

УДК 631.42.05(262.83)

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ СЛОЕВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВЫСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ, А ТАКЖЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕС, дС/м И рН

**¹Жаббаров З.А., ¹Махмадиев С.К., ²Номозов У.М., ¹Имомов О.Н.,
¹Махкамова Д.Ю., ¹Абдуллаев Ш.З., ²Соатов Г.Т., ¹Абдукаримов Ж.Ж.**

*¹Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент,
Республика Узбекистан, e-mail: shoxabullaev1996@gmail.com;*

*²Ташкентский филиал Самаркандского государственного университета ветеринарной
медицины, животноводства и биотехнологий, Ташкент, Республика Узбекистан*

Изменение климата и освоение больших земельных площадей в сельском хозяйстве, а также высыхание Аральского моря привели к значительным экологическим последствиям для Центральной Азии. Высохшая часть Аральского моря, занимающая более 3,0 млн га, вызывает серьезное экологическое повреждение из-за распространения песчаных и солевых частиц. В данной статье на основе исследований морфологических признаков почвы, сформированных в слоях восточной части высохшего дна Аральского моря, анализируются результаты исследования, а также влияние природных и антропогенных процессов на эти территории. На разрезах 2 и 6 на глубине 0–120 см, а также на разрезе 10 на глубине 0–138 см были выявлены морфологические характеристики почвы, проведен отбор почвенных проб. На разрезе 2 значения pH колебались от 6,9 до 7,3, а электропроводность (ЕС) варьировалась от 0,90 до 1,50 дС/м. На разрезе 6 значения pH составляли от 7,8 до 8,0, а ЕС – от 0,21 до 0,66 дС/м. На разрезе 10 pH колебался от 6,8 до 7,6, а ЕС находилась в пределах от 1,3 до 1,9 дС/м. В ходе исследований были изучены физико-химические свойства почвы, а также предложены рекомендации по посадке растений, адаптированных к данным условиям.

Ключевые слова: изменение климата, высохшее дно Аральского моря, разрезы почвы, морфологические признаки, показатель pH

MORPHOLOGICAL CHANGES AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN THE EASTERN PART OF THE DESICCATED ARAL SEA BED BASED ON EC, дС/м AND pH INDICATORS

**¹Zhabbarov Z.A., ¹Makhmadiev S.K., ²Nomozov U.M., Imomov O.N.,
¹Makhkamova D.Yu., ¹Abdullaev Sh.Z., ²Soatov G.T., ¹Abdukarimov Zh.Zh.**

*¹National University of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan,
e-mail: shoxabullaev1996@gmail.com;*

*²Samarkand State University of Veterinary Medicine, Animal Husbandry
and Biotechnology, Tashkent Branch, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

Climate change and the development of vast land areas for agriculture, as well as the drying up of the Aral Sea, have led to significant environmental consequences for Central Asia. The dried-up part of the Aral Sea, covering more than 3.0 million hectares, causes serious environmental damage due to the spread of sand and salt particles. This article analyzes the results of a study based on research of the morphological features of soils formed in the layers of the eastern part of the dried-up Aral Sea bed, as well as the impact of natural and anthropogenic processes on these territories. Soil profiles were examined at sites 2 and 6 (to a depth of 0–120 cm) and site 10 (to a depth of 0–138 cm). Morphological features were described, and soil samples were collected for laboratory analysis. In profile 2, pH values ranged from 6.9 to 7.3, while electrical conductivity (EC) varied between 0.90 and 1.50 dS/m. In profile 6, pH values were recorded between 7.8 and 8.0, with EC ranging from 0.21 to 0.66 dS/m. Profile 10 showed pH values ranging from 6.8 to 7.6, and EC values between 1.3 and 1.9 dS/m. The study also assessed the physico-chemical properties of the soils and provided recommendations for planting vegetation species that are adapted to the prevailing environmental conditions.

Keywords: climate change, the dried-up bottom of the Aral Sea, soil profiles, morphological features, pH indicator

Введение

Высыхание Аральского моря началось в 1960-х гг., и, с учетом нынешнего состояния, за более чем 60 лет значительно сократилась площадь водоема, что представляет собой огромную экологическую катастрофу. За этот период невнимание к вопросу высыхания Аральского моря привело к увеличе-

нию площади опустынившихся земель в Центральной Азии, изменению климата, а также к распространению пыльных бурь, которые наносят вред окружающей среде. В ходе проводимых исследований изучались почвы на восточной части высохшего дна Аральского моря и были предложены виды растений, устойчивых к засоленности и засухе.

Когда-то бывшее четвертым по величине в мире, Аральское море в настоящее время подверглось сильному опустыниванию, и обширные участки его бывшего дна становятся источниками пыли и соли, загрязняющих атмосферу. В 1960-х гг. уровень воды в Аральском море был на высоком уровне. Освоение новых земель в сельском хозяйстве привело к сокращению поступления воды из рек Амударья и Сырдарья. Интенсивное использование воды для орошения сельскохозяйственных земель, а также повышение уровня испарения воды постепенно привели к высыханию Аральского моря. Повышение уровня солености воды привело к сокращению численности и разнообразия живых организмов, что вынудило 17 крупных рыболовецких предприятий прекратить свою деятельность. В статье рассматривается изучение формирования почвенных и грунтовых слоев на высохшем дне Аральского моря, а также морфологических признаков почвы с рекомендациями по посадке растений. Правильный выбор растений способствует увеличению зеленых насаждений, что, в свою очередь, эффективно борется с опустыниванием. Создание зеленых зон на высохшем дне Аральского моря поможет снизить уровень пылевых, солевых и песчаных бурь, уменьшить загрязнение окружающей среды, ускорить процесс формирования почвы, увеличить численность микро- и макроорганизмов, повысить биомассу и способствовать образованию гумуса.

