

## Основные тенденции изменения естественных и антропогенных факторов и геоэкологические последствия высыхания Аральского моря

А.М. Гареев<sup>1</sup> ✉, С. Н. Азимова<sup>2</sup>, С.У. Уролов<sup>1</sup>

✉ aufar.gareev@mail.ru

<sup>1</sup> Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия

<sup>2</sup> Джизакский государственный педагогический университет, г. Джизак, Узбекистан

### АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Высыхание Аральского моря, которое наблюдается с начала 1960–х годов по настоящее время, привело к возникновению ряда неблагоприятных хозяйственно-экономических и экологических последствий в Центральной Азии. Оно было вызвано совокупностью естественных и антропогенных факторов, влияющих на формирование процессов резкого снижения речного стока в пределах среднего и нижнего течений рек Амударья и Сырдарья и проявилось в виде обширного пространства высохшего дна моря с характерными признаками формирования новых ландшафтов. Различия в условиях формирования речного стока и использования водных ресурсов в пределах верхней, средней и нижней частей бассейнов указанных рек требуют изучения особенностей изменения характеристик водопользования, выявления закономерностей, обусловивших высыхание моря, и обоснования оптимальных направлений и параметров природопользования в пределах вновь сформировавшихся территорий. **Методы.** Применены статистические, графические и картографические методы анализа многолетней гидрометеорологической информации и данных водопользования, полевых изысканий и наблюдений. **Результаты.** На основании всестороннего анализа исходной информации установлено, что для бассейна Аральского моря в многолетнем разрезе характерна заметная изменчивость гидрометеорологических условий, что является проявлением совокупности естественных факторов, способствующих изменениям его морфометрических характеристик, гидрологического режима и экологических условий. В соответствии с влиянием этих факторов сформировалась тенденция быстрого усыхания Аральского моря, возникли негативные последствия, характерные как для высохшего ложа самого моря, так и прилегающих территорий. На основании данных полевых изысканий и наблюдений охарактеризованы вновь сформировавшиеся ландшафты, изучены сукцессионные процессы, выполнены прогнозные оценки происходящих изменений. Сформированы предложения по возможности проведения мелиоративных работ в пределах образовавшихся солончаков, что имеет большое научное и практическое значение.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** бассейн, Аральское море, антропогенные, факторы, высыхание, ландшафты, сукцессия, геоэкологические условия, мелиорация.

**Для цитирования:** Гареев А.М., Азимова С.Н., Уролов С.У. Основные тенденции изменения естественных и антропогенных факторов и геоэкологические последствия высыхания Аральского моря // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2024. № 3. С. 53–67. DOI:10.35567/19994508-2024-3-53-67.

Дата поступления 06.03.2024.

© Гареев А.М., Азимова С.Н., Уролов С.У., 2024

## THE MAIN CHANGE TRENDS IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS RESPONSIBLE FOR THE ARAL SEA DESICCATION AND ITS GEO-ECOLOGICAL CONSEQUENCES

Aufar M. Gareev<sup>1</sup> ✉, Sayera N. Azimova<sup>2</sup>, Sardor U.Urolov<sup>1</sup>

✉ aufar.gareev@vail.ru

<sup>1</sup> Ufa University of Science and Technology (UUNiT), Ufa, Russia

<sup>2</sup> Jizzak State Pedagogical University, Jizzak, Uzbekistan

### ABSTRACT

**Relevance.** The drying up of the Aral Sea, which has been observed since the early 60s of the twentieth century up to the present time, has led to the emergence of a number of unfavorable economic and ecological consequences within Central Asia. It occurred depending on the influence of a large set of natural and anthropogenic factors involved in the formation of the processes of sharp decrease in river flow within the middle and lower reaches of the Amu Darya and Syr Darya rivers, respectively, manifested in the form of a vast area of dried up sea bed with characteristic signs of formation of new landscapes. In turn, the existing differences in the conditions of river flow formation and water resources use within the upper, middle and lower parts of the above-mentioned river basins require the need to study the peculiarities of changes in the characteristics of water use, to identify the regularities that caused the drying up of the sea, respectively, to justify the optimal directions and parameters of nature management within the newly formed areas. **Methods.** Statistical, graphic and cartographic methods of analyses of long-term hydrometeorological information and water use; field surveys and observations were applied. **Results.** Based on a comprehensive analysis of the initial information, it was revealed that the Aral Sea basin is characterized by a marked variability of hydrometeorological conditions over many years, which is a manifestation of a set of natural factors contributing to changes in its morphometric characteristics, hydrological regime and environmental conditions. As part of the main factors influencing the characteristics of the water balance for the sea itself, the long-term dynamics of river runoff change within the upper part of its basin (in the upper reaches of the Amu Darya and Syr Darya rivers) has been studied, which reflects the presence of a tendency of its increase in time with the presence of variability due to characteristic cyclic fluctuations. As part of anthropogenic factors, it should be noted that water withdrawal rates for irrigation of cultivated crops (cotton, etc.) have increased significantly over vast areas within the studied sea basin from the 1960s to the present time. This was the reason that irretrievable losses within the heavily developed areas of the middle and lower reaches of the Amu Darya and Syr Darya rivers have become many times higher than the values of river runoff from upstream parts of the above-mentioned river basins, as well as lateral inflow. In accordance with the influence of these factors, a tendency of rather rapid desiccation of the Aral Sea was formed, and negative consequences characteristic of both the dried bed of the sea itself and the adjacent territories emerged. On the basis of field surveys and observations, the newly formed landscapes were characterized, succession processes were studied, which allowed to carry out forecast assessments of the ongoing changes; proposals with analysis of the possibility of reclamation within the formed solonchaks were recommended, which is of great scientific and practical importance.

**Keywords:** basin, the Aral Sea, natural, anthropogenic, factors, drying, landscapes, succession, geo-ecological conditions, solonchaks salt-marsh, reclamation.

