтакупырского районов республики Каракалпакстан // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 8(149). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23321>

investigated soils exhibited heterogeneous particle-size distribution, with a predominance of loam, sandy loam, and silt loam horizons. Soil pH ranged from 8.4 to 9.4, indicating strongly to very strongly alkaline conditions. Salinity analysis revealed severe soil salinization, particularly in the upper horizons, where the electrical conductivity of the saturated soil extract reached 52.96 dS m⁻¹ and the total dissolved salts (dry residue) content reached 8.78 %. Water-soluble salts were dominated by sodium sulfates and chlorides, resulting in predominantly chloride–sulfate salinity. The principal toxic salts identified were sodium sulfate (Na₂SO₄), sodium chloride (NaCl), and magnesium sulfate (MgSO₄), which accounted for the majority of the total salt content. These findings indicate the unfavorable reclamation status of the studied soils and emphasize the need for integrated soil management measures aimed at reducing salinity and improving soil fertility to ensure the sustainable use of agricultural lands in the Northern Aral Sea region.

Ключевые слова: почва, засоление, гранулометрический состав, электропроводность, водная вытяжка, ионный состав, Северное Приаралье, Каракалпакстан, плодородие почв, агроэкологическая оценка.

Keywords: soil salinity, agroecological assessment, soil profile, particle-size distribution, electrical conductivity, water-soluble ions, Northern Aral Sea region, Republic of Karakalpakstan, soil fertility.

Введение

Республика Каракалпакстан относится к числу наиболее уязвимых территорий Северного Приаралья, где процессы вторичного засоления и осолонцевания получили широкое распространение. В условиях высокой испаряемости и ограниченного естественного дренажа происходит накопление легкорастворимых солей в почвенном профиле, что оказывает негативное влияние на водно-физические свойства почв, доступность элементов питания и развитие растений. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение гранулометрического состава, физико-химических характеристик и солевого режима почв различных районов региона [10].

Гранулометрический состав является одним из важнейших показателей, определяющих водный, воздушный и питательный режимы почв. От соотношения песчаных, пылеватых и глинистых частиц зависят влагоемкость, водопроницаемость, способность к аккумуляции питательных веществ и устойчивость почв к деградационным процессам. Наряду с этим показатели кислотности (pH), электропроводности почвенного раствора, содержания водорастворимых ионов и состава солей позволяют оценить степень и характер засоления, а также выявить факторы, ограничивающие сельскохозяйственное использование земель.

В настоящее время комплексные исследования почв Северного Приаралья имеют не только научное, но и практическое значение, поскольку полученные данные служат основой для разработки мероприятий по мелиорации засоленных земель, рациональному землепользованию и восстановлению почвенного плодородия. Особый интерес представляет изучение пространственного распределения солей по почвенному профилю и установление особенностей их накопления в различных генетических горизонтах [11].

Целью настоящего исследования является комплексная оценка гранулометрического состава, физико-химических свойств, степени и характера засоления почвенных профилей, заложенных в Караузьякском и Тахтакупырском районах Республики Каракалпакстан. Для достижения поставленной цели были определены механический состав почв, показатели кислотности, электропроводности, содержание водорастворимых ионов, сумма токсичных солей и состав гипотетических солей с последующей оценкой мелиоративного состояния исследуемых почв.

Материалы и методы исследования

Физические характеристики почв. Механический состав почв (texture) определяли методом седиментации с предварительной диспергацией частиц пирофосфатом натрия. Образец мелкозема почвы с помощью взбалтывания диспергируется реагентом и сливается в мерный цилиндр, емкостью 1 литр. Через стандартные интервалы времени из суспензии пипеткой берут пробы с определенной глубины. Согласно закону Стокса определенным глубинам соответствуют частицы диаметром: 1, 0.25, 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001 и <0,001.мм. Отобранные пробы помещают в чашки, высушивают до постоянного веса и взвешивают.