Цель исследования – выявить морфологические особенности и изменения физико-химических свойств почвенно-грунтовых слоев восточной части высохшего дна Аральского моря, а также определить взаимосвязь между показателями ЕС (dC/m) и pH в процессе деградации земель.

Изменения в экосистемах, вызванные высыханием моря, оказывают крайне негативное влияние на устойчивость экосистем Центральной Азии. Особенно ощутимыми являются последствия сильного засоления почвы и частые песчаные бури в центральной части региона. В то же время в северной части Аральского моря, где уровень солености почвы ниже, растительность сохраняется на более высоком уровне. Огромные площади, покрытые песком и солью, вызывают проблемы с загрязнением воздуха и ухудшением здоровья людей. Поэтому ученые рекомендуют увеличить растительность в этом регионе, чтобы минимизировать воздействие песчаных бурь, улучшить удержание влаги в почве и восстановить экологическую стабильность [1].

Высыхание Аральского моря разрушает биологические системы, что приводит к значительным экологическим изменениям. Ожидается, что к 2025 г. экосистема Аральского моря может исчезнуть полностью, что будет иметь катастрофические последствия для окружающей среды [2, 3].

Высыхание Аральского моря оказывает негативное влияние на устойчивость экосистем Центральной Азии и данной территории в целом. Исследования показывают, что засоление почвы и пыльные бури, возникающие в результате высыхания, являются одной из самых очевидных экологических проблем. Особенно часто сильные пыльные бури и высокое засоление встречаются в центральной части бывшего Аральского моря. В то же время в нижнем течении Амудары и на севере Аральского моря уровень солености ниже, а растительный покров сохраняется на более высоком уровне. В настоящее время экологические проблемы Аральского моря стали глобальными. Уровень воды в море был напрямую связан с разливами Амудары и Сырдарьи в весенне-летний период [4].

Динамика изменения уровня воды в Аральском море в период с 1920 по 2020 г. показывает, что с 1920 по 1960 г. площадь водной поверхности увеличилась на 0,04 км², но после этого наблюдалось только сокращение. К 2020 г. площадь уменьшилась на 88% по сравнению с 1920 г. [5] (рис. 1).

В восточной части Аральского моря высыхание воды привело к превращению больших территорий в пустыню, известную как Орлукум, что ухудшило здоровье людей и нанесло ущерб сельскому хозяйству и экосистемам региона [6]. Изучение песчаных почв показало, что интенсивное испарение воды из грунтов приводит к накоплению солей и минералов в верхнем слое, что делает эти земли крайне засоленными. Уровень солености этих почв варьируется от 0,439 до 1,147%, с преобладанием хлоридно-сульфатных солей [7].

Исследования показывают, что для восстановления флоры на засоленных и заболоченных почвах вокруг высохшего Аральского моря важно учитывать годовые осадки, тип почвы, а также выбирать растения, устойчивые к солям и перепадам температур. Применение биопрепаратов, таких как Grunt malhami и Bionitrogen, положительно сказывается на росте растений. Также установлено, что метод выращивания растений в трубах является более эффективным, чем открытая посадка, так как он способствует лучшему удержанию влаги и снижает воздействие высоких температур и солнечного излучения [8].



Рис. 1. Сокращение уровня воды в Аральском море в период с 1977 по 2020 г.
Примечание: составлен авторами на основе источника URL: <https://landsat.nasa.gov/>

Для оценки качества почвы и определения подходящих растений для высадки важна диагностика уровня засоленности и химических свойств почвы. Это позволяет эффективно управлять экосистемой и поддерживать нормальный рост растений [9, 10].

На высохшем дне Аральского моря для кормления скота рекомендуется высаживать растения, такие как терескан, бойалыч и кейреук, которые хорошо растут в засушливых условиях. Это приведет к увеличению площади пастбищ и позволит повысить численность скота на 20–30 %. Таким образом, высохшее дно Аральского моря может стать важным источником корма для животноводства и откроет новые возможности для его развития [11]. Одной из крупнейших экологических катастроф современности является трагедия Аральского моря, которое оказывает прямое воздействие на устойчивое развитие региона, экологическое состояние, социально-экономическую ситуацию, а также здоровье и будущее населения. Проблемы, вызванные высыханием Аральского моря, остались след в физическом развитии детей, ослабляя их физические характеристики [12, 13]. Основной причиной высыхания Аральского моря является сокращение поступления воды из Амударьи и Сырдарьи, используемой для орошения сельскохозяйственных земель, что привело к постепенному уменьшению объема воды в Аральском море [14].

Разрезы почвы в разных районах имели различные зерновые составы и морфоло-

гические признаки, что указывает на преобладание песчаных почв [15]. Кроме того, изменения в характеристиках почвы значительно влияют на растительность региона.

Аральское море, когда-то являвшееся важным компонентом экосистемы Центральной Азии, ныне стало объектом экологической катастрофы, утратив важнейшую роль в рыбной промышленности и водном транспорте [16, 17].

В связи с изменениями климата и ухудшением экосистемы региона необходимо поддерживать развитие зеленых территорий, а также реализацию мероприятий, направленных на восстановление экологии. Местное население должно ориентироваться не только на сельское хозяйство, но и развивать такие секторы, как туризм и экологически чистые отрасли [18–20].

Состав почвы в районе высохшего Аральского моря характеризуется низким содержанием гумуса и органических веществ, а почвы состоят в основном из солевых и глинистых остатков. Наряду с этим увеличивается концентрация токсичных элементов, таких как тяжелые металлы и микросоли, что негативно влияет на флору и фауну региона [21].

На сегодняшний день Аральское море трижды высыпало, и во время второго высыхания была попытка перекачки воды в Каспийское море через Узбай [22].

