

УДК 504.058 (262.83)

**ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ АРАЛЬСКОГО КРИЗИСА.  
ЧАСТЬ 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ  
ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИАРАЛЬЯ<sup>1</sup>**

© 2021 г. Н.М. Новикова

*Институт водных проблем РАН*

*Россия, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 3. E-mail: nmnovikova@gmail.com*

Поступила в редакцию 10.08.2021. После доработки 01.09.2021. Принята к публикации 01.09.2021.

В данной, третьей, части статьи представлен обзор исследований, посвященных изучению процессов трансформации природных комплексов на территории Приаралья, обусловленной падением уровня Аральского моря и сокращением площади его водной поверхности. Именно эта территория была охвачена развитием Аральского кризиса. Антропогенно обусловленная трансформация природных комплексов, оцениваемая как опустынивание, привела к утере их ресурсного потенциала и развитию медико-биологической и социально-экономической составляющих Аральской проблемы. Содержание статьи включает рассмотрение и обсуждение исследований динамики природных комплексов, выполненных разными авторами, с позиций новизны и оригинальности использованных подходов и методов, научной и практической значимости полученных результатов и их вклада в понимание развития Аральского кризиса. В статье в первую очередь рассмотрены комплексные ландшафтные исследования и затем – исследования отдельных компонентов ландшафтов (почвы, растительность, орнитофауна и животное население). Сначала рассмотрены исследования, посвященные изучению динамики всей территории Приаралья, а затем – пяти отдельных ландшафтных районов (Устюрта, Северного, Восточного, Юго-восточного и Южного Приаралья). Наибольшее число работ и научных публикаций посвящено Южному Приаралью, в особенности, его не освоенной под орошение части дельты Амударьи. Все авторы однозначно оценивают динамику природных комплексов Приаралья как опустынивание, обусловленное сокращением влагообеспеченности территории в условиях аридного климата. *Ландшафтные исследования* всего Приаралья (В.А. Попов (1990), А.В. Птичников (1991), А.А. Рафиков и Н.Ф. Тетюхин (1981), Г.В. Гельдыева с соавторами (Geldyeva et al., 1989, 2000) и др.) были направлены на изучение пространственной структуры, выявление процессов и форм опустынивания в разных типах ландшафтов и ландшафтных районах. Показано, что современные ландшафты Приаралья имеют разный генезис, возраст, состояние. Поэтому наименьшие изменения в условиях Аральского кризиса характерны для более древних, пустынных ландшафтов, а наибольшие – для молодых. А.В. Птичников (1991) выявил, что изменения на уровне *отдельных компонентов* (главным образом – растительности) произошли на Устюрте, на возвышенных плато Северного Приаралья, Кызылкумах. Смены *фаций* – в широкой (до 120 км) полосе древнеаллювиально-дельтовых равнин и в более узкой (до 20 км, вдоль берега моря) полосе песчаных пустынь в Восточном Приаралье, а также на чинках Устюрта и плато Восточного Приаралья. Смены на уровне *урочищ* – в поймах рек и на большей части обсохшего дна моря, а также в приморской полосе древнеаллювиально-дельтовой такырной равнины Акчадарьи в 20-60 км от берега моря 60-х годов. Смены на уровне морфологических единиц ландшафтов *сложных урочищ, местностей* характерны для территории неорошаемых частей дельт за исключением пойм,

<sup>1</sup> Часть 1 статьи Н.М. Новиковой опубликована в № 1 за 2019 г. (с. 5-66) данного журнала; часть 2 – в № 2 за 2020 г. (с. 96-170). Работа выполнена в рамках раздела 2.6 «Эволюция наземных экосистем в изменяющихся природных условиях» темы НИР ИВП РАН «Моделирование и прогнозирование процессов восстановления качества вод и экосистем при различных сценариях изменений климата и антропогенной деятельности» (№ 0147-2018-0002), № госрегистрации АААА-А18-118022090104-8.

примыкающих к основным руслам рек. Наивысший ранг изменений (*смена ландшафтов*) в Приаралье произошел на неорошаемых частях дельт Амударьи и Сырдарьи, а также в обсохшей полосе дна моря. В этих исследованиях использовались новые в то время материалы дистанционного зондирования, разрабатывались методы картографирования с их использованием. Полученные результаты нашли отражение на разнообразных картографических материалах. Их анализ показывает, что в отличие от пустынных ландшафтных районов современная динамика природных комплексов дельт выделяется тем, что они находятся под воздействием нескольких факторов и характеризуются пространственно-временной неоднородностью. Научная значимость полученных результатов заключается в разработке теоретического представления об эколого-генетических рядах дельтовых ландшафтов как эволюционной системе, складывающейся в ходе естественного развития территории в направлении формирования зональных вариантов. Показано, что динамика ландшафтов в условиях Аральского кризиса отличается от естественной ускорением процессов и пропуском стадий. Ландшафты современных дельт Амударьи и Сырдарьи, имея генетически обусловленную и усиливаемую падением уровня моря и обсыханием водного зеркала естественную тенденцию к опустыниванию, находятся на разных стадиях процесса в зависимости от условий водного режима, поддерживаемого человеком при создании искусственной гидрографической сети (системы водоемов и каналов). Современный *почвенный покров* и динамика почв Приаралья более детально исследовались в дельте Амударьи в ходе натурных наблюдений в режиме мониторинга Б. Жоллыбековым с 1980 по н.в. и отражены в ряде его публикаций (1987, 1995). Им был изучен и охарактеризован современный почвенный покров, сформировано представление о вариантах переходов одних почв в другие и предложен прогноз их развития после 1990 г. Особое внимание в его исследованиях было обращено на процессы засоления-рассоления. В исследованиях Г.С. Куста (1999) получила дальнейшее развитие теория литоморфопедогенеза применительно к современным условиям дельт Амударьи и Сырдарьи. Доказательной иллюстрацией этой теории являются разработанные автором схемы динамики почв, растительности и основных почвообразовательных процессов для генетически разных ландшафтов при разной скорости изменения влагообеспеченности и засоления. Г.С. Куст показал, что такыровидные и такырные почвы древнедельтовых равнин Приаралья (Акчадарьи, Жанадарьи) не являются завершающей стадией развития исходно гидроморфных аллювиально-дельтовых почв, т.к. они – это этап в процессе длительной эволюции в серо-бурые почвы. Растительность – один из важнейших ресурсов Приаралья, создающий экономическое благополучие населения и благоприятные условия среды обитания. Поэтому при изучении *динамики растительности* помимо традиционных ботанических показателей, таких как видовое (флористическое) и фитоценотическое богатство, жизненность, возобновление и т.д., непременно исследовались хозяйственно значимые показатели (надземная и подземная фитомасса), соотношение видового состава растений разных хозяйственных групп. *Изучением растительности дельты реки Амударьи* (изменением ее видового богатства и разнообразия) длительное время занимались А.Б. Бахиев (1985) с коллегами (Бахиев и др., 1977, 1994; Бахиев, Бутов, 1976; Бахиев, Трешкин, 1995); исследование луговой растительности и ее хозяйственной значимости выполнил Н.К. Мамутов (1990). В рамках проекта ЮНЕСКО (Novikova et al., 1998, 2000) была проведена инвентаризация фиторазнообразия (таксономического и фитоценотического богатства), современными методами разработана классификация, охарактеризована экология сообществ, оценено их динамическое состояние. Научная значимость этих исследований связана с развитием теоретических представлений о фиторазнообразии как многоуровневой (таксономический + синтаксономический + хорологический) динамической (эволюционной) системе, связанной с ландшафтным разнообразием. Это проиллюстрировано моделью динамических связей растительных сообществ. Практический выход из геоботанических исследований заключается в том, что была дана оценка состояния растительного покрова в современной дельте Амударьи на середину 1990-х годов и было показано, какие группы сообществ на уровне формаций погибли, находятся на стадии отмирания или имеют тенденцию к расширению. Кроме того, результаты исследования дают научное обоснование для проведения практических гидромелиоративных работ, обеспечивающих многообразие условий

