

**Рафиков Вахоб Асомович –  
Профессор кафедры географии и природных ресурсов  
Самаркандского государственного университета,  
доктор географических наук.  
г.Самарканд, Узбекистан.**

**Кузиев Фарход Нормаматович –  
старший научный сотрудник. Научно-исследовательский  
институт охраны окружающей среды и природоохранных  
технологий.  
г.Ташкент, Узбекистан.**

**ВОССОЗДАНИЕ БАЗИСА СОЛЕВОГО СТОКА БАССЕЙНА  
АРАЛЬСКОГО МОРЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ  
ИНТЕГРИРОВАННЫХ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ  
ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*Аннотация: В работе рассматривается разработка концепции восстановления базиса солевого стока бассейна Аральского моря с использованием современных интегрированных ГИС-технологий и методов трёхмерного моделирования. Проведён анализ потенциала использования возвратных вод, оценены масштабы орошаемых земель, изучены природные и антропогенные факторы засоления земель и деградации пастбищ. Предложены рекомендации по рациональному использованию водных ресурсов и восстановлению экологического состояния территории Приаралья.*

*Ключевые слова Ключевые слова: Аральское море, Амударья, солевой сток, ГИС, орошение, засоление почв, моделирование, Приаралье.*

**Rafikov Vakhob Asomovich -  
Professor of the Department of Geography and Natural Resources  
Samarkand State University,  
Doctor of Geographical Sciences.  
Samarkand, Uzbekistan.**

**Kuziev Farkhod Normamatovich -  
Senior Researcher. Research  
Institute of Environmental Protection and Nature Protection  
Technologies.  
Tashkent, Uzbekistan.**

**RESTORATION OF THE SALT RUNOFF BASIS OF THE ARAL  
SEA BASIN USING MODERN INTEGRATED GIS TECHNOLOGIES AND  
3D MODELING METHODS**

**Abstract:** *The paper discusses the development of a concept for restoring the salt runoff basis of the Aral Sea basin using modern integrated GIS technologies and 3D modeling methods. The potential for the use of return waters was analyzed, the scale of irrigated lands was assessed, and natural and anthropogenic factors of soil salinization and pasture degradation were studied. Recommendations are proposed for the rational use of water resources and restoration of the ecological condition of the Aral Sea region.*

**Keywords:** *Aral Sea, Amudarya, salt runoff, GIS, irrigation, soil salinization, modeling, Aral Sea region.*

**Актуальность.** На территории бывшего союза вторая половина XX века характеризуется вовлечением в хозяйственный оборот все новых природных ресурсов, освоением целинных и залежных земель, беспрецедентным по площади охвата и сопровождавшимся мощным всплеском экологических проблем.

Приаралье является классическим примером территории с экологически дестабилизированной, т.е. выведенной из природного равновесия средой. Мощные антропогенные факторы послужили причиной смены коренных ландшафтов рассматриваемого региона производными. Основным фактором развития экологического кризиса в Приаралье является антропогенное изъятие на нужды ирригации стока Сырдарьи и Амударьи и последующая за ним деградация гидроморфных дельтовых экосистем этих рек, обнажение и обсыхание на огромной площади дна Аральского моря.

**Основная часть.** Другой фактор заключается в искусственном орошении больших площадей ранее низкопродуктивной территории Голодной степи. Первый его этап приходится на конец XIX - начало XX веков. Следующий, более интенсивный этап ирригационного освоения рассматриваемого региона начался в 1956 году. К настоящему времени естественные ландшафты большей части территории Голодной степи замещены антропогенными (производными): ирригационными и селитебными. Негативной особенностью использования голодностепских земель в орошаемом земледелии является их неустойчивое мелиоративное состояние. При нарушении агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур эти земли имеют ярко выраженную тенденцию к подъему грунтовых вод с последующим засолением орошаемых почв. Как уже отмечалось выше, в Республике Узбекистан площадь орошаемых земель составляет около 10%, давая более 90% сельскохозяйственной продукции. В