**For citation:** Gareev A.M., Azimova S.N., Urolov S. U. The main change trends in natural and anthropogenic factors responsible for the Aral Sea desiccation and its geo-ecological consequences. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2024. No. 3. P. 53–67. DOI:10.35567/19994508-2024-3-53-67.

Received 06.03.2024.

## ВВЕДЕНИЕ

Произошедшие изменения, характеризующиеся ускоренными процессами высыхания Аральского моря и возникновением чрезвычайных экологических и экономических последствий, имеют международный резонанс. Трагедия Аральского моря, в принципе, представляет собой крупнейшую экологическую катастрофу в новейшей истории, которую пережили более 60 млн жителей стран Центральной Азии. По своим климатическим, экологическим, гуманитарным и социально-экономическим последствиям она отражает связь экологических проблем со стратегической безопасностью государств, расположенных в пределах бассейна Аральского моря.

Изучение проблем Арала нашло отражение в значительном количестве научных работ гидрологического, экологического, водохозяйственного и экономического профиля [1–6]. Основное внимание было уделено вопросам исследования динамики водопользования в бассейнах рек Амударья и Сырдарья, формирования безвозвратных потерь, снижения речного стока и изменения гидрохимических характеристик вод в реках.

Однако до сих пор остаются слабо изученными закономерности, отражающие оценку значимости водных ресурсов, формирующихся в верховьях указанных рек, в поддержании морфометрических характеристик Аральского моря, а также происходящих изменений его ложа после высыхания. С учетом изложенного в данной работе значительное внимание уделено анализу многолетней динамики изменения речного стока, особенностей водопользования в пределах различных частей бассейнов рек Амударья и Сырдарья.

На основании обобщения материалов предшествующих исследований, а также собственных изысканий и наблюдений выявлены закономерности, характеризующие происходящие изменения в пределах высохшего ложа Аральского моря, рекомендованы мероприятия, направленные на минимизацию масштабов проявления негативных экологических и хозяйственно-экономических последствий.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются Аральское (бывшее) море и его бассейн, характеризующиеся различными условиями формирования водных ресурсов, их использования в пределах верхних, средних и нижних участков, а также изменением ложа, освободившегося от морской воды в течение последних десятилетий.

В качестве исходной информации использованы материалы многолетних гидрометеорологических наблюдений по постам и станциям Узгидромета, фондовые материалы институтов, управлений и ведомств водохозяйственного профиля, расположенных в пределах бассейнов рек Амударья и Сырдарья, информация из опубликованных источников, а также материалы, полученные в ходе проведения комплексной экспедиции в 2023 г.

После сбора и обобщения исходной информации выполнен ее статистический, графический и картографический анализ, выявлены имеющиеся за-

кономерности, а также проведено научно-методическое обоснование предложенных рекомендаций и мероприятий, направленных на минимизацию масштабов проявления негативных экологических и экономических последствий высыхания Аральского моря.

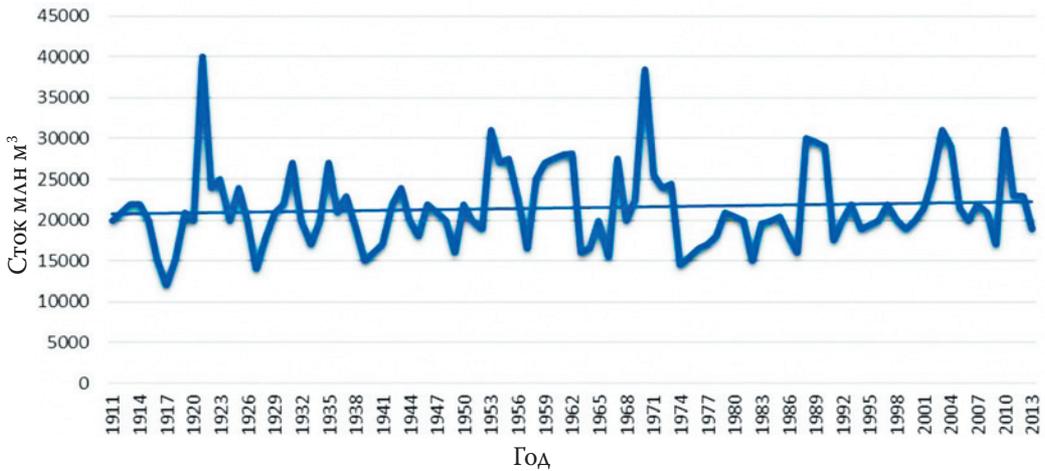
### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании всестороннего анализа исходной информации установлено, что по бассейну Аральского моря в многолетнем разрезе проявляется заметная изменчивость гидрометеорологических условий, это является причиной, способствующей изменениям его морфометрических характеристик, гидрологического режима и экологических условий.

Особенности изменения климатических условий, формирования пространственной и временной изменчивости речного стока, а также качества воды в реках Амударья и Сырдарья, относящихся к Аральскому бассейну, освещены в значительном количестве опубликованных работ [1, 7–11]. Многие исследования посвящены изучению особенностей формирования и проявления в течение последних десятилетий водохозяйственных, социально-экономических и экологических проблем [3, 4, 6, 12–15]. На основании обобщения этих материалов можно отметить, что до начала 1960-х годов приток речных вод к Аральскому морю и его режим сохранялись относительно стабильными. Колебания уровня Аральского моря и изменение его морфометрических характеристик были связаны, прежде всего, с меняющимися соотношениями приходных и расходных составляющих водохозяйственного баланса. В дальнейшем в связи с интенсивным освоением новых орошаемых земель преимущественно в пределах средней и нижней частей бассейнов рек Амударья и Сырдарья и резким увеличением водозаборов для целей ирригации произошло сокращение поступления речного стока. В результате многократного увеличения безвозвратных потерь стока указанных рек начался процесс интенсивного снижения уровня, многократного уменьшения объема воды в Аральском море, которые продолжаются по настоящее время. В свою очередь, формирование на больших площадях негативных хозяйственно-экономических и экологических изменений обусловило необходимость выполнения ряда исследований, направленных на изучение особенностей новых ландшафтных образований, засоления почв, сукцессионных процессов и др.<sup>1</sup> [3, 17–20].