среды по характеру увлажнения и засоления для сохранения всего многообразия биотопов и биоты. В этих работах впервые выдвинут тезис о том, что при расчетах водного баланса территории дельты Амударьи биокомплексы следует учитывать как самостоятельные, отдельные водопотребители. Растительность дельт – тугаи – это особый реликтовый тип пойменной растительности, включающий древесные, кустарниковые и травяные сообщества. Исследования С.Е. Трешкина и Ж.В. Кузьминой (Трешкин, 1990; 2011; Treshkin et al., 1998; Treshkin, 2000; Кузьмина, 1993, 1997б; Кузьмина, Трешкин, 1997; Kuzmina, Treshkin, 2006) показали, что тугайная растительность, распространенная за пределами Приаралья в поймах рек Средней и Центральной Азии, в настоящее время повсеместно подвержена деградации. Основная причина – антропогенная – регулирование плотинами и переиспользование речного стока. Гибель амударьинских тугаев в дельте, представляющих наибольшее разнообразие и занимающих обширные площади в виде цельных массивов в бассейне Амударьи, приведет к утере видового и фитоценотического богатства этого *tuna* растительности. Экосистемный подход к анализу динамики тугаев позволили С.Е. Трешкину и Ж.В. Кузьминой (Трешкин, 2011; Кузьмина, Трешкин, 2012) обосновать возможность и методы их сохранения. Существование тугайных растительных сообществ – залог сохранения богатства их животного населения и видового богатства. Это положение подтвердили работы Т. Абдреимова (1981) и М. Аметова (1981) по инвентаризации, экологии и работа Р. Реймова (1985) по динамике орнитофауны млекопитающих. В итоге проведенных научных исследований в Приаралье и в отдельных ландшафтных районах с конца 1960-х годов и по настоящее время получены новые знания об экологическом кризисе и особенностях его развития как цепочке экологически обусловленных, последовательно развивающихся процессов, ведущих к формированию природных комплексов пустынного типа. Проведенные исследования показали, что к 1990-м годам, вслед за окончательной трансформацией климата Приаралья, завершились изменения ландшафтов в пустынных ландшафтных районах (Устюрт, Северное и Юго-восточное Приаралье). В Северо-восточном и Южном Приаралье, на территории дельт рек Амударья и Сырдарья, завершение процесса опустынивания приостановлено гидромелиоративными преобразованиями и сохранением пойменно-аллювиальных процессов на локальных участках. Здесь динамическое состояние природных комплексов зависит от экологических условий, определяемых новыми водными объектами. Однако существующие системы не предусматривают главного экологического условия сохранения пойменных комплексов – необходимости их развития. Иными словами, равновесное состояние экосистемы дельты сохраняется при условии, что каждый конкретный участок находится на своей, отличной от прочих стадии развития. При отсутствии динамики природные комплексы пройдут небольшой путь эволюции и завершат его формированием галофильных биотических и абиотических комплексов. Эта проблема поддержания динамического равновесия экосистем дельт – современная важная задача в управлении развитием Аральского кризиса. На ее решение необходимо направить усилия ученых – геоэкологов. Новизна данной статьи связана с тем, что впервые в краткой форме рассмотрены научные исследования, выполненные по динамике природных комплексов и компонентов экосистем в связи с развитием Аральского экологического кризиса, оценена их научная новизна и теоретическая значимость в понимании развития Аральской проблемы.

**Ключевые слова:** Приаралье, Аральский кризис, ландшафтные районы, природные комплексы, ландшафты, почвы, растительность, орнитофауна, животный мир, процессы, динамика, эволюция, опустынивание, водный режим, эколого-динамические, эколого-генетические ряды, биоразнообразие, хозяйственное значение, гидромелиоративные проекты.

**DOI: 10.24412/2542-2006-2021-3-60-155**

В первой части данной статьи была сделана попытка восстановить последовательность в развитии кризиса, осознании причины и экологических последствий научным сообществом, признании кризиса властями. Были кратко рассмотрены постановка и содержание научных исследований динамики природной среды, развитие эколого-географического прогноза, мониторинга, представление о пределах антропогенного воздействия, осмысление

результатов и подходы к разработке практических мероприятий по решению экологических проблем, возникших в связи с падением уровня моря и опустыниванием Приаралья.

Во второй части статьи был дан обзор постановки и решения исследовательских задач, формулирования научных концепций и выполненных научных исследований по изучению эколого-географического аспекта развития Аральской проблемы. Эта часть включает два тематических раздела. Прежде всего, рассмотрены исследования по изменению климата в Приаральском регионе (постановка задач, методы исследования, результаты). Сделан вывод о том, что к концу 1990-х годов изменение климата в Приаралье, связанное с падением уровня моря, прекратилось, т.е. произошла стабилизация одного из многих аспектов Аральской проблемы. Еще один важный вывод, сделанный в результате исследований остаточных водоемов моря институтом океанологии РАН РФ, показал, что в 10-20-е годы этого столетия произошла относительная стабилизация их уровней. Таким образом, стабилизировался еще один аспект Аральской проблемы. Второй тематический раздел – обсохшее дно моря и связанные с ним проблемы. Рассмотренные результаты научных исследований показали, что закрепление дна растительностью и формирование природных комплексов пустынного типа идет крайне медленно, но накоплен большой опыт по успешному проведению фитомелиораций на территории дна, обсохшего до 2000-х годов. Сделан вывод о том, что проблема становления природных комплексов пустынного типа на дне еще надолго останется одним из центральных аспектов сохранения Аральской проблемы.

В.М. Котляков в 1991 г. дал лаконичное определение Аральской проблемы: «...полностью осознано, что проблема Аральского моря и его бассейна – это проблема здоровья и жизни в условиях продолжающегося антропогенного опустынивания огромной территории» (Котляков, 1991, стр. 6). В этом высказывании Владимира Михайловича для нас большое значение имеет то, что, во-первых, ситуация в Приаралье определяется им как опустынивание, а, во-вторых, опустынивание в Приаралье – суть экологического кризиса, т.к. от состояния природной среды зависят здоровье и жизнь населения региона. Отсюда мы можем сделать вывод об исключительной важности научных исследований динамики природных комплексов в Приаралье, знание которых дает основание для управления развитием процессов: разработкой методов по смягчению, локализации негативных процессов или по ускорению и охвату больших площадей позитивными.