последние годы острой проблемой для Республики Узбекистан стала усиливающаяся из года в год экологическая и демографическая нагрузка на землю. При сохраняющемся высоком приросте населения площадь орошаемых земель на душу населения неуклонно снижается и составляет на сегодня менее 0,11 га. В настоящее время это самый низкий показатель среди стран центральноазиатского региона. Вместе с тем потенциал вовлечения в сельхозоборот новых орошаемых земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, близок к исчерпанию. Наряду с указанным наблюдается постоянное снижение плодородия и возрастание загрязнения пахотных земель, снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Одним из существенных факторов, ведущих к снижению урожайности, является вторичное засоление как следствие нерационального, недостаточно обоснованного с научной точки зрения использования водных ресурсов. При дефиците водных ресурсов, еще более обострившимся в новой геополитической обстановке в регионе, разработка схемы солеотводящих сетей, его научно-технической основы, представляется актуальным, социально, экономически и экологически значимым для национальных интересов Узбекистана. Создание солеотводящих сетей призвано способствовать рациональному использованию водных ресурсов, устойчивому развитию сельского хозяйства в Республике Узбекистан в условиях дефицита водных ресурсов и ухудшения их качества. Коллекторно-дренажные воды среднего и нижнего течения бассейна р.Амударьи не имеют единого стокоприемника и распластываются по всей площади бассейна. На этой территории по данным анализа материалов космических съемок сформировались и продолжают формироваться многочисленные локальные солеприемники. Они периодически высыхают, образуя солончаковые поверхности. Такие образования в настоящее время занимают тысячи гектаров пастбищ и земель лесного фонда. Солончаки сами по себе не представляют интереса для кормопроизводства, в том числе не приносят пользы и диким животным. Эти накопленные экологические ущербы продолжают наращаться, так как ежегодно с коллекторно-дренажными водами в местные солеприемники выносятся до 10-15 миллионов тонн солей. Это только в среднем течении. Примерно такой же вынос солей наблюдается в нижнем течении. К тому же сброс коллекторно-дренажных вод в русло Акчадарьи приводит к расширению болотно-луговых угодий на территории Казахстана. Таким образом даже небольшая польза от отвода коллекторно-дренажных вод уходит за пределы страны.

Формируемый в среднем и нижнем течении р. Амударьи коллекторно-дренажный сток оценивается в кубокилометрах, и он заслуживает внимания на

предмет утилизации и устранения экологических ущербов. Целесообразность начала устранения наметившегося пробела очевидна. Причина, по которой проблема утилизации коллекторно-дренажных вод и устранения накопившихся экологических ущербов до сих пор не решается, заключается в отсутствии разработки научной концепции солеотведения в регионе и выявлении перспектив утилизации коллекторно-дренажных вод.

Поставленная в проекте проблема является сложной и многофакторной. Успешная реализация ее возможны только с применением новейших информационных технологий и материалов дистанционного зондирования высокого разрешения.

При разработке проекта использованы лучшие на сегодняшний день лицензированные программные продукты и геоинформационные системы.

По мнению независимых экспертов, в области информационных технологий программные продукты компании ESRI являются наиболее оптимальными для решения задач по рациональному использованию природных ресурсов и разработки интегрированных ГИС-проектов. Например, доля продукции ESRI в мире при решении задач рационального использования земельных и водных ресурсов составляет около 80%, а в целом

доля продукции компании ESRI, используемой при решении различных природоресурсных задач на базе ГИС и материалов ДЗЗ составляет 44%. Комплекс позволяет создать цифровые карты в 2-х и 3-х мерном представлении, проводить цифровую обработку материалов многозональной космосъёмки с учетом рельефных эффектов, оценивать состояние сельхозугодий, прогнозировать урожайность и продуктивность и т.д.

Комплекс позволяет обрабатывать многозональные космические снимки среднего и высокого разрешения, что дает возможность получать актуальную и более подробную информацию о территориях, их экологомелиоративном состоянии, продуктивности и др.

С применением дополнительных функций программного комплекса ArcGIS в автоматизированном режиме с учетом рельефа местности построена схема приложения головного солеотводящего тракта. Тем не менее все вышеизложенное является необходимым условием для реализации проекта, но не достаточным. Необходимо использование более крупномасштабных карт и планов (1:10000 и др.), что позволит более детально проложить тракт. Как отмечалось выше, проблема является сложной и многофакторной. При реализации проекта наряду со специалистами по информационным технологиям работали и специалисты-гидрологи. Однако практическая реализация проекта требует дальнейших, более глубоких проработок.

Необходимо привлечение специалистов высокого уровня разных направлений, в т. ч. водников, инженеров-гидрологов, специалистов по сельскому хозяйству, экологов, ландшафтоведов, экономистов, изыскателей, проектировщиков и др. Только в этом случае можно быть уверенным, что реализация проекта будет служить народному хозяйству республики без ущерба для окружающей среды.

Обсохшее дно Аральского моря превращается в песчаную пустыню с солончаками. «Современная» дельта Амударьи также в большей части предстает песчаной пустыней с неравномерно распределенными по ее поверхности солоноватоводными и солеными озерами, солончаками. В пределах этой пустыни сохранилось несколько протоков Амударьи и дискретно распределены орошаемые массивы на площади более 400 тыс.га, а также населенные пункты, города, промышленные объекты и т.д.