Социально-экономическое развитие региона, особенно в Узбекистане, зависит от решения экологических проблем Араля. Для решения этих проблем важно наладить

международное сотрудничество и привлекать внешние ресурсы для улучшения экологической ситуации в этом регионе [23].

Материалы и методы исследования

Исследуемая территория. Исследования проводились в соответствии с государственным стандартом GOST 17.4.3.01-83 для межгосударственных стандартов, с отбором почвенных образцов и проведением лабораторных исследований [24]. Исследуемая территория охватывает восточную часть высохшего Аральского моря, расположенную на юго-востоке Республики Казахстан и на юго-западе Республики Каракалпакстан. Территория исследования начинается от района Караозак и продолжается до государственной границы Республики Казахстан. Исследования проводились на площади, охватывающей участок высохшего морского дна протяженностью до 100 км. Изучены морфологические характеристики растительности и почвенных грунтов. Образцы почвы были отобраны из следующих профилей: 2-й профиль 43.437409°N / 60.179305°E, 6-й профиль 43.787157°N / 60.191236°E и 10-й профиль 43.932633°N / 60.254561°E (рис. 2). Исследования рассчитаны на три года: в первый год изучались почвы восточной части высохшего Аральского моря, во втором и третьем годах – почвы западной и южной частей.

Методы исследования. Полевые исследования почвенных грунтов и морфологических характеристик восточной части высохшего Аральского моря были проведены с 22 по 24 августа 2024 г. В рамках работы были пробурены три основных профильных участка: 2, 6 и 10, с отбором почвенных образцов из различных слоев. Каждый

образец был помещен в специальные бумажные пакеты с обозначением территории и номера профильного участка. В лаборатории при температуре 20–25 °C почва была высушена и просеяна через сито с ячейками 1 мм.

Для определения показателя pH почвы из каждого образца было отмерено 20 г. почвы с точностью до 0,001 г, после чего почва экстрагировалась с использованием дистиллированной воды в соотношении 5:1. Раствор выдерживался в течение 1 ч для встряхивания, затем фильтровался через специальную фильтровальную бумагу. Полученный раствор анализировался с использованием электронного pH-метра (pH-электроды Orion ROSS Ultra pH/ATC Triode Thermo).

Для определения электрической проводимости (EC) почвы был использован электрокондуктометрический метод. Изготовлен раствор почвы в соотношении 1:1 (почва : вода), который измерялся с использованием электрокондуктометра. Полученные данные проводимости умножались на коэффициент 3,5, что позволило получить точные показатели EC (табл. 1).

Для вычисления средней проводимости (EC) в каждом профиле результаты из всех слоев суммировались, после чего вычислялся средний показатель, который затем умножался на коэффициент 3,5 для получения итогового значения EC для каждого профиля.

На данный момент значительная часть акватории Аральского моря высохла. Исследования направлены не только на изучение физико-химических свойств грунтов высохшего моря, но и на выбор подходящих видов растений для восстановления экосистемы.

Таблица 1

Классификация электрической проводимости почвы согласно FAO [25]

Состояние растений (устойчивых к соли)	Уровень засоленности почвы	EC, дС/м
Растения растут и развиваются хорошо. Нет признаков солевых отложений	Не засоленные или очень слабо засоленные	0–0,2
Растения с легкими повреждениями от соли, признаки солевых отложений слабо выражены	Слабо засоленные	0,2–0,4
Растения с умеренными повреждениями от соли, солевые окраски заметны	Умеренно засоленные	0,4–0,8
Растения с сильными повреждениями от соли, полностью покрыты белыми пятнами солевых отложений	Сильно засоленные	0,8–1,0
Очень сильно поврежденные растения, отдельные экземпляры встречаются реже. Признаки солевых поражений на листьях и почках, или образуются соляные отложения (урожайность минимальна)	Очень сильно засоленные (Солончаковые почвы)	> 1,0

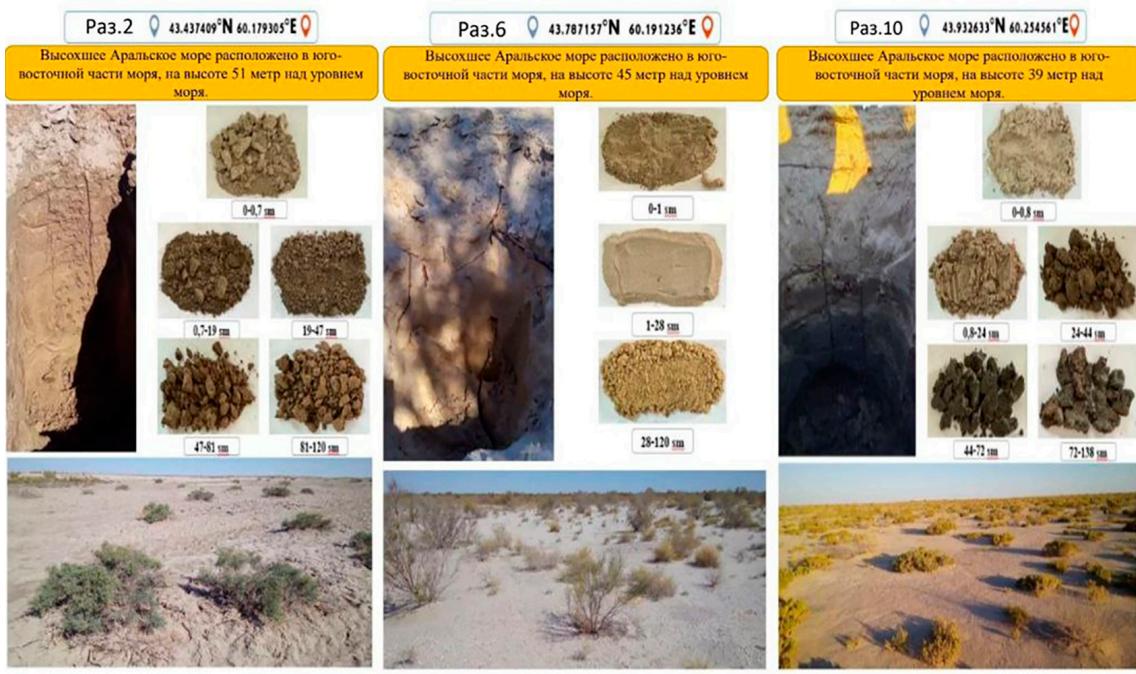


Рис. 2. Морфологическая характеристика почвенно-грунтовых слоев восточной части высохшего дна Аральского моря