С учетом изложенного в ходе выполнения данного исследования основное внимание уделялось изучению характеристик изменения речного стока в верхних частях бассейнов рек Амударья и Сырдарья, откуда происходит поступление водных ресурсов, и оценке его влияния на Аральское море. Изучены также закономерности, отражающие последовательные стадии изменения геоэкологических условий в пределах морского ложа, обнажившегося по мере отступления акватории моря. Это позволило выявить геодинамические процессы, характеризующие различные стадии формирования и изменения

<sup>1</sup> Атлас социально-экономических и экологических показателей региона Приаралья в Узбекистане. Ташкент: Baktria press, 2019. 46 с.



**Рис. 1.** Динамика изменения естественных ресурсов в пределах верхней части бассейна р. Сырдарья [21].

Fig. 1. Dynamics of changes of natural resources within the limits of the Syrdarya River upstream [21].

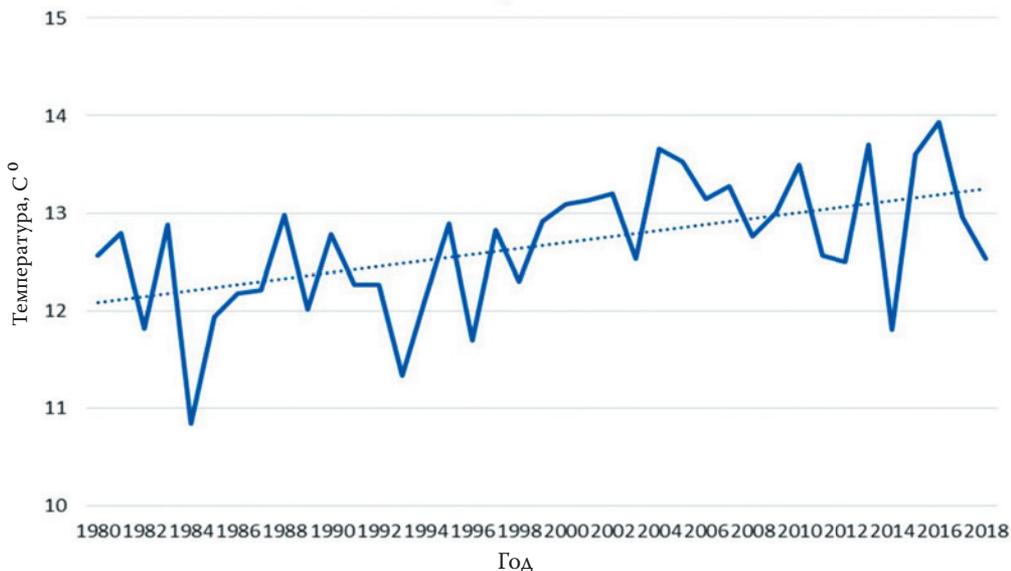
ассоциаций растительных сообществ в зависимости от продолжительности периода функционирования ландшафтов, сформировавшихся по мере освобождения ложа от водных масс. Выполненные полевые изыскания позволили обосновать мероприятия, направленные на мелиорацию земель, сформировавшихся на обширных площадях после высыхания Аральского моря.

Анализ материалов многолетних гидрологических наблюдений по верхней части бассейнов рек Амударья и Сырдарья показал отчетливый тренд постепенного увеличения речного стока за весь период наблюдений (рис. 1).

Следует обратить внимание на то, что речной сток является результирующим показателем, формирующимся в условиях взаимного влияния атмосферных осадков и испарения с поверхности речных водосборов. Они входят в более сложные показатели, отражающие характеристики тепло- и влагообеспеченности территорий. Соответственно, показатели суммарного испарения зависят от температуры атмосферного воздуха, которой также присуща пространственная и временная изменчивость. Кроме того, при выполнении гидролого-экологических и водохозяйственных расчетов и оценок необходимо учитывать закономерности, обусловленные региональным откликом глобального изменения климата. В отношении изучаемых бассейнов рек это проявляется в виде повышения температуры воздуха с 1980-х годов по настоящее время, что подтверждается графиком на рис. 2.

Анализ материалов, отражающих многолетнюю динамику изменения площадей орошаемых земель в бассейне р. Амударья, свидетельствует о том, что начиная с 1990-х годов наблюдаются стабильно высокие показатели – до 3,4 и более млн га. В 2010 г. зафиксированы наибольшие площади орошаемых зе-

мель – 3,51 млн га, в то время как в 1991 г. этот показатель составлял 2,94 млн га (рис. 3). Чрезмерное потребление водных ресурсов в пределах средних и нижних частей Амударьи и Сырдарьи привело к тому, что компенсационные возможности рек были исчерпаны, дальнейший рост безвозвратных изъятий речного стока и наступивший длительный период маловодья привели к резкому сокращению притока речных вод к Аральскому морю.