Содержание настоящей, третьей части статьи включает рассмотрение научных исследований, посвященных трансформации природных комплексов в Приаралье и обсуждение полученных результатов. Эта часть исключительно важна для понимания сути Аральской проблемы. Приаралье – именно та территория, на которой непосредственно сказались последствия падения уровня и сокращения водной поверхности моря, прекращения его климатического воздействия. Приаралье, собственно, и есть территория, на которой проявился Аральский кризис. Экологическая роль моря на прилегающих территориях проявлялась через цепочку связей, обеспечивающих смягчение климата, поддержание качества и уровня поверхностных и подземных вод (базис эрозии), обводнение дельтовых равнин и поддержание биоразнообразия и богатство биологических ресурсов. Резкое изменение обводненности территории Приаралья стало причиной цепочки экологических процессов трансформации природной среды, изменения компонентов экосистем, потери их биопродуктивности и хозяйственной ценности и в итоге – обострения имеющихся и развития новых социально-экономических проблем в Республике Узбекистан (Каракалпакия, Хорезм) и Кызылординской области Республики Казахстан. Вкладывая в понимание экологического кризиса переход из одного равновесного состояния природных комплексов в другое, мы определили цель данной статьи – оценить, насколько существующие природные и антропогенно трансформированные природные комплексы приблизились к относительно равновесному стабильному состоянию, определяемому зональными пустынными условиями

среды. Для этого на основании данных собственных исследований и научных публикаций мы рассмотрели особенности динамики природных комплексов в отдельных, относительно однородных в ландшафтном отношении частях Приаралья, где это позволяло наличие данных. Были рассмотрены проведенные исследования, полученные результаты, сделана попытка проанализировать их и установить последовательность развития процессов, выявить процессы и этапы трансформации природных комплексов, в том числе и отдельных компонентов экосистем. Поскольку весь процесс трансформации природной среды Приаралья направлен на формирование зональных пустынных природных комплексов, он оценивается как опустынивание. Поэтому полученные особенности динамики природных комплексов следует рассматривать как закономерности их опустынивания. Обсохшее дно моря в данной части статьи не рассматривалось, т.к. это было сделано во второй части (Новикова, 2020).

*Приаралье* – территория, непосредственно прилегающая к береговой линии Аральского моря 1960-х годов. Именно эта территория рассматривается в качестве объекта, испытавшего прямое и косвенное воздействие падения уровня моря и появления обширной новой суши – морского дна, заместившего водную поверхность. Внешнюю границу Приаралья, как правило, не проводят, т.к. она, по всей вероятности, не очень определенная и отличается в разных ландшафтах. Как было показано во второй части (Новикова, 2020), граница воздействия моря на климатические параметры прилегающих территорий была оценена исследователями в пределах 100 км вдоль береговой линии 1960-х годов на участках прилегающих пустынных ландшафтов, но не определялась на дельтовых равнинах рек Амударьи и Сырдарьи. Для удобства изучения процессов, протекающих в Приаралье вследствие усыхания Аральского моря, территорию разделили на секторы – ландшафтные районы, сходные геологическим строением, историей развития и современным ландшафтным устройством. Принято выделять 5 районов (рис. 1). Первый – плато Устюрт – выделяется наиболее четко благодаря своим природным границам – обрывистым склонам (чинкам), а его граница с районом Северного Приаралья определяется менее четко. Границы между остальными ландшафтными районами более условны, т.к. менее выражены на местности.

Процессы, протекающие в Приаралье вследствие падения уровня моря и сокращения водной поверхности, однозначно признавались исследователями как аридизация, следовательно, исходные природные комплексы из-за сокращения влагообеспеченности имеют общую тенденцию трансформации и приобретения свойств природных комплексов пустынного типа. А значит, наименьшие изменения следует ожидать в пустынных ландшафтах, а наибольшие – в ландшафтах интразонального типа. В Приаралье к интразональным территориям относятся подтопленные прибрежные участки в каждом из районов и почти полностью территории двух районов: Восточное Приаралье, включающее дельту реки Сырдарья, и Южное Приаралье, включающее дельту реки Амударья. Именно эти ландшафты в наибольшей степени испытывают трансформацию вследствие сокращения притока речных вод и падения уровня моря.

*Ландшафтный район плато Устюрт* (рис. 1, I) – бывшее дно моря, вступившее в субаральный этап развития в конце позднего миоцена. Плато представляет собой возвышенную равнину, сложенную преимущественно неогеновыми известняками, палеогеновыми глинами и гипсами. Его высота – от 100 до 290 м н.у.м. БС. Рельеф равнинный, полого-наклонный, осложненный останцами (столовыми плато) и впадинами. Здесь встречаются бессточные котловины, песчаные участки, плоские увалы. Пустынный ландшафт основной части относится к типу глинистой полынной и полынно-солянковой пустыни, юго-восточная часть – глинисто-щебнистая пустыня. Климат Каракалпакской части резко континентальный, характеризуется жарким, сухим летом и довольно суровой зимой, сопровождающейся сильными ветрами, неустойчивым снежным покровом, высокой испаряемостью и резкой сменой температур по сезонам года и в течение суток. Пустынность

физико-географической обстановки на плато Устюрт обусловлена, прежде всего, малым количеством выпадения осадков. Особенно жесткие условия атмосферного увлажнения складываются в южном подрайоне, где годовая норма осадков не выходит за пределы 100-140 мм. Глубина грунтовых вод в зависимости от рельефа находится в пределах от 3-15 до 60-90 м, минерализация – 2.6-30.0 г/л.



**Рис. 1.** Ландшафтные районы Приаралья (Novikova, 1999). *Условные обозначения.* 1 – береговая линия моря в 1950-х годах, 2 – обсохшее дно моря к 1990-м годам, 3 – государственные границы, 4 – метеостанции, 5 – границы районов; 6 – номера ландшафтных районов: I – Устюрт, II – Северное Приаралье, III – Восточное Приаралье, в т.ч. современная и древняя дельты Сырдарьи, IV – Юго-восточное Приаралье, V – Южное Приаралье, в т.ч. современная и древние дельты Амударьи. **Fig. 1.** Landscape regions of the Aral Sea Region (Novikova, 1999). *Legend:* 1 – coastal line of the sea in the 1950s, 2 – dry sea bottom in the 1990s, 3 – state boundaries, 4 – meteorological stations, 5 – regional boundaries, 6 – numbers of the regions: I – Ustyurt; II – North Aral Sea; III – East Aral Sea, including modern and ancient delta of the Syr Darya River; IV – South-East Aral Sea; V – South Aral Sea, including modern and ancient delta of the Amu Darya River.

Почвы на плато бурые полупустынные и пустынные сероземы, сильно загипсованные. Наибольшие высоты (370 м н.у.м. БС) характерны для юго-западной части. К Аральскому морю плато обрывается уступами – чинками, возвышающимся над урезом воды 60-х годов на 60-150 м. К северу от урочища Каратамак, расположенного на севере, высота чинков постепенно увеличивается, достигая 190 м н.у.м. БС. К югу происходит снижение высот до 90-100 м н.у.м. БС. Берег мало изрезан, заливов и бухт нет. Средняя фитомасса растительности на территории составляет 2-2.7 ц/га и могла бы использоваться в качестве отгонных пастбищ, но этому препятствуют крайне суровые климатические условия зим. Планировалось (Рафиков, Тетюхин, 1981), что при условии обводнения и освоения 5.9 млн. га земель госземфонда, а также организации специализированных скотоводческих хозяйств можно будет содержать 1.1-1.2 млн. голов овец и около 180 тыс. верблюдов.