Важно, что выбор растений должен способствовать предотвращению образования пыли и солевых отложений, что также снижает экологический ущерб от процесса засоления. Кроме того, увеличение биомассы в регионе способствует улучшению окружающей среды.

Восточная часть Аральского моря занимает значительную территорию и протягивается на расстояние 230 км от точки входа до государственной границы соседней республики. Поскольку пути исследования в основном пролегают через песчаные и пустынные участки, для проведения работ требуются специализированные автотранспортные средства.

Результаты исследования и их обсуждение

Морфологические характеристики почвенных слоев. В восточной части высохшего дна Аральского моря на расстоянии 100 км от восточного входа было вскрыто 10 почвенных разрезов, 3 из них были выбраны как основные для дальнейших исследований. В ходе исследований были определены морфологические характеристики слоев почвы. Результаты представлены в табл. 2.

pH-показатели. Процесс распространения растительности в исследуемом районе зависит от pH почвы. В разрезе 2, на высоте 52 м над уровнем моря, наблюдаются

следующие особенности: растительность на исследуемых участках распространена неравномерно, с преобладанием редких растений, длина которых не превышает 1 м. Эти участки подвергаются сильной ветровой эрозии, что приводит к высокому уровню пылевых бурь и загрязнению окружающей среды соляными частицами. Этот район близок к восточной части высохшего дна Аральского моря, в непосредственной близости от зон проживания местных жителей.

В разрезе 2 pH варьирует от 6,9 до 7,3. Наибольшее значение pH (7,3) было зафиксировано как в верхнем, так и в нижнем слоях. Наименьший показатель pH был обнаружен в слое глубиной 0,7–19 см, где pH составил 6,9 (рис. 3).

В разрезе 6, на высоте 45 м над уровнем моря, растительность заметно отличается от предыдущего разреза: в этом районе наблюдается более высокая плотность растительности. Несмотря на редко встречающиеся саксаулов, однолетние растения хорошо развиты и встречаются на каждом метре площади. Повышенная плотность растительности способствует увеличению биомассы, что в свою очередь ведет к увеличению численности живых организмов, а также оказывает положительное влияние на окружающую среду, снижая воздействие пыли и солевых осадков, которые могут ухудшать экологическое состояние региона (рис. 4).

Таблица 2

Морфологические характеристики почвы исследуемого района [11]

Почвенный разрез	Глубина слоев, см	Морфологические характеристики почвы
Разрез 2	0–0,7	Песчаный, светло-серый, механический состав легкий песок, сухой, не увлажнен, редкие ракушечники, пылеобразная структура, не уплотнен
	0,7–19	Серовато-голубоватый, механический состав тяжелый песок, средне увлажненный, с пластичной и слоистой структурой, присутствуют белые кристаллы гипса, редкие ржавые пятна, корни растений и следы насекомых слабо выражены
	19–47	Светло-коричневый, механический состав тяжелый песок, с наличием средне увлажненных участков, пластичная структура, выраженные ржавые пятна, следы корней растений и насекомых мало выражены
	47–81	Светло-коричневый, механический состав средне песчаный, увлажненный, не уплотненный, с пластичной структурой, редкие ржавые пятна, корни растений редки, следов насекомых нет
	81–120	Светло-коричневый, механический состав легкий песок, средне увлажненный, с пылеобразной и пластичной структурой, редкие ржавые пятна, следы корней растений не обнаружены
Разрез 6	0–1	Песчаный, светло-серый, механический состав песок и мелкий песок, сухой, не увлажнен, много ракушечников, пылеобразная структура, корни растений распространены, не уплотнен
	1–28	Светло-серый, механический состав песок и мелкий песок, сухой, не увлажнен, много ракушечников, пылеобразная структура, корни растений и следы насекомых широко распространены
	28–120	Светло-желтый, механический состав песок и мелкий песок, сухой, не увлажнен, незначительное количество ракушечников, пылеобразная структура, следы корней и насекомых редки
Разрез 10	0–0,8	Песчаный, светло-серый, механический состав песок и мелкий песок, сухой, не увлажнен, множество ракушечников, пылеобразная структура, распространены корни растений, не уплотнен
	0,8–24	Светло-серый, механический состав песок и мелкий песок, с низким уровнем увлажненности, много ракушечников, пылеобразная структура, распространены корни растений и следы насекомых
	24–44	Светло-коричневый, механический состав средне песчаный, влагосодержание повышенное, уплотненный, пластичная структура, множество ржавых пятен, следы корней и насекомых мало выражены
	44–72	Темно-синий, механический состав песок, сильное увлажнение, слабое уплотнение, множество ржавых и окисленных пятен, корни растений слабо выражены
	72–138	Темно-синий, грязно-зеленый, механический состав легкий песок, сильно увлажнен, слабое уплотнение, выраженные ржавые и окисленные пятна, следы корней и насекомых не обнаружены

Специалисты утверждают о невозможности восстановления уровня воды в Аральском море в ближайшем будущем, создание растительности на высохшем дне моря с целью озеленения и увеличения биомассы будет способствовать улучшению условий для существования микро- и макроорганизмов и животных. Это также приведет к улучшению экологической ситуации в регионе, способствуя восстановлению экосистемы.