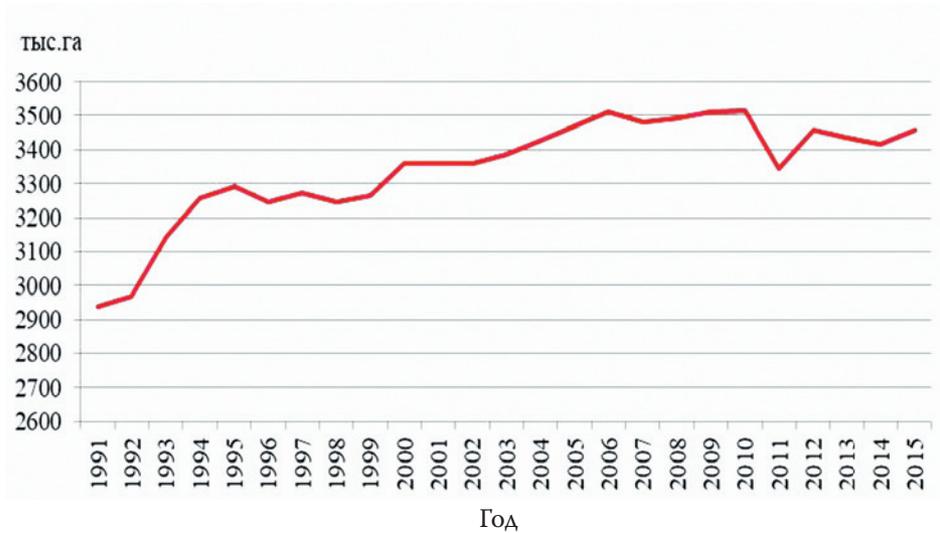
**Рис. 2.** Многолетняя динамика изменения температуры воздуха в верхней части Аральского бассейна<sup>2</sup>.

Fig. 2. Many-year dynamics of the air temperature changes in the upper part of the Aral basin.

Начиная с 1982 г., поступление речных вод р. Амударьи в Аральское море по основному руслу прекратилось. Для оценки притока вод к морю после 1982 г. использованы данные в створе Кызылджар за вычетом потерь стока в дельте. Фактически приток амударьинских вод к морю в 1982, 1983 и 1985 годах полностью отсутствовал, а в 1984 г. не превышал 4 км<sup>3</sup>. Вследствие практически полного хозяйственного использования вод р. Сырдарьи и перекрытия ее основного русла в пределах дельты несколькими глухими насыпными плотинами приток речных вод в Аральское море с 1974 г. также прекратился. Незначительное количество вод, сбрасываемых в дельту Казалинским гидроузлом, полностью используется на обводнение обсыхающих водоемов дельты.

О характере изменения объема притока в Аральское море по рекам Амударья и Сырдарья с 1960 г. по настоящее время можно судить по графикам на рис. 4: резкая тенденция снижения притока вод наблюдается с начала 1960-х годов и продолжается до сих пор. Изменение количества и качества речных вод

<sup>2</sup> Соколов В.И. Региональный координатор GWP SACENA. Презентация. Семинар по оценке взаимосвязи между водой, продовольствием, энергией и экосистемами в бассейне реки Сырдарья. Алматы, Казахстан 2–4 декабря 2014 г. 21 с.



**Рис. 3.** Многолетняя динамика изменения площадей орошаемых земель в бассейне р. Амударьи.

Fig. 3. Many-year dynamics of the changes of the irrigated lands area in the Amudarya river basin.



**Рис. 4.** Динамика объема годового притока по рекам Амударья, Сырдарья и суммарного притока в Аральское море.

Fig. 4. Dynamics of the annual inflow volume in the Amudarya, Syrdarya rivers and total inflow to the Aral Sea.

привело к существенному уменьшению водного питания, нарушению водного и солевого балансов моря, его прогрессирующему усыханию и осолонению и к практически полной деградации исторически сложившейся экосистемы.

Антропогенное воздействие на режим Аральского моря носит кумулятивный характер и на глазах одного поколения достигло таких масштабов, при которых встал вопрос о возможности дальнейшего существования этого природного объекта. Об этом достаточно отчетливо можно судить по космическим снимкам, представленным на рис. 5.

По мере высыхания моря на освободившихся от воды площадях сформировались совершенно новые ландшафты [17, 22]. По ним были изучены процессы зарастания растительностью, адаптированной к условиям засушливости, по мере их распространения в установившихся природно-климатических условиях.

Как показали наши наблюдения летом 2023 г., на высохшем дне Аральского моря встречается несколько видов растительности. В более высоких местах находят благоприятные для себя условия древесно-кустарниковые и травянистые растения: саксаул, различные виды кандымов и эфедра стручковая, а также разнообразные травянистые растения (*Artemisia terracalbae*, *Heliotropium lasiocarpum*, *Carex physodes*, *Corispermum lehenanianum*) и другие. В пределах песчаных поверхностей распространены псаммофитно-кустарниковые сообщества, где группируются кусты кандыма вместе с черным саксаулом и джугзуном. На этих территориях также произрастают разнообразные эфемеры и эфемероиды, такие как *Allium sabulosum* и *Tulipa sogdiana*, а также *Alyssum turkestanicum*, *Diptychocarpus strictus*, *Bromus tectorum* и другие травы. Вдоль

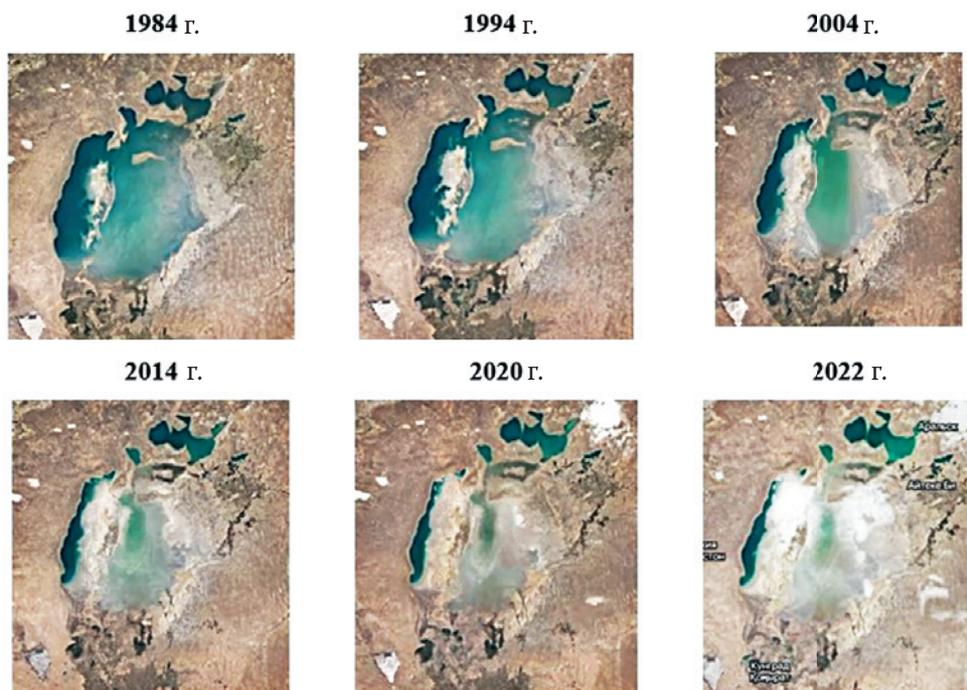


Рис. 5. Динамика изменения акватории Аральского моря.  
Fig. 5. Dynamics of the Aral Sea water area changes.