Характерной особенностью современной дельты в недавнем прошлом было то, что под разливами речных вод на глубине 3-15 м и более залежали рассольные грунтовые воды. Ныне эти рассолы формируют «пухляки» и другие формы «солевых выпаров». На орошаемых массивах рассольные грунтовые воды при гидроморфном режиме почв также участвуют в их засолении. Однако основной источник солей на сельхозугодьях - это оросительная вода, чаще — солоноватая. Дренажные системы малопродуктивные и неглубокие, что приводит к поддержанию зеркала грунтовых выше критической глубины, а их минерализация также превышает критические значения. Все это в совокупности приводит к реставрации соленакпления в почвах в межполивной период, повышению солености почвенных растворов и в конечном счете к угнетению возделываемых культур. В какой-то мере их фатальный финал предотвращается промывным режимом орошения, что и обуславливает высокую водозатратность земледелия. Такова солевая обстановка на территориях, подкомандных Тахиаташскому гидроузлу.

В пределах Акчадарьинской, Хорезм-Сарыкамьшских дельт Амударьи, подкомандных Туямуюнскому гидроузлу, солевой фактор менее угрожающий, чем на северных территориях Каракалпакстана. Слабее солевой фактор в Каршинской и Бухарской оазисах, что прослеживается по несколько большей урожайности хлопчатника и его несколько меньшей водоемкости.

Таким образом солевой фактор на рассмотренных объектах среднего и нижнего течения Амударьи приобрел циклический характер и в условиях ожидаемого маловодья может завершиться роковым исходом, если не принять экстренных мер по устранению его причин.

Из космоса зафиксированы факты интенсивного выноса солей с ее поверхности обсохшего дна Аральского моря. (рис. 1). Наблюдались процессы

подъема в воздух тонкодисперсных масс солей и пыли с понижений рельефа обсохшего морского дна и удаления ее из очагов выдувания (рис. 2). Число дней с пыльными бурями и пыльным поземкам, по наблюдениям на метеостанциях Приаралья со времени начала обнажения днища аральской впадины увеличивается [3], а влияние переносимой соли и пыли на экологические процессы и процессы ландшафтогенеза в данном регионе возрастает [4].

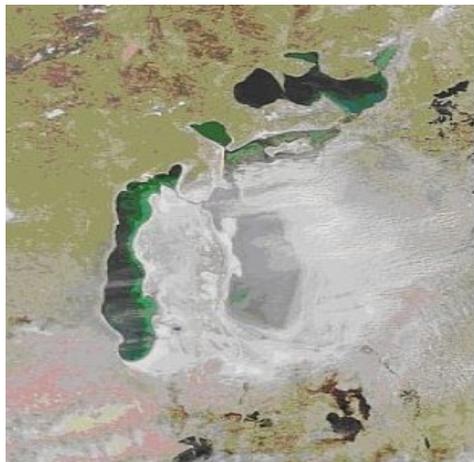


Рис. 1. Космофотоснимок выноса солей и пыли из Арала

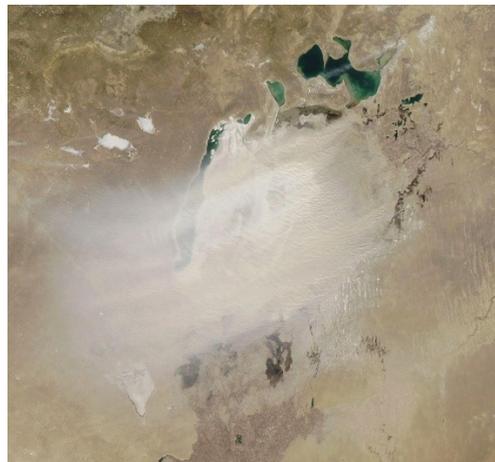


Рис. 2. Подъем солей и пыли восходящими обсохшего дна токами воздуха с Аральского моря

Задействованная коллекторно-дренажная сеть отводит минерализованные воды или в Амударью, или сбрасывает на низины правобережья. Из-за этого земельные угодья пустыни несут потери. Так что не только солеотведение с орошаемых и застроенных территорий, но и с пустынных пастбищ требует реализации комплекса мер. Структурным компонентом этого комплекса мер предусматривается Правобережный коллектор, первоначальный замысел и характеристики которого были выработаны проектировщиками еще в 80-х годах прошлого века.