Определение показателей засоленности и анализ содержания растворимых ионов в почве. Для определения засоленности почв проведены измерения электрической проводимости в водной вытяжке при соотношении объемов почва: вода 1:5 (ЕС 1:5). Измерения проводили в dS/m электрокондуктометром, имеющим электрод с температурным компенсатором.

Метод оценки степени засоления почв по электрической проводимости насыщенных почвенных экстрактов принят в международной практике из-за его простоты, однако в местных условиях ранее широко не применялся. В результате репрезентативного числа измерений ЕС_е и ЕС 1:5, для условий Узбекистана, получен коэффициент пересчета “К”, равный 4,0, который позволяет по измеренным значениям ЕС в водной вытяжке 1:5, оценивать степень засоления почв используя классификацию ФАО [6] Пересчет из ЕС1:5 в ЕС_е рекомендуется проводить по формуле:

$$ЕС_e = 4,0 \times ЕС_{1:5},$$

затем делать оценку степени засоленности для слоев почв по таблице:

Подготовка образцов почвы. Образцы почвы высушиваются на воздухе, размельчаются в форфоровой ступке с помощью пестика и просеиваются через сито с ячейками размером в 1 мм. По международным стандартам широко используется просеивание почвы через сито диаметром 2 мм, так как большинство почв Центральной Азии имеют пик распределения частиц почвы по их размерам, который в международной классификации относится к фракции “пыли”, мало вероятно, что эта разница может послужить причиной получения большой разницы величин при анализах [12].

Результаты и обсуждения

По результатам анализа механического (гранулометрического) состава почв разрезов, профиль почвы неоднородный, имеет слоистое сложение.

В разрезе Р-1 (Караузяк) почвы представлены более лёгким механическим составом. В слое 0 – 50 см залегают лёгкие суглинки, от 50 до 100 см, супеси, ниже, наблюдается чередование средних суглинков и легких суглинков с супесями (таблица 1).

Таблица 1.

Результаты анализа механического состава почвы

Место отбора	Горизонт, см	Количество фракций (мм), в %								Оценка по А.Н. Качинскому
		>0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	Физическая глина, <0,01	
Р-1 Караузяк	0-25	3,7	24,6	22,4	23,9	4,8	11,9	8,7	25,4	Легкий суглинок
	25-50	2,3	14,1	33,6	22,3	5,6	12,7	9,5	27,8	Легкий суглинок
	50-75	1,7	16,3	47,9	19,9	1,6	7,2	5,6	14,3	Супесь
	75-100	0,5	15,0	52,0	18,7	1,2	7,2	5,6	13,9	Супесь
	100-125	0,4	2,7	12,7	51,7	10,7	12,3	9,5	32,6	Средний суглинок
	125-150	0,1	1,2	24,8	59,6	1,6	6,8	6,0	14,3	Супесь
	150-200	0,2	0,5	10,4	66,0	7,2	9,5	6,4	23,1	Легкий суглинок
Р-2 Тахтакупыр	0-25	3,1	10,1	6,5	27,0	15,9	19,9	17,5	53,3	Тяжелый суглинок
	25-50	0,6	6,9	3,5	27,8	15,9	24,2	21,1	61,2	Глина легкая
	50-75	0,5	6,8	2,9	29,4	15,1	24,6	20,7	60,4	Глина легкая
	75-100	0,5	4,9	4,0	25,4	15,9	26,2	23,1	65,2	Глина легкая
	100-125	0,1	0,5	26,3	58,8	2,4	6,8	5,2	14,3	Супесь
	125-150	0,2	0,6	38,8	46,5	1,2	7,2	5,6	13,9	Супесь
	150-200	0,1	0,4	45,4	41,3	1,6	6,4	4,8	12,7	Супесь

Согласно классификации гранулометрического состава почвы по треугольнику США, принятой ФАО (рисунок), почвы разреза Р-1 (Караузяк) в слое 0 – 50 см представлены суглинком, в слое 50 – 100 см они характеризуются, как опесчаненный суглинок, а в слое 100 – 200 см, пылеватый суглинок [3; 6].