восточного и южного берегов обсохшего дна Аральского моря можно встретить галофитов – *Atriplex dimirphostegia*, *Salicornia europea*, *Salsola micranthera*, *Tamarix hispida*, *Tamarix laxa*, *T. pentadra* и др.

Особую группу образуют элементы микрорельефа биогенного происхождения – вегетативные бугры, холмики и кочкарники, а также заросли тростника и гребенщика. Береговая растительность отступающего моря редко представлена галофитами, такими как *Suaeda*, *Tamarix hispida*, *T. laxa* и *T. pentadra*. В пределах выровненных песчаных ландшафтов встречаются солончаковые шоры, на которых растут *Halaxylon aphullum*, *Tamarix elongata*, *Tamarix laxa*, *Halostfachys belungiana*, *Salicornia europea*, *Suaeda salsa*.

Насыщение Аральского моря сульфатом кальция и начало осаждения гипса произошло при солености, превышающей 25–26 г/л. Однако наиболее интенсивная осадка гипса началась при солености выше 34–36 ‰. В этих условиях одновременно с осаждением гипса в зимний период происходило оседание мирабилита, представляющего наибольшую опасность для природы Приаралья. Сульфат натрия доступен ветровой эрозии и может легко перемещаться на большие расстояния.

Последствия Аральской катастрофы уже давно вышли за рамки региона. По предварительным оценкам, с высохшей акватории моря ежегодно разносится свыше 100 тыс. тонн соли и тонкодисперсной пыли с примесями различных химикатов, пагубно влияя на все живое. Эффект загрязнения усиливается тем, что Арал расположен на пути мощного струйного течения воздуха с запада на восток, способствующего выносу аэрозолей в высокие слои атмосферы. Следы солевых потоков прослеживаются на обширных площадях Евразии [23].

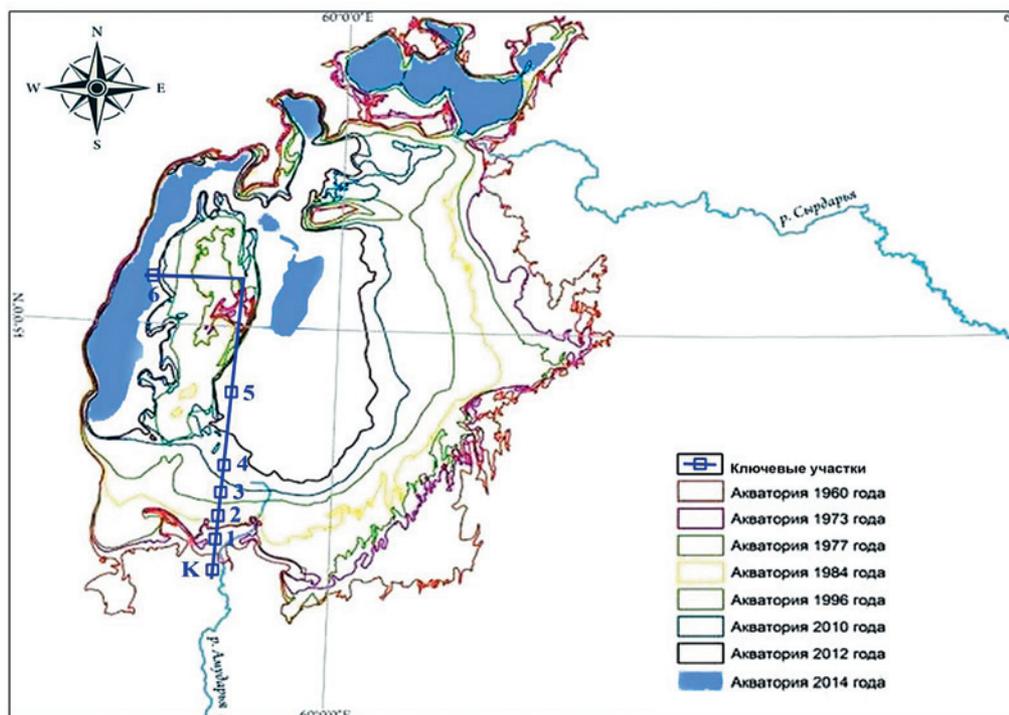
С точки зрения изучения закономерностей, отражающих динамические процессы в распространении различных видов растительности на освобожденных от воды площадях, вызывает интерес вопрос – с какой последовательностью и по каким количественным показателям видового состава растительности происходят изменения? Кроме того, важно знать, какова продолжительность времени, необходимая для завершения сукцессионных процессов и, соответственно, формирования характерных, относительно устойчивых ландшафтов при установившихся природно-климатических условиях. Какие мероприятия необходимо проводить на образовавшихся солончаках, которые занимают около 3,6 млн га.