Изменившиеся геополитические, водохозяйственные и институциональные условия, технико-технологические возможности и экологические императивы требуют существенной модернизации первоначального замысла. Прежде всего это связано с трассой коллектора - она должна находиться в пределах Узбекистана. Не менее важно - его необходимо проложить до западного глубоководного остаточного водоема - Аральского моря. Как и в первоначальном замысле частично используется сухое русло Акчадарьи. При этом на песчаных массивах правобережья

Амударьи предусматривается два варианта трассы - западный и восточный. Выбор из этих вариантов определяется эффективностью защиты коллектора от песчаных наносов, с одной стороны, а с другой - эффективностью лесозащитных полос для ландшафтов территории, продуктивности биоты и т.д. Значительный лесозащитный эффект ожидается от лесополос вдоль коллектора на участке Джалтырбас - подножие восточного чинка Устюрта. В модернизированной версии правобережного коллектора предлагается поддерживать существенный уровень его рыбопродуктивности и в целом - биопродуктивности сопряженных с ним ландшафтов.

В средний по водности год сток коллектора в остаточный водоем от Аральского моря ожидается в пределах 3-4 км<sup>3</sup> при минерализации воды примерно 10-12 г/дм<sup>3</sup>. Такое качество воды позволит, по-видимому, стабилизировать зеркало водоема на площади 3000-4000 км<sup>2</sup>.

Орошаемые земли, где могут быть повторно использованы возвратные воды для целей сельскохозяйственного производства, расположены в целом по левобережью планируемого солеотводящего тракта, т.е. между Амударьей и трактом. По правобережью тракта расположены в основном, пустынные и пастбищные земли.

Пастбища в Узбекистане являются одной из важнейших жизнеобеспечивающих природных экосистем. Они занимают около половины территории страны (около 25 млн. га), большая часть которых расположена на севере: значительная часть Каракалпакстана, Навоийская и Бухарская области, а также юг - Кашкадарьинская область. Восемьдесят процентов пастбищных угодий простираются на пустынных территориях, Большая часть пастбищных угодий расположена в зоне пустыни, в предгорной полупустыне и в горах. Пустынные пастбища, где количество средних годовых осадков составляет 100 мм. занимают около 77%, предгорные,- 16%, горные - 4%, высокогорные - 3%. Пастбища являются важным фактором развития животноводства в республике. От его состояния, урожайности зависит продуктивность животных, доходность отрасли и, как следствие, уровень жизни проживающего здесь местного населения. В целом продуктивность пастбищ в республике достаточно низкая - всего 2-5 ц/га воздушно-сухой массы. Основу кормовой базы животноводства, и в первую очередь овцеводства составляют пастбища, которые дают до 80-85% от всех кормов в расчёте по кормовым единицам. Продуктивность естественных кормовых угодий из года в год ухудшается. Животноводство обеспечивает нужды республики лишь на 70%.

По экспертным оценкам около 40% пустынных пастбищ подвержены разной степени деградации, и данная тенденция растёт. В настоящее время

более 3 млн га пастбищных угодий подвержены средней степени и 1 млн га - сильной степени деградации. Урожайность дикорастущих трав на пастбищах падает из-за плотного стравливания, особенно вблизи жилых поселков, мест водопоя и зимовки скота. Чрезмерный выпас скота вокруг населенных пунктов, недостаточное количество пунктов для водопоя животных в отдаленных пастбищах, заброшенные и вышедшие из строя пункты водопоя, слабая инфраструктура и неумелое управление пастбищами приводят к потере кормового потенциала и нарушению естественного процесса восстановления вегетации на пастбищах.

Как показали научно-производственные опыты, увеличения производства пастбищных кормов можно ожидать только за счет создания культурных пастбищ путем внесения органических удобрений и агроминеральных руд, обводнения живого растительного покрова, а также подбора и посева высокоурожайных многолетних сортов пастбищных трав.[5].

Для создания культурных пастбищ можно высевать семена разных сортов кормовых растений, в основном из семейства злаков и бобовых - костры, ежи сборной, овсяницы, тимофеевки, райграса, эспарцета, клевера, люцерны, пырея и других трав. Перспективный метод повышения урожайности пастбищных растений на культурных пастбищах - применение орошения возвратными водами.