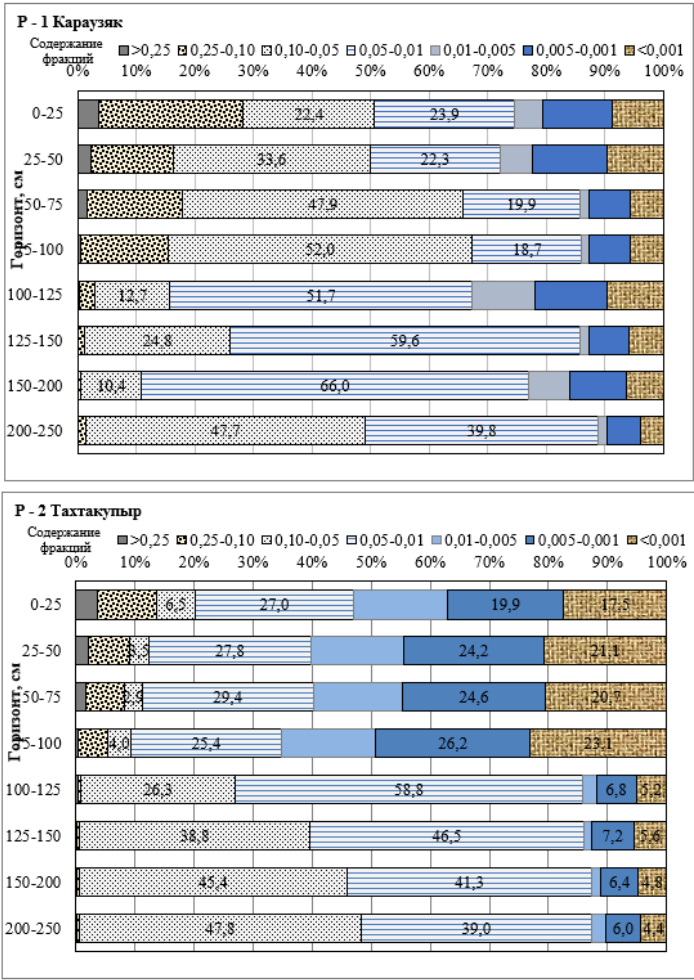


Рисунок 1. Иллюстрация количества фракций в механическом составе почв (по А.Н. Качинскому)

Таблица 2.

Анализ и оценка механического состава почвы по ФАО

Место отбора	Горизонт, см	Содержание фракций (мм) по треугольнику США, в %			Название по ФАО	
		Песок, 0.05-2.0	Пыль, 0.002-0.05	Глина, < 0.002		
Р-1 Караузьяк	0-25	52	36	12	L	Loam
	25-50	50	36	13	L	Loam
	50-75	66	26	8	SL	Sandy Loam
	75-100	67	25	8	SL	Sandy Loam
	100-125	16	71	13	ZL	Silt Loam
	125-150	26	66	8	ZL	Silt Loam
	150-200	11	80	9	ZL	Silt Loam
Р-2 Тахтаку́пир	0-25	21	56	23	ZL	Silt Loam
	25-50	11	61	28	ZCL	Silty Clay Loam
	50-75	10	62	28	ZCL	Silty Clay Loam
	75-100	10	60	31	ZCL	Silty Clay Loam
	100-125	27	66	7	ZL	Silt Loam
	125-150	40	53	8	ZL	Silt Loam
	150-200	46	47	7	SL	Sandy Loam

Почвенный профиль Р-1 (Караузяк). В верхней части профиля (0–50 см) почва характеризуется суглинистым гранулометрическим составом. Содержание песчаной фракции составляет 50–52 %, пылевой 36 %, глинистой 12–13 %. Такое соотношение механических элементов обеспечивает благоприятные водно-физические свойства почвы и достаточную влагоемкость.