*Ландшафтный район Северное Приаралье* (рис. 1, II) отличается от предыдущего района разнообразием ландшафтов, включающих останцовые возвышенности, равнины и песчаные массивы. Наибольшую площадь занимают песчаные массивы Малые и Большие Барсуки. Для этого района характерен особый тип побережья, сочетающий крупные морские заливы и участки суши, глубоко выдающиеся между ними в море. Л.С. Берг назвал этот тип побережья «лопастным». Несмотря на такую особенность, северный берег высокий и обрывистый. Глубины вблизи берегов значительные – до 10 м (Зонн, Гланц, 2008).

*Ландшафтный район Восточное Приаралье* (рис. 1, III) включает Приаральские Каракумы и расположенную южнее дельту реки Сырдарьи. Приаральские Каракумы – древняя низменность с абсолютными высотами 90-110 м н.у.м. БС, а в руслообразных понижениях до 70-80 м н.у.м. БС. Ее рельеф формируется на аллювиально-дельтовых, преимущественно песчаных отложениях постплиоценового возраста мощностью 14-20 м. Отложения сильно перевеяны. В настоящее время здесь развит рельеф песчаной пустыни: наиболее расчлененные участки песков имеют бугристый и ячеистый, в меньшей мере – грядово-барханный рельеф (пески Терентикум, Есенткум, Буялыккум, Кесекум и др.). Глубина их расчленения колеблется от 1.5-3 до 5-10 м. На фоне низменной пустыни выделяются изолированные участки структурно-денудационных плато (Яхшикльч с высотами до 150 м н.у.м. БС и др.). Отмечается постепенный переход низменности в ральскую впадину, сопровождаемый понижением высот на северо-востоке до 68-72 м н.у.м. БС. Берег в районе Сырдарьинской дельты низменный, пологий, песчаный, покрыт невысокими формами эолового рельефа (Зонн, Гланц, 2008; Биоразнообразие ..., 2012).

*Ландшафтный район Юго-Восточное Приаралье* (рис. 1, IV) включает Приаральские Кызылкумы и протоки Жанадарьинской дельтовой равнины Сырдарьи. Он приурочен к Восточноаральской тектонической депрессии и Аккырско-Кумкалинской тектонической седловине. Территория формировалась в позднем плейстоцене-голоцене водами Сырдарьи и в настоящее время представляет собой глинистую такырную равнину, осложненную песчаными массивами мощностью до 20 м. С поверхности пески перевеяны и образуют грядовой рельеф, с направлением близким меридиональному. Склоны песчаных гряд преимущественно закреплены растительностью, вершины заняты перевеваемыми песками. Берег здесь относится к особому типу аральских бухтовых берегов: они низкие и песчаные, окаймленные мелководным морем, с множеством заливов и островов. Особенно показателен в этом отношении Акпеткинский архипелаг. Он появился в XX веке, при подъеме уровня моря до отметки 53 м н.у.м. БС, когда оно вторглось в пески Кызылкумы на 40-50 км и подтопило их. В результате на площади почти 2 тыс. км<sup>2</sup> образовались обширные тростниковые заросли (Зонн, Гланц, 2008; Кабулов, 1990).

Прилегающие пустынные районы Кызылкумов используются под пастбища. Средняя урожайность растительности – 2-2.5 ц/га. Кормовые запасы пастбищ составляют 8-10 млн. т, на них можно содержать 1-1.2 млн. голов овец при норме 8 га на овцеголову (Рафиков, Тетюхин, 1981).

*Ландшафтный район Южное Приаралье* (рис. 1, V) самый обширный. Его прибрежная часть вдоль береговой линии 60-х годов протягивается от южной оконечности плато Устюрт до Акпеткинского архипелага. Он включает, собственно, современную Приаральскую и две древние дельты реки Амударьи – Сарыкамышскую и Акчадарьинскую. Это наиболее густонаселенный ландшафтный район Приаралья, занятый преимущественно населением республики Каракалпакстан (составлявшим 702264 человек на 1970 г., 1900000 на 2020 г.). Здесь располагается Каракалпакский филиал Академии Наук Республики Узбекистан, университет и большое число учебных и научных институтов. Этим можно объяснить появление и обширное количество наиболее ранних публикаций об изменениях природной среды в связи с падением уровня моря.

Среди важнейших ресурсов, имеющих хозяйственное значение в Южном Приаралье, следует отметить, прежде всего, имеющие промышленное значение – рыбные. Они включали такие ценные виды, как шип, судак, сазан, усач, лещ, сом, вобла и добывались в русле Амударьи, проток и многочисленных водоемов. Большое значение в 1960-х годах имело ондатроводство. Снижение уровня моря нанесло огромный урон рыбному хозяйству и пушным промыслам. Уже к 1978 г. по сравнению с 1960 г. уловы сократились более, чем в 3 раза, а промысел ондатры – в 10-12 раз.

Следующий важнейший ресурс – почвы современных и древних дельт. В конце 1970-х годов все еще считали, что с вводом в действие Туямунского и Тахиаташского гидроузлов предстоит освоить 620 тыс. га новых земель под рис и хлопчатник. Планировалось, что в дельте Амударьи будет создана крупнейшая в Советском Союзе база по производству товарного риса, а хлопководство должно было стать основной отраслью сельского хозяйства Каракалпакстана (Рафиков, Тетюхин, 1981).

Важный природный ресурс на территории дельты Амударьи и окружающих пустынь – растительность, которая служит кормовой базой для развития животноводства. Растительность долины и дельты и поныне используется в качестве сенокосов и пастбищ, а тростниковые заросли – в качестве строительного материала. Ценное растение, естественно произрастающее в дельте на площади 17 тыс. га – солодка голая или лакрица (*Glycyrrhiza glabra*<sup>2</sup>). Она имела экспортное значение и заготавливалась в 1963-1965 гг. в объеме 2-3 тыс. т в год (Бахиев и др., 1977).

Природные комплексы дельты Амударьи были богаты охотничье-промысловыми видами зверей и птиц, служившими наряду с рыбой важным подспорьем в частном хозяйстве. Сокращение их запасов существенно снизило уровень обеспеченности питанием местного населения.

### Материалы и методы

Материалом для написания этой части, как и предыдущих, послужили данные наших собственных исследований, а также научные монографии, статьи в журналах, сборниках, диссертации и авторефераты квалификационных научных работ. Особое внимание уделялось публикациям 1970-х годов и последних десятилетий (2000-2020 гг.). Работы первого периода ценны тем, что дают информацию о состоянии изучаемых объектов в самом начале развития кризиса и часто – гипотезы, концепции, постановку задач исследования, избираемые и специально разработанные методы, прогнозы. При рассмотрении материалов разных разделов мы преследовали примерно одинаковые цели: показать теоретическую базу, на которую опирались научные концепции, какие задачи, кем и как ставились и решались, каковы используемые методы и методики исследований, основные результаты, которые были получены с их помощью, их значимость для всего цикла исследований по Аральской проблеме. Важно было обратить особое внимание на работы исследователей, уделяющих внимание проблеме на протяжении длительного времени ее развития и до настоящего времени ведущих наблюдения в режиме мониторинга.

Содержание и площадь исследуемой территории различны. Некоторые исследования охватывают все Приаралье, ставят целью выявить особенности динамики отдельных районов (Птичников, 1994), другие – динамику природных комплексов в отдельные интервалы длительного периода (Рафиков, 1999). В ряде работ ставилась задача получения данных, позволявших оценить дальность влияния моря (Кабулов, 1990).