В разрезе 6 pH варьирует в пределах 7,8–8,0. Наивысшее значение pH (8,0) было зафиксировано в верхнем слое 0–1 см, в то время как в оставшихся слоях до 120 см pH оставался постоянным на уровне 7,8.

В разрезе 10, на высоте 39 м над уровнем моря, территория вокруг разреза была

покрыта растительностью очень хорошо. Одиночные растения занимают каждый метр площади, но их высота варьируется от 0,50 до 0,60 см, а в некоторых местах может быть даже ниже. Растительность в основном представлена саксаулом. В слое 0–24 см почвы преобладает песок, после чего идет водянистая (болотистая) почва с ржавыми пятнами. Увлажнение почвы и увеличение плотности грунта в слоях с присутствием глинистой (болотистой) почвы могут создать анаэробные условия, что может повлиять на рост растений, ограничивая их высоту. Более точные данные по этому поводу могут быть получены в результате лабораторных анализов собранных образцов почвы (рис. 5).

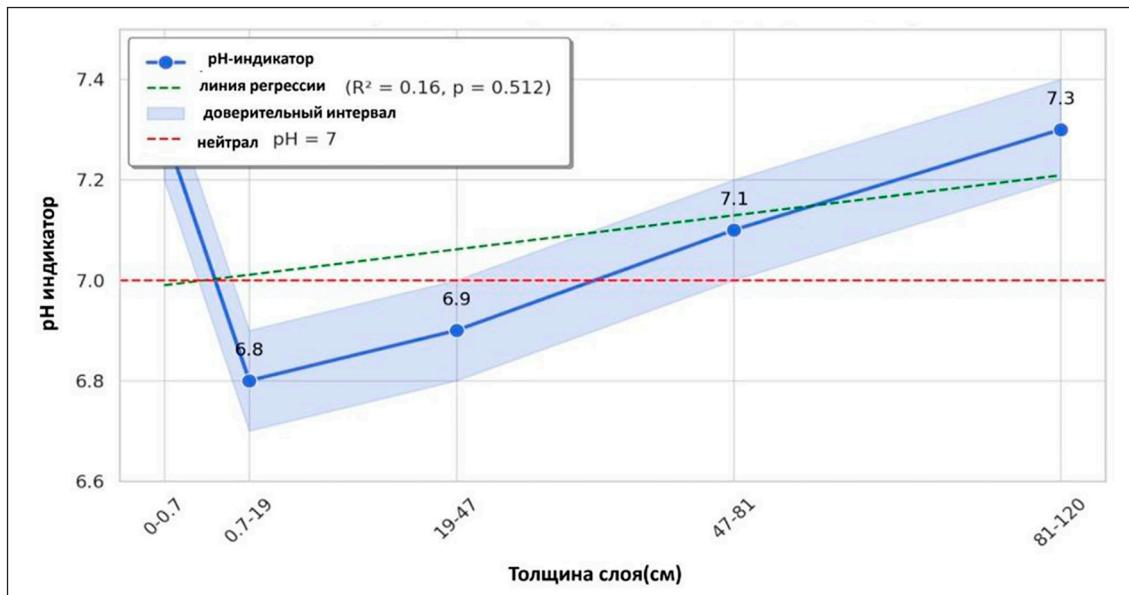


Рис. 3. Разрез 2. Толщина слоя против показателя pH (с регрессией)

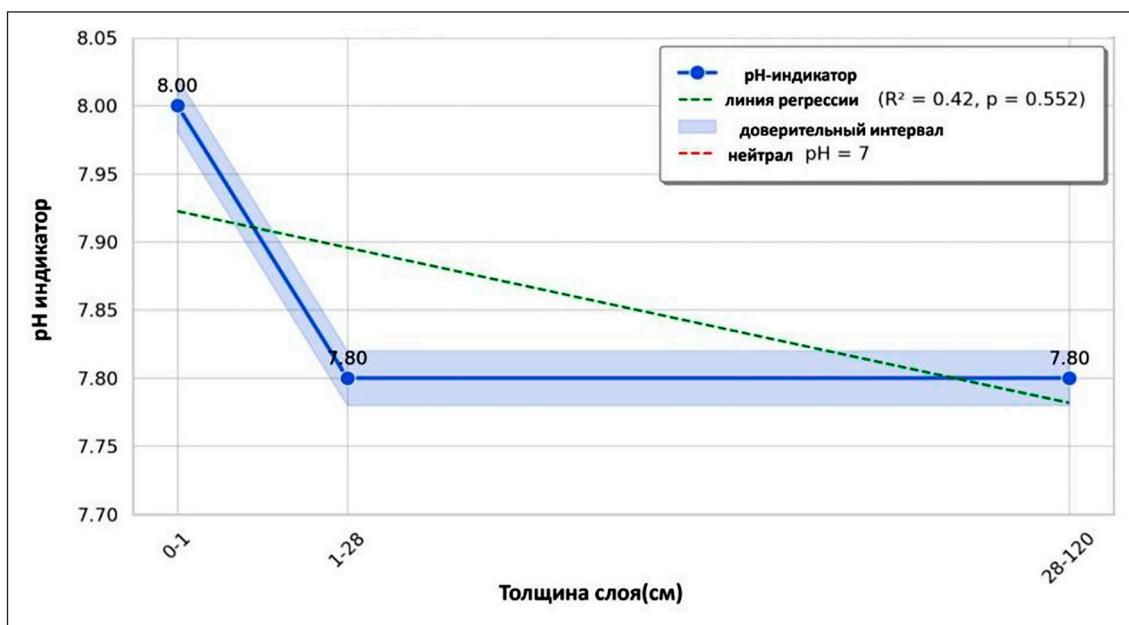


Рис. 4. Разрез 6. Толщина слоя против показателя pH (с регрессией)

В разрезе 10 pH варьирует от 6,8 до 7,6. Наивысший показатель pH (7,6) был зафиксирован в верхнем слое 0–0,8 см, а минимальный показатель (6,8) – в слое 24–44 см.