В горизонтах 50–100 см наблюдается увеличение доли песка до 66–67 % и снижение содержания пыли до 25–26 %, что соответствует супесчаному составу. Данные горизонты отличаются более высокой водопроницаемостью и меньшей способностью удерживать влагу [9].

На глубине 100–200 см происходит резкое изменение гранулометрического состава. Здесь преобладает пылевая фракция 66–80 %, при относительно низком содержании песка 11–26 % и глины 8–13 %. По классификации ФАО данные горизонты относятся к пылеватосуглинистым почвам. Максимальное содержание пыли 80 % отмечено в горизонте 150–200 см, что свидетельствует о накоплении тонкодисперсного материала в процессе почвообразования и осадконакопления.

Почвенный профиль Р-2 (Тахтакупыр). Профиль Р-2 отличается более тяжелым механическим составом по сравнению с профилем Караузяка. Верхний горизонт (0–25 см) представлен пылеватосуглинистой почвой, содержащей 56 % пыли, 23 % глины и 21 % песка.

В интервале 25–100 см формируются наиболее тяжелые по механическому составу горизонты, относящиеся к пылеватоглинисто-суглинистым почвам. Содержание глинистой фракции достигает 28–31 %, тогда как доля пыли составляет 60–62 %, а песка всего 10–11 %. Повышенное содержание глины способствует увеличению влагоемкости, однако может ухудшать аэрацию и водопроницаемость почвы. Начиная с глубины 100 см механический состав становится более легким. Горизонты 100–150 см представлены пылеватосуглинистыми почвами, в которых содержание пыли составляет 53–66 %, песка 27–40 %, а глины 7–8 % [2; 7].

В нижней части профиля (150–250 см) возрастает содержание песчаной фракции до 46–48 %, а доля пыли уменьшается до 45–47 %. Эти горизонты классифицируются как супесчаные, характеризующиеся более высокой фильтрационной способностью и меньшей влагоудерживающей способностью.

Общая характеристика. Сравнительный анализ показывает, что почвы Тахтакупырского района имеют более тяжелый гранулометрический состав, особенно в средней части профиля, где содержание глинистой фракции достигает 31 %. Почвы Караузякского района характеризуются большей неоднородностью текстуры и преобладанием легких и средних по механическому составу разновидностей. В обоих профилях отмечается увеличение содержания песчаной фракции в нижних горизонтах, что может быть связано с особенностями аллювиального происхождения почвообразующих пород и изменением условий осадконакопления в прошлом. Такие различия гранулометрического состава оказывают существенное влияние на водный режим, процессы засоления, миграцию солей и общую продуктивность почв.

рН водной вытяжки из образцов почвы Р-1 Караузяк составляет от 8,4 до 9,4. При этих показателях почва образцов почвенного профиля оценивается, как сильно щелочная (рН 8.5 – 9.0) и очень сильно щелочная (рН более 9,0, таблица 3). Обычно все микроэлементы хорошо усваиваются растениями при рН менее 8,4, то есть показатель рН почвы, в обоих почвенных разрезах, – неблагоприятный.

Показатели засоленности почвы. Электропроводность, содержание плотного остатка (суммы солей), отдельных ионов, суммы токсичных солей, а также гипотетический состав солей, показаны в таблице 3 и на рисунках 2.

В исследованной почве содержится высокое содержание солей, определяемое в анализе, как «плотный остаток в водной вытяжке». Значения общего содержания солей в образцах почвы Р-1 Караузяк составляют от 0,60 % (в горизонте 200 – 250 см), до 6,88 -8,78 % к массе почвы (в верхних горизонтах 0 – 25 и 25 – 50 см).