Большинство исследователей изучали в отдельных ландшафтных районах состояние в определенный временной интервал или динамику природных комплексов (Бахиев и др.,

---

<sup>2</sup> Латинские названия растений приводятся по работе С.К. Черепанова (1995).



1977, 1994; Жоллыбеков, 1995; Жалгасбаев и др., 1980, 1981; Мамутов, 1991; Попов, 1990; Реймов, 1985; Трешкин, 1990, 2011; Geldyeva et al., 1998, 2000; Novikova et al., 1998, 2000). Весьма ценную информацию несут картографические материалы, отражающие пространственную структуру состояния компонентов ландшафтов с указанием количественных значений на определенный временной период (Рафиков, Тетюхин, 1981); а также данные о результатах полустационарных или стационарных наблюдений на топо-экологических комплексных профилях (Жоллыбеков, 1987).

Изучение существующих научных публикаций показало, что исследования, посвященные трансформации природных комплексов в разных районах Приаралья, проводились с разной степенью детальности. Для ландшафтного района Восточного Приаралья имеется разрозненная информация о состоянии и динамике природных комплексов в отдельные временные интервалы. Динамика комплексов трех остальных ландшафтных районов (Устюрта, Северного и Юго-восточного) практически не освещена в публикациях в связи с Аральским кризисом и, скорее всего, не изучалась вовсе. Наиболее корректно и полно к настоящему времени представлены исследования динамики природных комплексов в Южном Приаралье. Они освещают состояние и динамику ландшафтов, экосистем (водных и наземных) и их отдельных компонентов в разные отрезки времени. Однако работ, проводившихся в режиме мониторинга, мало.

Наша задача состояла также в анализе развития процессов во времени, выявлении последовательности динамики количественных изменений и качественных скачков, выделении экологических периодов или стадий развития.

## **Результаты исследований и обсуждение**

### ***Изучение динамики ландшафтов на территории всего Приаралья***

Ландшафтные исследования, охватывающие одновременно все Приаралье, немногочисленны. Наиболее известны работы А.В. Птичникова (1991, 1994) и А. Рафикова (Raġikov, 1999). Эти работы были новы своей методикой, т.к. в них впервые для данного региона использовались материалы космического зондирования, на основании которых разрабатывались картографические материалы, совершенствовались методы ландшафтно-индикационного картографирования и изучения динамики ландшафтов. Основным источником информации служили многочисленные публикации исследователей, изучавших отдельные компоненты ландшафтов и их динамику на локальных участках, служивших «ключами» при дешифрировании и ландшафтном картографировании. На отдельные участки территории авторы располагали данными собственных полевых исследований. Цель диссертационного исследования А.В. Птичникова (1991) заключалась в установлении закономерностей динамики ландшафтов Приаралья и выявлении на этой основе региональных особенностей развития процессов опустынивания. В определении, к которому он дал территории, относящейся к Приаралью, на первый план выводятся функциональные взаимосвязи: это территория, «... которая связана с Аральским морем ландшафтными связями в виде переноса вещества, энергии, и испытывающая значительные изменения в структуре и функционировании ландшафтов при колебании уровня этого водоема. Приаралье включает часть пустынь Туранской низменности с высотами до 120 м н.у.м. БС, обширные дельты рек Амударья и Сырдарья, приморские части структурно-денудационных плато и равнин Устюрта и Северного Приаралья» (Птичников, 1991, стр. 6). Изучение динамики ландшафтов в рассматриваемой работе было основано на выделении и анализе соответствующих ландшафтно-генетических рядов, выстраиваемых по градиентам развития процессов. На территории Приаралья он выделил 5 основных типов ландшафтно-

генетических рядов: 1) морских равнин, 2) аллювиально-дельтовых равнин, 3) песчаных равнин, 4) возвышенных глинистых пустынь, 5) гипсово-щебнистых пустынь.

Картографирование динамики ландшафтов проводилось на основании сопоставления картосхем, полученных после дешифрирования разновременных космических снимков. Было принято, что степень изменений тем выше, чем выше ранг измененных ПТК.

В результате проведенного А.В. Птичниковым (1991) исследования закономерностей динамики ландшафтов Приаралья был сделан вывод о том, что многочисленные перестройки ландшафтов, начиная с плиоцена, под влиянием изменений климата, миграции рек и антропогенной деятельности привели к формированию сложной полигенетической структуры ландшафтов, включающих как реликтовые образования, так и молодые несформированные. Это нашло отражение на разработанной им карте «Современные ландшафты Приаралья» в масштабе 1:1000000, на которой в результате типологической классификации, основанной на подходах В.А. Николаева, выделены 4 рода и 85 видов ландшафтов.

А.В. Птичников сделал вывод об особенностях региональной динамики ландшафтов за период исследований 1975-1990 гг. Он показал, что на территории Приаралья наивысший ранг изменений (*смена ландшафтов*) произошел на неорошаемых частях дельт Амударьи и Сырдарьи, а также на обсохшей полосе дна моря. Смены на уровне морфологических единиц ландшафтов *сложных урочищ, местностей* характерны для территории неорошаемых частей дельт за исключением пойм, примыкающих к основным руслам рек. Смены *урочищ* отмечены в поймах рек и на большей части обсохшего дна, а также в приморской полосе древнеаллювиально-дельтовой такырной равнины Акчадарьи в 20-60 км от берега моря 60-х годов. Смены *фаций* произошли в широкой (до 120 км) полосе девнеаллювиально-дельтовых равнин и в более узкой (до 20 км, вдоль берега моря) полосе песчаных пустынь в Восточном Приаралье, а также на чинках Устюрта и плато Восточного Приаралья. На Устюрте, возвышенных плато Северного Приаралья, Кызылкумах изменяются *отдельные компоненты* ПТК, главным образом – растительность.

В динамике ландшафтов В.А. Птичников различает, собственно, *саморазвитие* (эволюционные изменения) и *динамику*, происходящую в результате воздействия внешних, чаще всего антропогенно обусловленных воздействий. Внешние воздействия, накладываясь на собственную динамику, могут усиливать (И) или ослаблять (К) ход естественных эволюционных процессов (табл. 1). Используемая А.В. Птичниковым терминология не является общепринятой. Если идет раздельное рассмотрение природных и антропогенно обусловленных процессов, то последние принято называть термином «трансформация».

**Таблица 1.** Сочетание наложения основных типов природно-антропогенного и антропогенного опустынивания в Приаралье (Птичников, 1991). **Table 1.** Combination of the overlap of the main types of natural-anthropogenic and anthropogenic desertification in the Aral Sea region (Птичников, 1991).

| Типы природно-антропогенного опустынивания | Тип антропогенного воздействия, приводящий к развитию опустынивания |            |                         |
|--|---|------------|-------------------------|
|  | Ирригационное   | Пастбищное | Техногенно-транспортное |
| Опустынивание неорошаемых частей дельт     | К   | И          | нет                     |
| Опустынивание территорий вокруг Арала      | нет   | И          | И                       |

Здесь следует пояснить теоретическую подоснову развиваемого А.В. Птичниковым представления о «наложенных» процессах. В аридных районах любой неоландшафт имеет естественную тенденцию к формированию в ходе эволюционного развития ландшафта зонального пустынного типа. Явление наложения разнонаправленных процессов было использовано А.В. Птичниковым при выделении границы гидродинамического воздействия Аральского моря на прилегающие территории. В отличие от предыдущих исследователей (Курочкина и др., 1979) он выделил не четыре, а три пояса:

– пояс ближнего воздействия (ПТК обсохшего моря, происходит изменение динамической структуры ландшафтов и перестройка ведущих экзогенных процессов);

– пояс ближнего воздействия (ПТК пустынь в прибрежной полосе до 50-60 км, значительные изменения ландшафтной структуры и активизация экзогенных процессов обусловлена наложением прямых антропогенных воздействий, таких как перевыпас и техногенно-транспортный);

– пояс дальнего воздействия (полоса пустынь шириной до 130-150 км, незначительные антропогенные воздействия, изменения ландшафтной структуры, экзогенные процессы стабильны).