При исследовании растительности и фауны на территории, где были добыты образцы почвы, было установлено, что растительность в восточной части Аральского моря развивается слабо, с высотой растений не превышающей 1 м. В других местах, например в разрезе 10, растительность была значительно более развитой, с высотой рас-

тений от 50 до 60 см. Этот факт может быть связан с лучшими условиями для роста, включая более высокое содержание воды и благоприятные почвенные характеристики.

Разнообразие животных, таких как черви, муравьи и другие насекомые, также проявляется в зависимости от состояния растительности. В районах с хорошим покровом растительности наблюдается значительно большее количество живых существ, что указывает на благоприятные условия для экосистемы в целом.

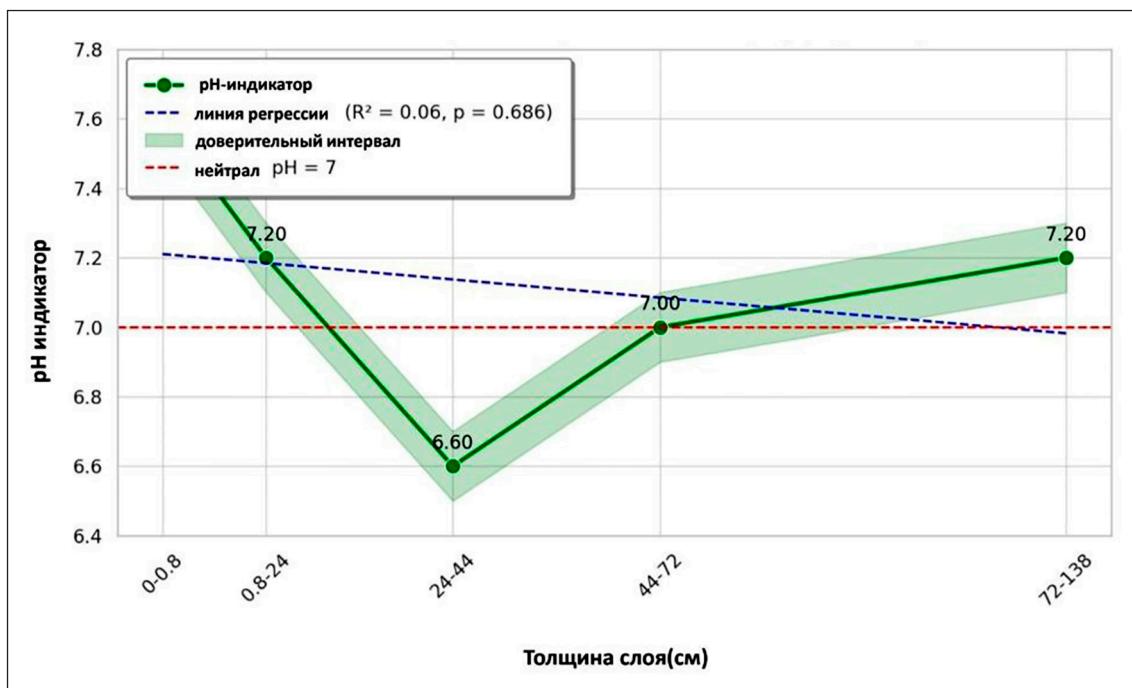


Рис. 5. Разрез 10. Толщина слоя против показателя pH (с регрессией)

Таблица 3

Электропроводность почв средняя, EC, dS/m [11]

Почвенный разрез	Глубина слоев, см	EC, dS/m	Средняя, EC, dS/m
Разрез 2	0-0,7	1,0	3,84
	0,7-19	1,50	
	19-47	1,37	
	47-81	0,90	
	81-120	0,91	
Разрез 6	0-1	0,66	1,35
	1-28	0,21	
	28-120	0,40	
Разрез 10	0-0,8	1,6	5,32
	0,8-24	1,3	
	24-44	1,9	
	44-72	1,8	
	72-138	1,0	

Электропроводность почвы (EC). Развитие растений и существование микроорганизмов в почве напрямую зависят от уровня электропроводности почвы. Повышение уровня электропроводности может негативно сказаться на биологических свойствах почвы, что ведет к снижению активности живых существ и даже к их исчезновению. В ходе исследования были получены следующие результаты относительно уровней электропроводности почвы (табл. 3).

Для определения средней электропроводности в разрезах используется следующая формула:

$$A = \frac{B_1 + \dots + B_n}{C} \times 3,5$$

где A – средняя электропроводность (EC) в dS/m,

B – результаты измерений,
C – количество измерений.

Электрическая проводимость почвы оказывает прямое влияние на рост и развитие растений, а также на активность микроорганизмов. Увеличение ЕС может негативно сказаться на биологических характеристиках почвы, снижая активность живых организмов и даже приводя к их гибели. В ходе исследования были получены следующие результаты (табл. 3).

Разрез 2. В слоях почвы электрическая проводимость колебалась в пределах 0,90–1,50 дС/м, при этом на слое 0,7–19 см было зафиксировано максимальное значение 1,50 дС/м. Минимальное значение ЕС 0,90 дС/м было обнаружено в слое 47–81 см. Среднее значение ЕС для этого разреза составило 3,84 дС/м.