Такое же распределение солей по профилю, как и по плотному остатку, наблюдается по показателю электропроводности насыщенного почвенного экстракта ЕСе. Показания электропроводности отражают содержание солей и составляют в вышеуказанных горизонтах, соответственно: 6, 48 и 52,96 dS/m. Во всех образцах почвы, наиболее высоко содержание ионов: сульфатов натрия и хлора. Согласно таблицы 3 в ионном составе образцов верхних, наиболее засоленных горизонтов почвы, расположение элементов по убыванию, имеет следующий вид (*в мг-экв./100г*):

$\text{SO}_4^{2-} > \text{Na}^+ > \text{Cl}^- > \text{K} > \text{Ca} \geq \text{Mg}, > \text{HCO}_3^-$ (Разрез 1 Караузяк)

$\text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{HCO}_3^-$ (Разрез 2 Тахтакүпир)

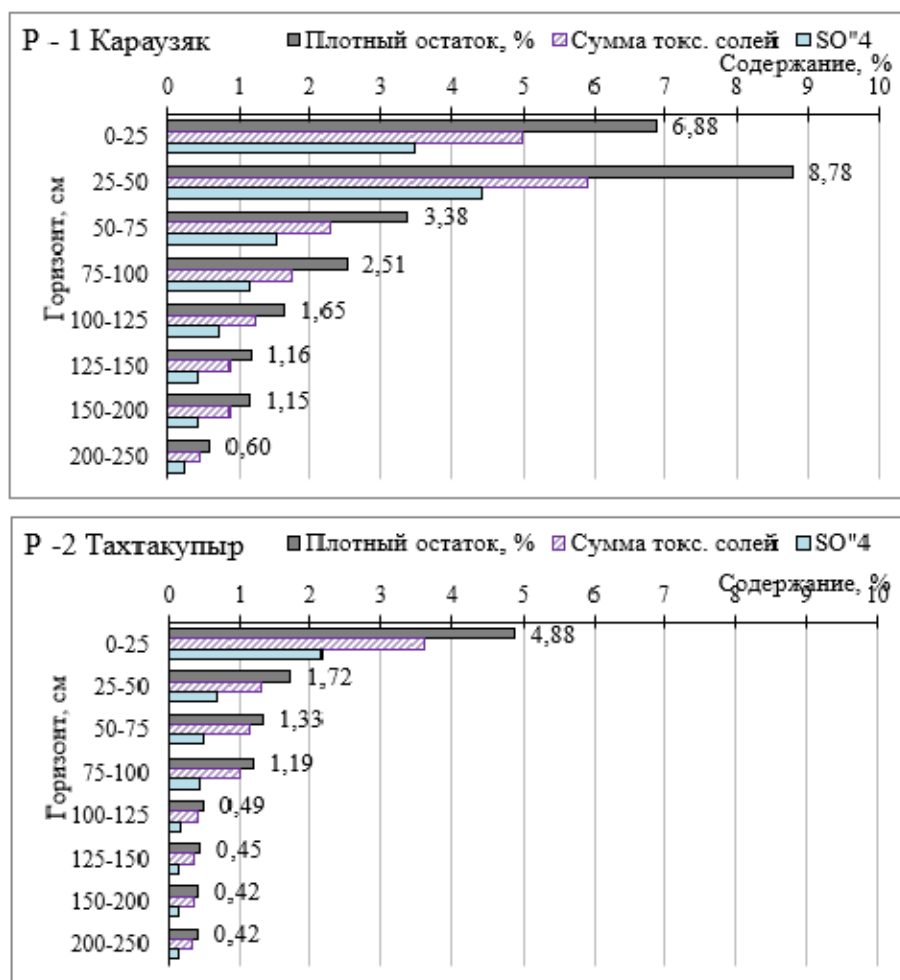


Рисунок 2. Профили содержания плотного остатка, сульфатов, суммы токсичных солей в исследованных почвах

За исключением горизонта 125 – 150 см в профиле почвы преобладает соль, – Na_2SO_4 , содержание которой составляет от 38 до 56 % всех солей. Соль NaCl по содержанию занимает второе место, в основном 21 – 37 %, и является преобладающей солью 41 % от общего содержания солей, только в вышеупомянутом горизонте 125 – 150 см. Количество вредной соли MgSO_4 в горизонтах содержится от 10 до 14 % [1; 7].