Однако автор не поясняет, в чем заключается и как проявляется гидрогенное воздействие и изменение моря на прилегающие пустынные ландшафты, но это можно понять из таблицы 1.

В дельтах пояса трансформации не выделялись, потому что прямые антропогенные воздействия в виде созданных искусственных водных объектов имеют локальное рассредоточенное распространение.

Следует учесть, что во время исследований к 1990 г. уровень моря снизился почти на 15 м – с 53 до 39.1 м н.у.м. БС на Малом море и до 38.3 м н.у.м. БС на Большом море (Aladin et al., 2001). Минерализация воды возросла с 7.2 до 30 г/л (Зонн, Гланц, 2008). К этому времени, как показали исследования В. Чуба (2007), климатические параметры на метеостанциях на побережье уже стали соответствовать параметрам на метеостанциях окружающих пустынь в радиусе 100 км. Иными словами, климат Приаралья стал соответствовать зональному климату (Новикова, 2020). Падение уровня моря и замещение водной поверхности суши продолжилось до 2011-2013 гг. (Аральское море ..., 2012), когда создался баланс между поступлением вод речного стока и прочих к остаточным водоемам и испарением из них. Обсыхающее дно, не закрепленное растительностью, представляло собой интразональные неоландшафты солончаково-песчаных равнин, медленно развивающиеся в направлении формирования зональных пустынных ландшафтов в процессе опустынивания. Они оставались источником пыльных бурь и соле-пылевыноса на прилегающие территории Приаралья и до сих пор составляют основное остаточное негативное явление Аральского кризиса (Семенов и др., 2006; Бутеков и др., 2012).

Исследование А.В. Птичникова (1991) важно и полезно тем, что отвечает на наиболее обсуждаемые в то время вопросы об Аральской проблеме в отношении развития процессов опустынивания ландшафтов Приаралья в целом и методов их изучения и картографирования. Предложение разделять в динамике природных комплексов собственные, эволюционные процессы и антропогенные, «наложенные», весьма полезно и перспективно. Однако в случае Аральского кризиса следует понимать, что «антропогенный» фактор, обуславливающий развитие процесса опустынивания, оказывает воздействие более сильное, чем естественное развитие природных комплексов, поэтому антропогенно обусловленное опустынивание идет более быстрыми темпами, чем эволюционный процесс. Следует отметить еще один важный момент: физико-химические процессы (засоление-рассоление) протекают более быстрыми темпами, чем биологические (трансформация почв, смены растительности). Смены видового состава растительности протекают более быстро, чем почвенные. Поэтому в отдельные временные периоды широкое распространение получают природные комплексы с

несоответствующими друг другу почвами и растительными сообществами.

Работа А.А. Рафикова (Rafikov, 1999), посвященная описанию динамики ландшафтов Приаралья, была опубликована позже работ А.В. Птичникова (1991, 1994) и после выхода в свет предыдущих содержательных монографий и статей по опустыниванию низовьев Амударьи (Рафиков, Тетюхин, 1981; Акрамов, Рафиков, 1990). Материалом для ее написания послужили собственные полевые наблюдения автора в Южном Приаралье в 1977-1979 гг., результаты научных публикаций о динамике компонентов ландшафтов и материалы космической съемки. Эта работа интересна тем, что представляет обобщение – единый взгляд на развитие процесса опустынивания в Приаралье и проявление экзогенных процессов на разных участках в отдельные временные срезы за длительный период времени. Весьма ценно, что этот процесс проиллюстрирован четырьмя картохемами (рис. 2-5) на периоды начала опустынивания (1961-1973 гг.), медленного падения уровня моря (1974-1977 гг., 1978-1982 гг.) и ускоренного падения и обсыхания обширных участков морского дна (1983-1995 гг.).

Первая из приведенных четырех схем из работы А. Рафикова (Rafikov, 1999) показывает процессы, протекавшие на территории Приаралья в 1961-1973 гг., когда уровень моря упал примерно на 3 м. Из рисунка 2 видно, что для всех пустынных районов, окружающих Аральское море, характерно (пункт 10 легенды) техногенное нарушение поверхности и нерациональная эксплуатация ресурсов (рубка кустарников на топливо). Безусловно, такое антропогенное воздействие ведет к развитию дефляционных процессов.

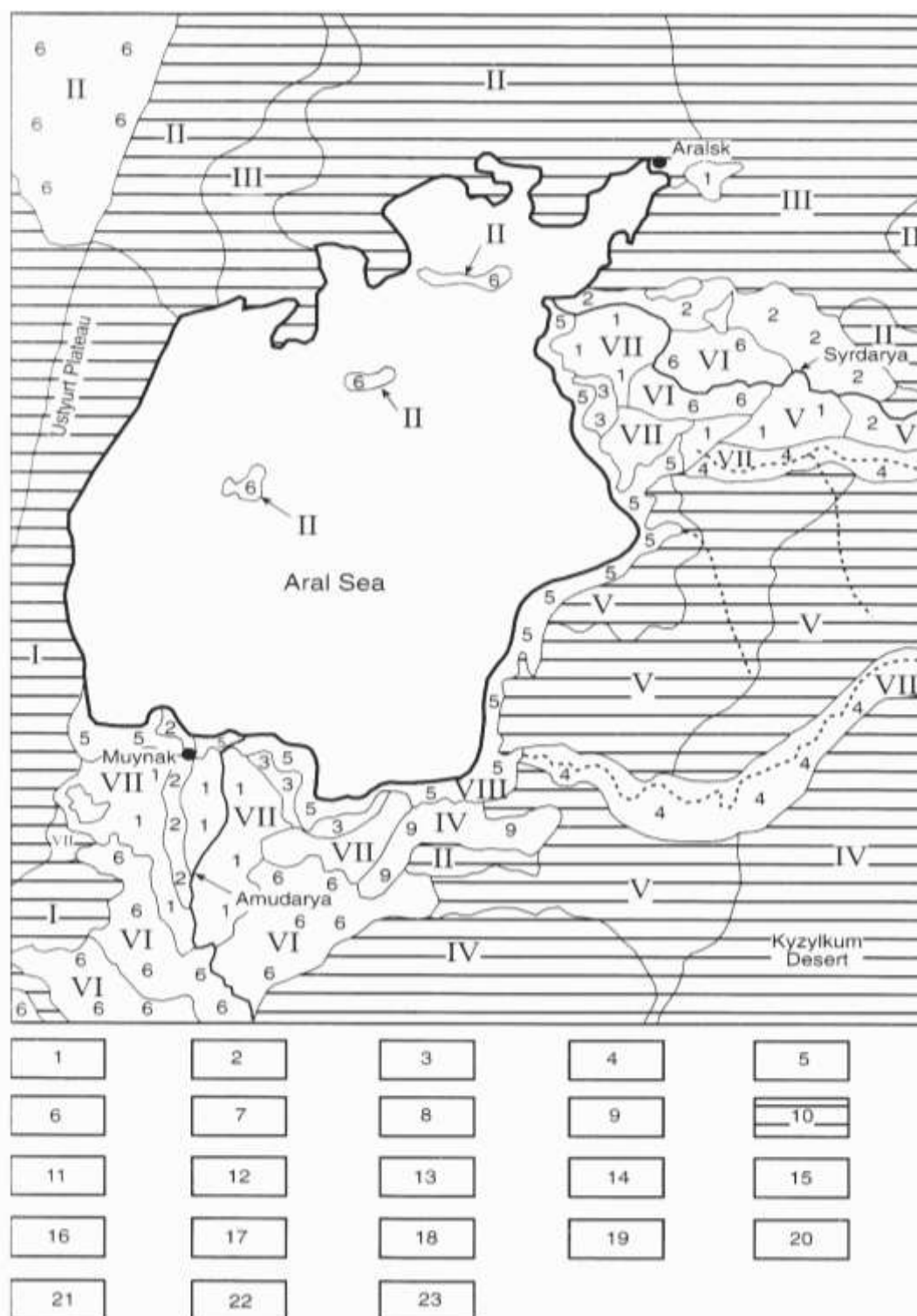
Для территории дельтовых равнин Амударьи и Сырдарьи и мелководного побережья между ними указано (пункт 5) появление песчаных равнин на высохшем дне; обмеление озер и обсыхание болот в междуречных понижениях, снижение уровня грунтовых вод (пункт 2). Остальная часть территории пока не затронута трансформационными процессами.