С учетом изложенного методические положения исследований, проведенных в ходе полевых изысканий в 2023 г., базировались на изучении геоэкологических условий и изменения видового состава растительности в пределах бывшего ложа Аральского моря по мере увеличения периода с момента его освобождения от воды. Соответственно, они включали ряд этапов: составление картосхемы акватории Аральского моря с учетом различных временных уровней (рис. 7); положение ландшафтного профиля и размещение точек расположения ключевых участков по соответствующим временным уровням; изучение видового состава и условий произрастания растительных сообществ в пределах эксперименталь-

ных участков; изучение характера распространения солончаков, предварительное обоснование путей и методов их мелиорации с учетом необходимости минимизации негативных воздействий на окружающую среду.

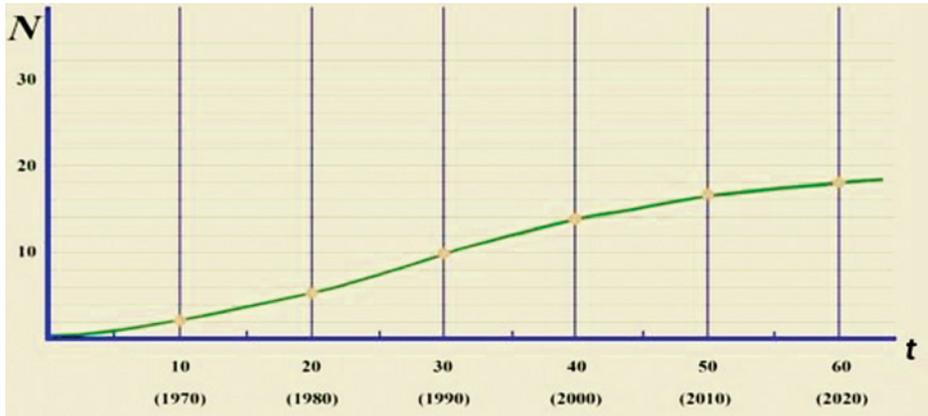
Полевые изыскания и наблюдения проводили по ключевым участкам размерами 10x10 м, а также 50x50 м с учетом их расположения по профилю, охватывающему естественные ландшафты за пределами Аральского моря за все годы его существования (контрольная площадка) и новые ландшафты, находящиеся в условиях сукцессионных процессов при сложившихся природно-климатических условиях по мере отступления моря (рис. 6). Необходимость проведения наблюдений на площадках размерами 50x50 м обусловлена тем, что недавно освободившиеся площади ложа моря (2010–2020 гг.) характеризовались отсутствием или резко ограниченным количеством растительности на обширных площадях. Таким образом, изучение изменения видового состава растительности осуществлялось по участкам, имеющим последовательные стадии проявления сукцессионных процессов от 62 лет до одного года по маршруту от периферии к середине моря (до бывшего острова Возрождение).

В последующем он пролегал перпендикулярно в западном направлении относительно основного профиля с учетом того, что здесь сохранилась оставшаяся часть акватории моря к моменту проведения изысканий.



**Рис. 6.** Границы акватории Аральского моря в различные временные периоды и точки расположения ключевых участков вдоль ландшафтного профиля.

Fig. 6. Boundaries of the Aral Sea water area during different time periods and the points of the key sites location along the landscape profile.



**Рис. 7.** Изменение видового состава растительности во времени в пределах бывшего дна Аральского моря.

Fig. 7. Changes of the vegetation species composition in time within the boundaries of the Aral Sea former bottom.

Общая продолжительность ретроспективного периода составила 62 года. Размещение ключевых участков вдоль профиля осуществлялось с учетом последовательного перемещения границы моря (уреза воды) средней продолжительностью временных интервалов: 1960–1970 гг.; 1971–1980; 1981–1990; 1991–2000; 2001–2010 и 2011–2020 гг. Зона распространения акватории моря по указанным периодам уточнялась на основании проведения опроса местных жителей (г. Муйнак). Следует подчеркнуть, что применение обратного по времени отсчета позволяет с достаточной уверенностью выявлять закономерности происходящих изменений видового состава растительности.

Известно, что динамика изменения видового состава растительности во времени, а также прогнозная оценка количества видов на перспективу могут осуществляться на основании применения так называемых логистических кривых. С учетом изложенного был выполнен графический анализ полученной информации, который отражен на рис. 7. Увеличение количества видов растительности ( $N$ ) в зависимости от продолжительности прошедшего времени в количествах лет ( $t$ ) может быть выражено в виде зависимости  $N = f(t)$ , которую ориентировочно можно применять для прогнозных оценок. Следует подчеркнуть, что несомненным достоинством изложенной методики, учитывающей возможность осуществления прогнозных оценок по участкам, освободившимся от воды в последние годы, является необязательность проведения продолжительных полевых наблюдений, чтобы оценить через какое время будет то или иное количество видов на экспериментальных участках. Например, по графику, представленному на рис. 7, можно увидеть, что на ранее обнаженных (освободившихся от воды) участках в среднем через 10 лет будут наблюдаться 2–3 вида, через 20 лет 5–6 видов, через 30 лет 9–10 видов, 40 лет 13–14 видов, через 50 лет 16–17 видов и через 60 лет 17–18 видов растительности. При этом следует учесть, что на контрольных площадках, расположенных в пределах естественных ландшафтов, прилегающих к морю территорий, на-

считывается 18 видов растений. Таким образом, относительно полное насыщение участка количеством видов, характерных для естественных ландшафтов прилегающих территорий, будет происходить в течение не менее 60 лет. Однако это имеет отношение к тем территориям, в пределах которых сформировался нормальный солевой баланс, без образования солончаков.

Таким образом, процесс распространения растительности на вновь образовавшихся площадях очень медленный, его ускорение требует проведения специальных мероприятий, включая посевы семян, посадку саженцев и т. д., и соответствующих финансовых затрат.