**Вывод.** В процессе работы над проектом по разработке концепции воссоздания базиса солевого стока правобережья Амударьи с применением современных интегрированных ГИС - технологий и методов автоматизированного анализа исследуемой территории на данном этапе проекта решены следующие основные задачи:

Проведены исследования по оценке потенциала использования возвратных вод и уточнению массивов орошаемых земель. Формируемый в среднем и нижнем течении р. Амударьи коллекторно-дренажный сток оценивается в кубокилометрах, и он заслуживает внимания на предмет утилизации и устранения экологических ущербов. Водозабор из Амударьи на правобережье - в Турткульский оазис и Северный Каракалпакстан - оценивается в 7,8-8,5 км<sup>3</sup>/год. Таким образом на правобережье среднего и нижнего течения Амударьи водозабор в сумме составляет 24,4-27,0 км<sup>3</sup>/год, из которых непосредственно из Амударьи Узбекистан забирает 18,3-20,2 км<sup>3</sup>/год.

Для достижения мелиоративного благополучия орошаемых земель правобережья, судя по проектным проработкам [2] и обобщениям данных наблюдений [1] водоотведение (с целью солеотведения) должно достигать 20-25% от водозабора [2]. Таким образом общий объем возвратных вод,

подлежащих утилизации, на правобережье может составить 4,9-6,8 км<sup>3</sup>/год. Эти воды могут быть использованы для орошаемых территорий или для орошения пустынно-пастбищных территорий (культурных пастбищ).

Проведен анализ функционирования Тахиаташского гидроузла и возможность использования нижнего бьефа гидроузла в качестве солеотводящего тракта или коллектора. Тахиаташский гидроузел призван распределять воду для орошаемых территорий Каракалпакстана. На наш взгляд, использование нижнего бьефа Тахиаташского гидроузла в качестве солеотводящего тракта или коллектора нецелесообразно.

Произведена оценка возвратных вод среднего и нижнего течения правобережья Амударьи, анализ состояния Аральского моря и его рационального использования. Проанализировано состояние окружающей среды на территории Южного Приаралья и предложены основные рекомендуемые природоохранные мероприятия для смягчения остроты экологической ситуации и антропогенного опустынивания.

Маргинальные воды водоохранного комплекса, а их объем как отмечалось выше может достигаться ~7 км<sup>3</sup>/год, также могут быть утилизированы при лесомелиорациях, в рыбном хозяйстве, рекреации и т.д. Для утилизации этих вод требуется реконцентрирование поллютантов как химического, так органического составов до допустимых пределов.

Приведены оценочные данные по объему коллекторно-дренажных вод и солевому стоку, а также по объемам пригодных для повторного использования коллекторно-дренажные воды и сокращение сброса в Амударью солей. Солеотведение в водосбросной тракт и утилизация маргинальных коллекторно-дренажных вод направлены на деминерализацию речных вод и сокращение сброса загрязняющих веществ в р.Амударью. Согласно приведенным оценкам ожидаемый эффект от этих мероприятий составляет только по минерализации снижение на 20-30% Внутриконтурного использования пригодно около 2,5 км<sup>3</sup>/год коллекторно-дренажных вод. Таков ориентир утилизации коллекторнодренажных вод, носящий предварительный характер.

Проведены исследования по разработке рекомендаций по практической реализации проекта по воссозданию базиса солевого стока бассейна Аральского моря с применением современных интегрированных ГИС - технологий и методов трехмерного моделирования. В процессе исследований по проекту показано, что для реализации столь сложной многофакторной задачи необходимо использование самых современных информационных технологий. Необходимо использование более крупномасштабных карт и

планов (1:10000 и др.), что позволит более детально проложить тракт. При реализации проекта наряду со специалистами по информационным технологиям работали и специалисты - гидрологи. Однако практическая реализация проекта требует дальнейших, более глубоких проработок. Необходимо привлечение специалистов высокого уровня разных направлений, в т.ч. водников, инженеров - гидрологов, специалистов по сельскому хозяйству, экологов, ландшафтоведов, экономистов, изыскателей, проектировщиков и др.

#### **Использованные источники:**

1. Курбанов Б.Т. Экологическое районирование Узбекистан методами математического моделирования и ГИС-технологий // Геодезия и картография. 2000, №9. С. 41-46.
2. Popov V.A. The role of salt migration in landscape genesis of the Cis-Aral region // New York: Allerton Press, Inc., 1999. Problems of Desert Development. 1998, No. 3. pp. 112-126.
3. Рубинова С.Э. Измерение стока р. Амударьи под влиянием водных мелиораций в ее бассейне // Москва, Гидрометеиздат, 1975. 116 с.
4. Субботина О.И., Чанышева С.Г. Климат Приаралья. Ташкент: Издание НИГМИ, 2006. 172 с.
5. Уточнение схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Амударьи: Сводная записка // Ташкент, Средазгипроводхлопок, 1984. 372 с.