На второй схеме (рис. 3), представляющей дальнейшее развитие трансформационных процессов (1974-1977 гг., уровень моря снизился примерно на 5 м) в связи с падением уровня моря, показано, что на территории самого моря острова окаймлены обсохшей полосой побережья, где идет накопление солей (пункт 12), этот же процесс развивается в узкой полосе всего побережья на обнажившемся дне. В дельтах рек идет (пункт 4) резкое падение уровня грунтовых вод и обсыхание почв; зарастание тростником обсохших озер, местами на обсохших днищах озер происходит аккумуляция солей (пункт 7), расширение площадей, занятых лугово-такырными почвами и ксерофитами (пункт 8), более широко развитое в дельте Сырдарьи. В дельте Амударьи более распространены процессы засоления, расширяются площади, занятые галофитами (пункт 9), на орошаемой части дельты, в ее верхней части и на орошаемых землях также идет накопление солей в пахотных горизонтах (пункт 11).

По данным А. Бахиева и К.Н. Бутова (1976), многочисленные заросли тростника обыкновенного (*Phragmites australis*), занимавшие в дельте Амударьи в 60-х годах около 600 тыс. га, сократились к 1975 г. из-за обсыхания водоемов дельты до 100 тыс. га, включая тугайные массивы. Территория окружающих пустынь пока не вовлечена в трансформацию, обусловленную падением уровня моря (пункт 10): здесь протекают деграционные процессы, обусловленные прямым антропогенным (техногенным) воздействием.

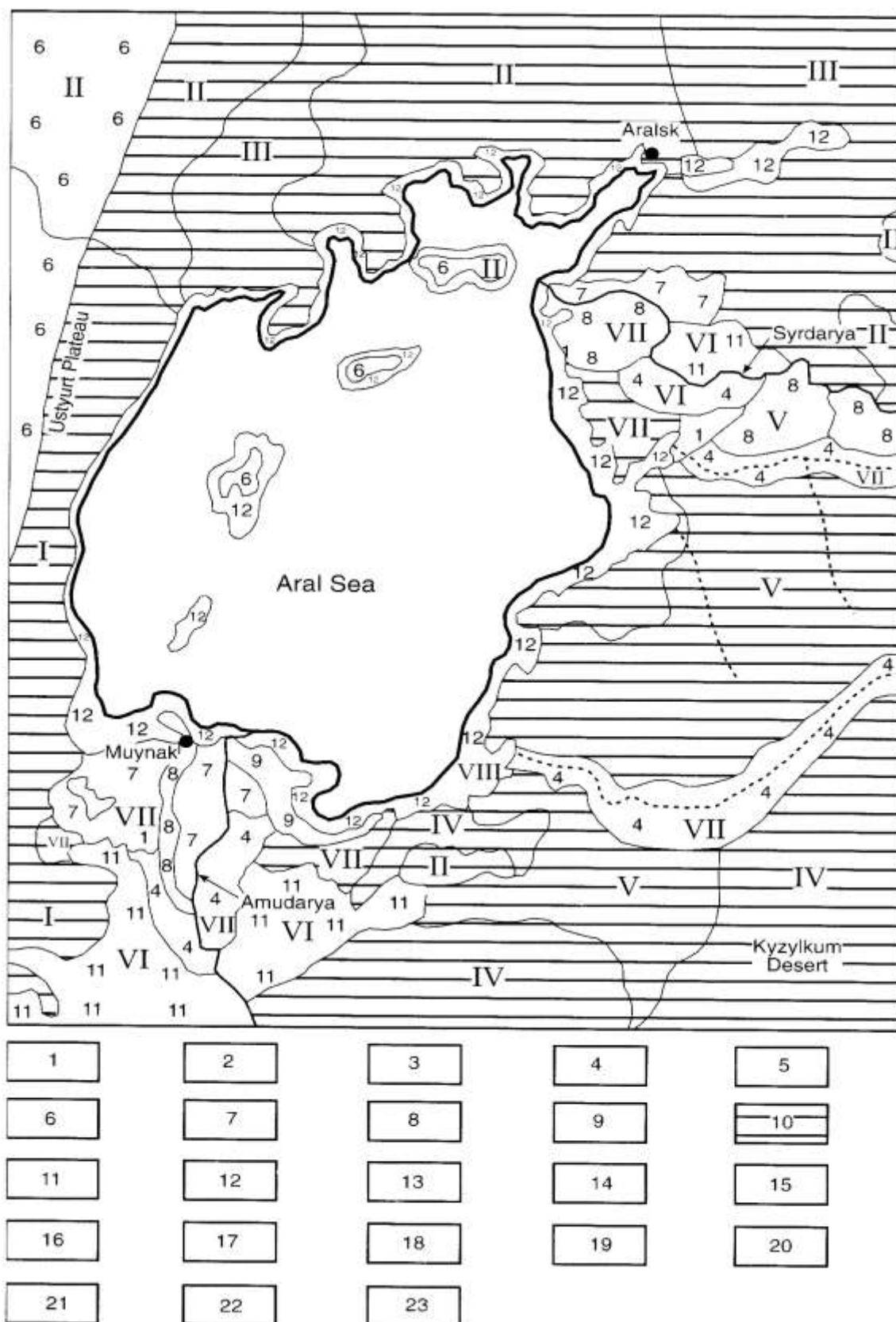
На третьей схеме (рис. 4), отражающей развитие процессов в Приаралье в период 1978-1982 гг., уровень моря упал примерно на 8 м, показано, что на территории части пустынных районов (Устюрт, Северное Приаралье) усиливается рубка древесно-кустарниковой растительности, развивается дефляция, активизирующая эрозию поверхности и склонов (пункт 17 легенды).