По солончакам, в пределах которых процессы зарастания растительностью отсутствуют или резко ограничены в связи с неблагоприятными условиями, необходимо разрабатывать самостоятельные мероприятия, включая их мелиорацию с учетом водно-балансовых и гидрологических составляющих, участвующих в растворении, миграции и накоплении солей, с оценкой возможности их последующего использования в хозяйственных целях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что резкое снижение стока рек Амударья и Сырдарья в пределах средней и нижней частей их бассейнов обусловлено, главным образом, забором и чрезмерным потреблением их водных ресурсов на орошение сельскохозяйственных угодий. Несмотря на то, что за анализируемый период (с 1960-х годов по настоящее время) в верхних частях бассейнов рек наблюдается некоторое увеличение речного стока, расходование потребляемой воды преимущественно на орошение сельскохозяйственных земель и формирование безвозвратных потерь в пределах средней и нижней частей бассейнов являются причиной формирования отрицательного водохозяйственного баланса в целом по Аральскому морю. Это привело к тому, что оно высохло, обусловив формирование совокупности отрицательных хозяйственно-экономических и экологических последствий.

В пределах освободившихся от воды площадей сформировались новые ландшафты, наметились сукцессионные процессы растительности, характеризующиеся слабыми тенденциями развития. Наиболее экологические неблагоприятные последствия связаны с образованием солончаков, в пределах которых сукцессионные процессы в настоящее время не отслеживаются. В этих условиях сформировались факторы, способствующие активному развитию дефляции почв и песчаных отложений, формированию пыльных бурь с выносом большого количества материала далеко за пределы территории, ранее занятой акваторией Аральского моря.

В целом природно-климатические условия в пределах вновь сформированных ландшафтных образований неблагоприятны для формирования активных процессов зарастания засухоустойчивой растительностью. Это требует эффективного проведения мероприятий, направленных на активизацию условий распространения растительности, в т. ч. и мелиорацию образовавшихся на обширных площадях солончаков в целях их активного использования в хозяйственно-экономической, рекреационно-туристской деятельности, в охотничьем хозяйстве и других отраслях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аденбаев Б.Е. Ф.Х. Хикматов. Оценка современного состояния гидрологического режима и водообеспеченности низовьев реки Амударьи: монография. Ташкент, 2021. 175 с.
2. Аширбеков У., Зонн И. Арал: история исчезающего моря. Душанбе, 2003. 86 с.
3. Аральское море и Приаралье / под ред. В.А. Духовного. Ташкент, НИЦ МКВК, 2015. 108 с.
4. Курбанбаев Е., Артыков О., Курбанбаев С. Аральское море и водохозяйственная политика в республиках Центральной Азии. Нукус: «Каракалпакстан», 2010. 144 с.
5. Проблемы Аральского моря и природоохранные мероприятия / сб. научн. трудов САНИИРИ. Ташкент, 1987. 127 с.
6. Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря). Ташкент: Фан, 1988. 104 с.
7. Житомирская О.М. Климатическое описание района Аральского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 67 с.
8. Зайков Б.Д. Водный баланс и уровень Аральского моря в связи со строительством Главного Туркменского канала // Труды Государственного гидрологического института. Вып. 16. Л.: Гидрометеиздат, 1952. 44 с.
9. Зеринг Д., Дибольд А. От ледников до Аральского моря: Вода объединяет Trescher Verlag. Бизнес-область Издательская и полиграфическая деятельность, тиражирование записанных носителей, имиджмейкеры и СМИ Берлин, Германия. 2012. 263 с.
10. Рафииков А.А., Тетюхин Г.Ф. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. Ташкент: Фан, 1981. 200 с.
11. Шульц В.А. Водный баланс Аральского моря // Труды САРНИГМИ. 1975. Вып. 23. (104). С. 3–28.
12. Дренаж в бассейне Аральского моря в направлении стратегии устойчивого развития / под ред. В.А. Духовного. Ташкент, 2004. 316 с.
13. Духовный В.А. и др. Научно-технический прогресс и мелиорация земель в Средней Азии. Ташкент: Мехнат, 1985. 141 с.
14. Киндлер Я., Духовный В.А. и др. Основные положения региональной стратегии в бассейне Аральского моря. Алма-Ата, 1997. 66 с.
15. Проблемы устойчивого управления водными ресурсами в бассейне Аральского моря на рубеже XXI века (краткое изложение результатов исследований по Межгосударственной программе МКВК, выполненных в 2001 году) / сб. научн. трудов САНИИРИ и НИЦ МКВК. Ташкент, 2002. 231 с.
16. Разработка основных компонентов политики МКВК в вопросах рационального водопользования и охраны водных ресурсов в бассейне Аральского моря / сб. научн. трудов НИЦ МКВК. Вып. 2. Ташкент, 2000. 139 с.
17. Курбаниязов А.К. Эволюция ландшафтов обсохшего дна Аральского моря. М.: Изд. дом Академии естествознания, 2017. 148 с.
18. 18. Комплексные дистанционные и наземные исследования осушенного дна Аральского моря / под ред. В.А. Духовного. Ташкент, 2008. 190 с.
19. Мамбетуллаева С.М., Кочкарова С.А., Курбаниязов А.К., Туреева К.Ж. Особенности сукцессионных процессов и восстановительного потенциала фитоценозов на обсохшем дне Арала // Вопросы географии и геоэкологии. 2019. № 2. С 81–86.
20. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). Москва, 1996. 180 с.
21. Соколов В.И.. Региональный координатор GWP SACENA. Презентация. Семинар по оценке взаимосвязи между водой, продовольствием, энергией и экосистемами в бассейне реки Сырдарья Алматы, Казахстан 2–4 декабря 2014 г. 21 с.
22. Попов В.А. Проблема Арала и ландшафты дельты Амударьи: (Структурно-динамическое состояние ландшафтов Южного Приаралья в связи с проблемой Арала). Ташкент: Фан, 1990. 108 с.
23. Ахмедова А.Р. Проблемы восстановления водного режима Аральского моря. СПб., 2016. 82 с.