Преобладающая соль – сульфат натрия Na_2SO_4 , 40 – 53 % от всех солей, а содержание натрия хлора, 31 – 44 %. Кроме двух верхних горизонтов, где CaSO_4 , соответственно составил 17 и 10 % от общего количества солей, ниже 50 см, его количество резко снижается до 2 – 5 %. Содержание карбонатов кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, наоборот возрастает от верхнего к нижним горизонтам, от менее 1 % до 8 % от общего количества солей (рис.8). Количество сульфата магния MgSO_4 , во всех горизонтах незначительное и составляет от 2 до 4 % общего содержания солей [5; 8].

Заключение

В ходе исследований проведена комплексная оценка гранулометрического состава, физико-химических свойств и степени засоления почвенных профилей в Караузякском и Тахтакупырском районах Республики Каракалпакстан.

Почвы характеризуются неоднородным гранулометрическим составом и слоистостью. В разрезе Р-1 (Караузьяк) преобладают лёгкосуглинистые и супесчаные горизонты, в Р-2 (Тахтакупыр) — пылевато-суглинистые и тяжёлые суглинистые [4].

Значения pH составляют 8,4–9,4 (сильно- и очень сильнощелочная реакция), что неблагоприятно для большинства сельскохозяйственных культур.

Почвы сильно и очень сильно засолены: ЕСе достигает 52,96 dS/m, плотный остаток — до 8,78 %. Преобладает хлоридно-сульфатный тип засоления с доминированием токсичных солей (Na_2SO_4 , NaCl, MgSO_4).

Результаты указывают на высокую степень деградации почв вследствие вторичного засоления. Для восстановления плодородия необходимы комплексные мелиоративные мероприятия: улучшение дренажа, оптимизация орошения, промывки, химические мелиоранты и использование солеустойчивых культур.

Данные могут применяться при мониторинге почв Северного Приаралья и разработке программ восстановления деградированных земель аридной зоны Каракалпакстана [13].

Список литературы

1. Кутлымерекова А.К. Исследования агрохимических свойств почв Тахтакупырского района Республики Каракалпакстан // Теория и практика современной науки. – 2023. – № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-agrohimicheskikh-svoystv-pochv-tahtakupyrskogo-rayona-respubliki-karakalpakstan> (дата обращения: 09.08.2026).
2. Муродов Ш. и др. Изучение химических свойств подземных вод и почвы Республики Каракалпакстан на примере Караузьякского района // Вестник ЕНУ имени Гумилева. – 2026. – № 2. – С. 10–30.
3. Adeyemo T., Kramer I., Levy G.J., Mau Y. Salinity and Sodicity Can Cause Hysteresis in Soil Hydraulic Conductivity // Geoderma. – 2021. – Т. 413.
4. Asamatdinov A.O. Physico-Chemical Characteristics of Aralkum Sands // Universum. – 2026. – Т. 5. – Р. 22–28.
5. Djaksymuratov K. Hydrogeological conditions of the dried-up bottom of the Aral sea and adjacent territories of the south Aral sea artesian basin // Science and education in Karakalpakstan. – 2025. – Т. 3. – Р. 114–116.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Salt-Affected Soils: Impacts of Salinization, Sodication and Waterlogging. – Retrived from: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/en/> (дата обращения: 09.08.2026).
7. Kaldybaev S. et al. Saline Soils of the Republic of Kazakhstan and the Republic of Karakalpakstan (Uzbekistan) and Approaches for Their Improvement // Soil Science and Agrochemistry. – 2024. – Р. 112–123.
8. Khasanov S. et al. Impact Assessment of Soil Salinity on Crop Production in Uzbekistan // Agricultural Water Management. – 2023.
9. Kudaibergenova U.K., Kudaibergenova G.R. Study of Soil Conditions and Pollution Levels in the Republic of Karakalpakstan // Economics and Society. – 2025. – Т. 7. – Р. 5–12.