Разрез 6. В отличие от разреза 2, электрическая проводимость в этом разрезе была ниже, варьируя в пределах 0,21–0,66 дС/м. На поверхности, в слое 0–1 см, ЕС составляла 0,66 дС/м, в то время как в слое 1–28 см было зафиксировано минимальное значение 0,21 дС/м. Среднее значение ЕС для этого разреза составило 1,35 дС/м.

Разрез 10. Этот разрез показал более высокие результаты по сравнению с двумя предыдущими, с диапазоном ЕС от 1,3 до 1,9 дС/м. В этом разрезе распределение ЕС не было равномерным: максимальные значения были зафиксированы в слое 24–44 см, в то время как минимальные значения, равные 1,3 дС/м, наблюдались в слое 0,8–24 см. Среднее значение ЕС для этого разреза составило 5,32 дС/м.

Каждый из разрезов почвы был взят на различных высотах над уровнем моря, что также влияет на растительность и животный мир, которые здесь обитают. В Восточной части высохшего Арала наблюдается различие в растительности в зависимости от расстояния от Арала. На входе в Арал растительность была более разнообразной, чем в его внутренних частях, где количество растений было меньше, а число раковин – очень низким. Песчаные барханы, несмотря на значительное количество растительности в прибрежной зоне, не наблюдались на входе в Арал, но спустя 15–20 км вглубь начали появляться песчаные барханы, их количество увеличивалось по мере продвижения внутрь. Растительность была распределена неравномерно: по сравнению с растительностью в прибрежной зоне, на расстоянии 45 км от входа в Арал наблюдалось более высокое количество растительности с большим ростом. В этом регионе стабильно развиваются растения саксаула, которые в количественном плане преобладают в данном районе, их высота достигает 3–5 м.

Заключение

Физико-химические и биологические свойства почвы, распространение природной растительности, степени растительного покрова и воздействия климатических факторов были исследованы совместно. На основе проведенного анализа был сделан вывод, что правильный выбор растений и их выращивание в этих условиях может привести к хорошим результатам. Исследование морфологических характеристик почвы в разрезах Восточного Арала позволяет выделить ключевые закономерности, которые необходимы для выбора подходящих растений и их успешного выращивания. Разрез 2 и разрез 6 имеют глубину до 120 см, в то время как в глубина разреза 10 достигает 138 см. В этих разрезах были определены морфологические признаки почвы, а также взяты образцы почвы. В разрезе 2 pH варьировался от 6,9 до 7,3, ЕС – от 0,90 до 1,50 дС/м, в разрезе 6 pH – от 7,8 до 8,0, ЕС – от 0,21 до 0,66 дС/м, а в разрезе 10 pH – от 6,8 до 7,6, ЕС – от 1,3 до 1,9 дС/м.

Восстановление высохшего дна Арала будет способствовать улучшению условий для живых организмов, сохранению влаги в почве, минимизации воздействия песчаных и солевых частиц на окружающую среду, улучшению свойств почвы, росту биомассы и органических веществ, а также образованию гумуса.

В ходе дальнейших исследований высохшего дна Арала рекомендуется создание специальных полигонов для автомобильных дорог, зон отдыха и систематизация артезианских подземных вод. Это обеспечит удобство для исследователей и улучшит условия для проведения исследований. В рамках этих исследований будут рассмотрены природные растения, характеристики почвы и климатические условия региона, что позволит выбрать наиболее подходящие виды растений и разработать нормы их посадки.

Список литературы

1. An J., Chang H., Han S.H., Khamzina A., Son Y. Changes in basic soil properties and enzyme activities along an afforestation series on the dry Aral Sea Bed, Kazakhstan // Forest Science and Technology. 2020. Vol. 16. Is. 1. P. 26–31. DOI: 10.1080/21580103.2019.1705401.
2. Archana Gupta. Shrinking of Aral Sea: An Environmental Disaster in Central Asia [Электронный ресурс] // International Journal of Humanities, Arts and Social Sciences. 2020. Vol. 6. Is. 4. P. 162–170. DOI: 10.20469/ijhss.6.20003-4.
3. Bakirov N.Z., Novitskiy Z.B., Khamzaev A.K. Methods of creating various forest plantations on the dried-up bottom of the Aral Sea // Contemporary Problems of Ecology. 2022. Vol. 15. Is. 7. P. 799–805. DOI: 10.1134/S1995425522070046.
4. Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Kamalatdin I. Ecological problems and ecological restoration zon-