## REFERENCES

1. Adenbaev B.E. Modern hydrological regime and water availability in the lower reaches of the Amu Darya River. Tashkent. 2020 (In Russ.).
2. Ashirbekov U., Zonn I. Aral: History of the disappearing sea. Dushanbe, 2003. 86 p. (In Russ.).
3. Aral Sea and Priaralie / Generalisation of SIC ICWC works on state monitoring and situation analysis / Edited by Prof. V.A. Dukhovny. Tashkent, SIC ICWC, 2015. 108 p. (In Russ.).
4. Kurbanbaev E., Artykov O., Kurbanbaev S. The Aral Sea and Water Policy in the Republics of Central Asia. Nukus: "Karakalpakstan", 2010. 144 p. (In Russ.).
5. Problems of the Aral Sea and nature protection measures / Collection of scientific works of SANIIRI. Tashkent, 1987. 127 p. (In Russ.).
6. Chembarisov E.I. Hydrochemistry of irrigated areas (on the example of the Aral Sea basin). Tashkent: Fan, 1988. 104 p. (In Russ.).
7. Zhitomirskaya O.M. Climatic description of the Aral Sea area. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1964. 67 p. (In Russ.).
8. Zaikov B.D. Water balance and level of the Aral Sea in connection with the construction of the Main Turkmen Canal. *Proceedings of the State Hydrological Institute*. Vol. 16. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1952. 44 p. (In Russ.).
9. Ziering D., Diebold A. From Glaciers to the Aral Sea: Water Unites Trescher Verlag, 2012. 263 c. (In Russ.).
10. Rafikov A.A., Tetyukhin G.F. Reduction of the Aral Sea level and change of natural conditions of the lower reaches of the Amu Darya. Tashkent, "Fan", 1981. 200 p. (In Russ.).
11. Shultz V.L. Water balance of the Aral Sea. *Proceedings of SARNIGMI*. 1975. Vol. 23 (104). P. 3–28 (In Russ.).
12. Drainage in the Aral Sea basin in the direction of sustainable development strategy / edited by Prof V.A. Dukhovny. Tashkent, 2004. 316 p. (In Russ.).
13. Dukhovny V.A. et al. Scientific and technical progress and land reclamation in Central Asia. Tashkent: "Mekhnat", 1985. 141 p. (In Russ.).
14. Main provisions of the regional strategy in the Aral Sea basin / Kindler J., Dukhovny V.A. et al. Alma-Ata, 1997 (In Russ.).
15. Problems of sustainable water resources management in the Aral Sea basin at the turn of the XXI century (summary of the results of research under the ICWC Interstate Programme carried out in 2001). *Collection of scientific works of SANIIRI and SIC ICWC*. Tashkent, 2002. 231 p. (In Russ.).
16. Development of basic components of ICWC policy in issues of rational water use and protection of water resources in the Aral Sea basin. *Collection of scientific works of SIC ICWC*. Vol. 2. Tashkent, 2000 (In Russ.).
17. Kurbaniyazov A.K. Evolution of landscapes of the dried Aral Sea bed. Moscow: Publishing House of the Academy of Natural Sciences, 2017. 148 p. (In Russ.).
18. Integrated remote sensing and ground-based studies of the dried Aral Sea bed/ edited by Prof V.A. Dukhovny. Tashkent, 2008. 190 p. (In Russ.).
19. Mambetullaeva S.M., Kochkarova S.A., Kurbaniyazov A.K., Tureeva K.J. Features of successional processes and restoration potential of phytocenoses on the dried Aral Sea bed *Issues of geography and geo/ecology*. No. 2. 2019 (In Russ.).
20. Natural and anthropogenic salinisation of soils in the Aral Sea basin (geography, genesis, evolution) / E.I. Pankova, I.P. Aidarov, I.A. Yamnova, A.F. Novikova, N.S. Blagovolin. Moscow, 1996 (In Russ.).
21. Sokolov V.I. Regional Coordinator of GWP CACENA. Workshop on the Water-Food-Energy-Ecosystems Nexus Assessment in the Syrdarya River Basin Almaty, Kazakhstan 2-4 December 2014 (In Russ.).
22. Popov V.A. The Aral Sea problem and landscapes of the Amu Darya delta: (Structural and dynamic state of landscapes of the Southern Priaralie in connection with the Aral Sea problem). Tashkent: Fan, 1990. 108 p. (In Russ.).
23. Akhmedova A.R. Problems of restoration of the Aral Sea water regime (Master's thesis). St. Petersburg, 2016. 82 p. (In Russ.).

**Сведения об авторах:**

**Гареев Ауфар Миннигазимович**, д-р геогр. наук, профессор, заведующий лабораторией водохозяйственных исследований и геоэкологии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия, 450074, г. Уфа, ул. З. Валиди, д. 32; ORCID: 0000-0002-5517-7909; e-mail: aufar.gareev@mail.ru

**Азимова Сайера Неъматулло кизи**, ст. преподаватель Джизакского государственного педагогического университета, Узбекистан, 130100, г. Джизак, ул. Ш. Рашидова, д. 4; e-mail: gulimmani02@gmail.com

**Уролов Сардор Уралович**, аспирант, кафедра геологии, гидрометеорологии и геоэкологии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Россия, 450074, г. Уфа, ул. З. Валиди, д.32; e-mail: sardorurolov23@gmail.com

**About the authors:**

**Aufar M. Gareev**, Doctor of Geographic Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Water Research and Geocology, Ufa University of Science and Technology, ul. Z. Validy, 32, Ufa, 450074, Russia; ORCID: 0000-0002-5517-7909; e-mail: aufar.gareev@mail.ru

**Sayera N. Azimova Sayera**, Senior Lecturer, Jizzak State Pedagogical University, ul. Sh.Rashidova, 4, Jizzak, 130100, Uzbekistan; e-mail: gulimmani02@gmail.com

**Sardor U. Urolov**, Postgraduate Student, Department of Geology, Hydrometeorology and Geocology, Ufa University of Science and Technology, ul. Z. Validy, 32, Ufa, 450074, Russia; e-mail: sardorurolov23@gmail.com