10. Otenova F.T., Mambetullaeva S.M. Ecological assessment of soil salinization in the Southern Aral Sea Region // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 103. – DOI: 10.1051/bioconf/202410300027.
11. Sadullaev S., Sultonov B., Ashurov F. et al. Mitigating Aral Sea disaster aftermath: evaluating soil salinization trends and eco-friendly remediation in Karakalpakstan // Brazilian Journal of Biology. – 2025. – Т. 85. – DOI: 10.1590/1519-6984.298979.
12. Tolepova Sh.B., Kurbaniyazova B.J., Jumatova R.M. Impact of Soil Salinization on Meliorative Conditions of Irrigated Areas in Karakalpakstan // European Journal of Agricultural and Rural Education. – 2024. – P. 112–121.
13. Zakirov M. et al. Key characteristics of the ecological and geodynamic conditions in southern Karakalpak Ustyurt of Uzbekistan // MDPI Land. – 2026. – Т. 15. – DOI: 10.3390/land15050782.

References

1. [Investigation of Agrochemical Properties of Soils in the Takhtakupyr District of the Republic of Karakalpakstan] // Teoriya i praktika sovremennoj nauki. – 2026. – № 11. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-agrohimicheskikh-svoystv-pochv-tahtakupyrskogo-rayona-respubliki-karakalpakstan> (дата обращения: 19.08.2026). (In Russ.)
2. [Study of Chemical Properties of Groundwater and Soil of the Republic of Karakalpakstan Using the Example of the Karauzak District] // Vestnik ENU imeni Gumileva. – 2026. – № 2. (In Russ.)
3. Adeyemo T., Kramer I., Levy G.J., Mau Y. Salinity and Sodicity Can Cause Hysteresis in Soil Hydraulic Conductivity // Geoderma. – 2021. – Т. 413.
4. Asamatdinov A.O. Physico-Chemical Characteristics of Aralkum Sands // Universum. – 2026. – Т. 5.
5. Djaksymuratov K. Hydrogeological conditions of the dried-up bottom of the Aral sea and adjacent territories of the south Aral sea artesian basin // Science and education in Karakalpakstan. – 2025. – Т. 3.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Salt-Affected Soils: Impacts of Salinization, Sodication and Waterlogging. – Retrived from: – URL: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/management-of-some-problem-soils/salt-affected-soils/en/> (дата обращения: 09.08.2026).
7. Kaldybaev S. et al. Saline Soils of the Republic of Kazakhstan and the Republic of Karakalpakstan (Uzbekistan) and Approaches for Their Improvement // Soil Science and Agrochemistry. – 2024.
8. Khasanov S. et al. Impact Assessment of Soil Salinity on Crop Production in Uzbekistan // Agricultural Water Management. – 2023.
9. Kudaibergenova U.K., Kudaibergenova G.R. Study of Soil Conditions and Pollution Levels in the Republic of Karakalpakstan // Economics and Society. – 2025. – Т. 7.

10. Otenova F.T., Mambetullaeva S.M. Ecological assessment of soil salinization in the Southern Aral Sea Region // BIO Web of Conferences. – 2024. – Т. 103. – DOI: 10.1051/bioconf/202410300027.
11. Sadullaev S., Sultonov B., Ashurov F. et al. Mitigating Aral Sea disaster aftermath: evaluating soil salinization trends and eco-friendly remediation in Karakalpakstan // Brazilian Journal of Biology. – 2025. – Т. 85. – DOI: 10.1590/1519-6984.298979.
12. Tolepova Sh.B., Kurbanliyazova B.J., Jumatova R.M. Impact of Soil Salinization on Meliorative Conditions of Irrigated Areas in Karakalpakstan // European Journal of Agricultural and Rural Education. – 2024.
13. Zakirov M. et al. Key characteristics of the ecological and geodynamic conditions in southern Karakalpak Ustyurt of Uzbekistan // MDPI Land. – 2026. – Т. 15. – DOI: 10.3390/land15050782.