- ing of the Aral Sea // Journal of Arid Land. 2024. Vol. 16. Is. 3. P. 315–330. DOI: 10.1007/s40333-024-0055-6.
5. Duan Z., Afzal M.M., Liu X., Chen S., Du R., Zhao B., Awais M. Effects of climate change and human activities on environment and area variations of the Aral Sea in Central Asia // International Journal of Environmental Science and Technology. 2024. Vol. 21. Is. 2. P. 1715–1728. DOI: 10.1007/s13762-023-05072-8.
 6. Егамбердийев Ж.А., Каландаров Н.Н., Абдурахмонов Н.Ю. Characteristics of residual marine automorphic salt marshes (On the example of the dried-up bottom of the Aral Sea) // International Scientific Journal Science and Innovation. 2024. Vol. 21. Is. 3. P. 534–538. DOI: 10.5281/zenodo.10935309.
 7. Ismonov A., Dusaliev A., Kalandarov N., Mamajanova U., Kattaeva G. Profile of desert sandy soils formed in the Aral Sea dried-up seabed // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 486. P. 04010. DOI: 10.1051/e3sconf/202448604010.
 8. Jabbarov Z., Abdurakhmanov T., Tashkuziev M., Abdurakhmonov N., Makhammadiev S., Fayzullaev O., Nomozov U., Kenjaev Yu., Abdullaev Sh., Yagnurova D., Abdushukurova Z., Iskhakova Sh., Kováčik P. Cultivation of plants based on new technologies in the dry soil of the Aral Sea // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 497. P. 03008. DOI: 10.1051/e3sconf/202449703008.
 9. Jabbarov Z., Abdurahmonov T., Sultonova N., Abdullaev Sh., Nomozov U., Kabelkova I., Smutka L. Soil contamination and changes in some properties of the soils scattered around the Almalyk mining and metallurgical combine // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 508. P. 07001. DOI: 10.1051/e3sconf/202450807001.
 10. Jin Q., Wei J., Yang Z.L., Lin P. Irrigation-Induced Environmental Changes around the Aral Sea: An Integrated View from Multiple Satellite Observations // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. Is. 9. P. 900. DOI: 10.3390/rs9090900.
 11. Jabbarov Z.A., Imomov O.N., Nomozov U.M. Effect of Melioration Drug on Chemical Degradation of Soils // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2023. Vol. 2. № 10. P. 3–5. URL: <https://inter-publishing.com/index.php/IJBEA> (дата обращения: 15.10.2025).
 12. Loodin N. Aral Sea: an environmental disaster in twentieth century in Central Asia // Modeling Earth Systems and Environment. 2020. Vol. 6. Is. 4. P. 2495–2503.
 13. Makhmudova S., Pusatova S. The problem of the Aral Sea drying up and its impact on the physical development of children in the Republic of Uzbekistan // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 486. P. 04017. DOI: 10.1051/e3sconf/202448604017.
 14. Matkolikov K., Xudayorov A. Environmental tragedy of Central Asia: The Aral Sea problem // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 462. P. 03021. DOI: 10.1051/e3sconf/202346203021.
 15. Matsui K., Watanabe T., Kussainova M., Funakawa S. Soil properties that determine the mortality and growth of *Haloxylon aphyllum* in the Aral region, Kazakhstan // Arid Land Research and Management. 2019. Vol. 33. Is. 1. P. 37–54. DOI: 10.1080/15324982.2018.1496187.
 16. Micklin P., Aladin N.V., Chida T., Boroffka N., Plotnikov I.S., Krivonogov S., White K. The Aral Sea: A story of devastation and partial recovery of a large Lake // Large Asian Lakes in a Changing World: Natural State and Human Impact. 2020. P. 109–141. DOI: 10.1007/978-3-030-42254-7_4.
 17. Makhammadiev S., Jabbarov Z., Kenjaev Y., Kasimov U., Rakhamatov Z., Makhkamova D., Imomov O. Effect of mineral fertilizers on yield and grain quality of winter wheat in the conditions of foothill plains // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 563. P. 03056. DOI: 10.1051/e3sconf/202456303056.
 18. Novitskiy Z., Khamzaev A., Bakirov N., Atadjanova G., Abdukadirova M., Tasheva U. Study on desert agrophytocenoses on the drained bottom of the Aral Sea // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 377. P. 03007. DOI: 10.1051/e3sconf/202337703007.
 19. Ramazonov B., Mutalov K., Egamberdiyeva L., Atabayeva D., Abdurashitova Ye., Allanazarova I. Growing salt-resistant flora under natural conditions of the Kyzylkum desert and arid bed of Aral Sea, Uzbekistan // Sabrao Journal of Breeding & Genetics. 2024. Vol. 56. Is. 5. P. 1895–1906. DOI: 10.54910/sabraq2024.56.5.13.
 20. Saidmamatov O., Sobirov Y., Marty P., Ruzmetov D., Berdiyorov T., Karimov J., Ibadullaev E., Matyakubov U., Day J. Nexus between Life Expectancy, CO₂ Emissions, Economic Development, Water, and Agriculture in Aral Sea Basin: Empirical Assessment // Sustainability. 2024. Vol. 16. Is. 7. P. 2647. DOI: 10.3390/su16072647.
 21. Simonovicova A., Pauditsova E., Nosalj S., Oteuliev M., Klistincova N., Maisto F., Krakova L., Pavlovich J., Soltis K., Pangallo D. Fungal and Prokaryotic Communities in Soil Samples of the Aral Sea Dry Bottom in Uzbekistan // Soil Systems. 2024. Vol. 8. Is. 2. P. 1–19. DOI: 10.3390/soilsystems8020058.
 22. Суннатуллаева С.А., Абдураимова Ў.А., Каримова Ф.С. Орол фожиаси келиб чикиш сабаблари // International Scientific Conference “Effectiveness of Using Innovative Technologies in Agriculture and Water Management”. 2024. Vol. 1. Is. 3. P. 709–712. URL: <https://uz-conference.com> (дата обращения: 15.10.2025).
 23. Туйгунова Н. Оролбўй минтақасини ижтимоий-иктисодий ривожлантиришда ҳалқаро ҳамкорлик // География: Природа и общество. 2020. Vol. 1. Is. 3. P. 63–66. DOI: 10.26739/2181-0834-2020-3-9.
 24. ГОСТ 17.4.3.01–83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору зонда. М.: Стандарты информ, 2004. 6 с.
 25. Кўзиев Р.Қ., Ахмедов А.У., Рўзметов М.И., Омолов А.С., Жабборов О.А., Парпиев Ф.Т., Турдалиев Ж.М. Методические указания по картографированию орошаемых земель, учету засоленных почв и определению норм выращивания солей. Ташкент, 2015. 33 с.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Статья была выполнена в рамках проекта FL-8323102111 на тему «Создание научной основы для группировки участков для посадки растений в зависимости от состояния засоленности, физических, химических и биологических свойств почв, распространенных на высохшем дне Аральского моря».

Financing: The article was completed within the framework of project FL-8323102111 on the topic “Creating a scientific basis for grouping areas for planting plants depending on the state of salinity, physical, chemical and biological properties of soils common on the dried bottom of the Aral Sea”.