Вдоль всего морского побережья процессы засоления перемещаются в сторону только что обсохшей части морского дна (пункт 12), а территории, ранее занятые этим процессом, сменяются обсыханием и дефляцией поверхности типичных солончаков, начинается переход активных солончаков в остаточные (пункт 16), в дельте Сырдарьи и вдоль восточного побережья на обсохшем дне моря развивается дефляция (ветровая эрозия) песков (пункт 19).

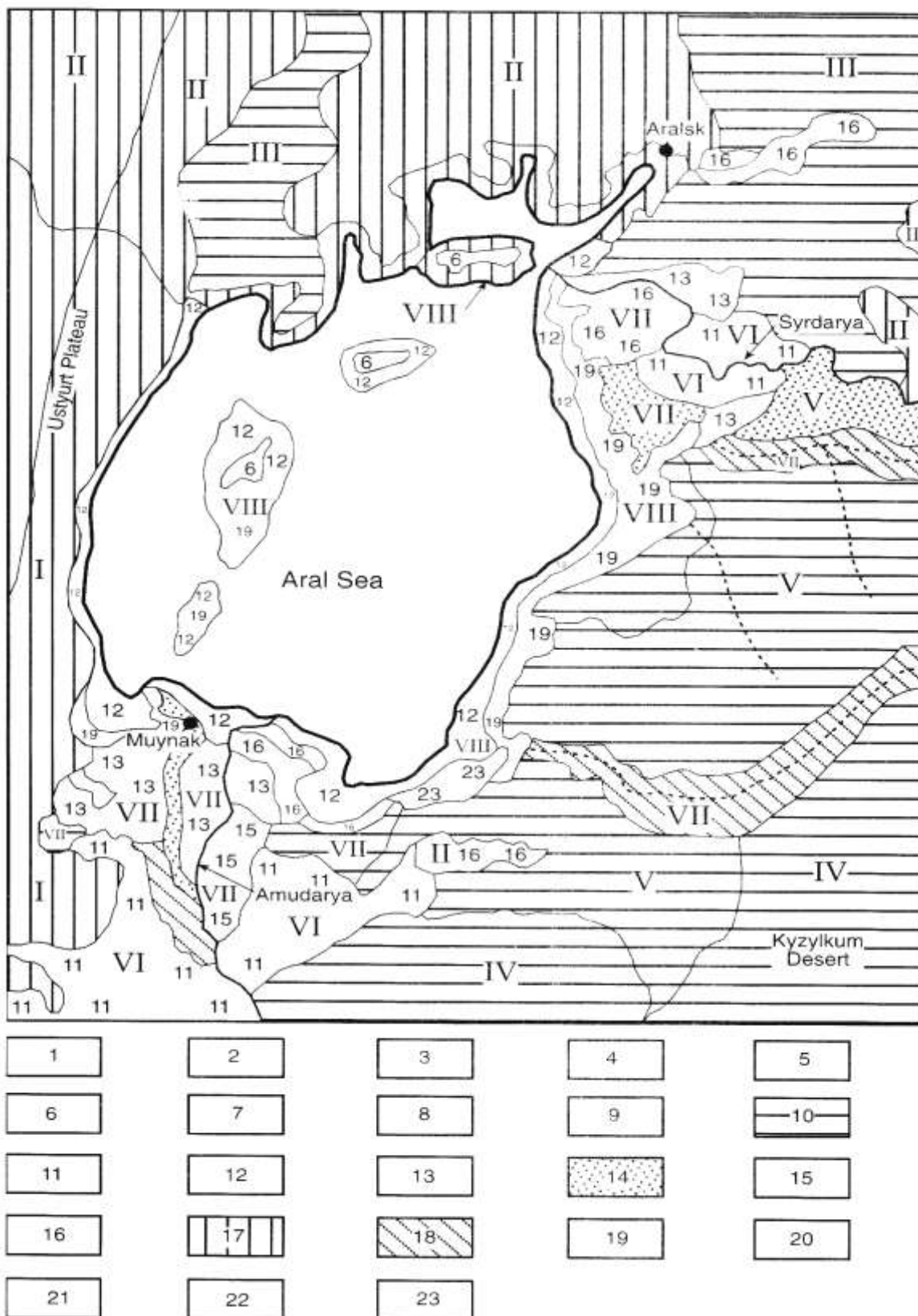


**Рис. 2.** Основные стадии развития опустынивания в Приаралье в 1961-1973 гг. (Rafikov, 1999). *Легенда к рис. 2-5. Процессы:* 1 – обмеление озер, высыхание болот; 2 – снижение уровня грунтовых вод; 3 – медленное высыхание почв из-за заглубления грунтовых вод и понижения уровня Аральского моря; 4 – резкие изменения уровня грунтовых вод и обсыхания почв; 5 – появление песчаных равнин на высохшем морском дне; 6 – без изменений; 7 – зарастание тростником, местами аккумуляция солей; 8 – накопление солей, расширение площадей, занятых лугово-такырными почвами и ксерофитами; 9 – интенсивное накопление солей и расширение площадей, занятых галофитами; 10 – интенсификация техногенной эрозии, дефляция субстрата и вырубка кустарников; 11 – аккумуляция солей на орошаемых землях; 12 – аккумуляция солей на обсыхающем дне моря и озер; 13 – деградация тростниковых пастбищ, аккумуляция солей на днищах обсыхающих озер,

дефляция валов вдоль каналов; 14 – интенсификация эоловых процессов, иссушение поверхности земли; 15 – дефляция песчаных почв, появление эоловых форм рельефа; 16 – обсыхание и дефляция типичных солончаков, переход активных солончаков в остаточные; 17 – рубка древесно-кустарниковой растительности, дефляция и глубокая эрозия склонов; 18 – высыхание древесно-кустарниковых тугаев, расширение за их счет площадей, занятых ксерофитами и галофитами; 19 – дефляция (ветровая эрозия) песков на морском дне; 20 – совместный эффект обводнения в относительно многоводные годы и относительно маловодные; 21 – стабилизация в регулярно и спорадически снабжаемых водой рукавах, деградация тугаев в рукавах без водоснабжения и их периферийных областях, интенсификация эолового процесса, образование такыров; 22 – появление типичных эоловых форм рельефа; 23 – дефляция солей. Природные комплексы в Приаралье: I – плоское плато Устюрт, сложенное с поверхности известняком, песчаником и глиной, занятое сочетанием растительных сообществ, в которых преобладают *Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Salsola gemmascens*, с участием *Haloxylon aphyllum*, на серо-бурых почвах; II – возвышенные равнины, образованные глиной и песчаником, с сообществами *Artemisia semiarida*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia terrae-albae*, *Anabasis salsa*, *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis*, *Atriplex cana*, на бурых, серо-бурых почвах и типичных такырах; III – эоловые песчаные равнины с понижениями, занятыми солончаками и окружающими их сообществами злаков и песчаной полыни по склонам бугристых песков; IV – приподнятые плоские равнины, сложенные известняковыми и песчаными отложениями с *Haloxylon persicum*, *Calligonum* spp., *Haloxylon aphyllum* и эфемерами в депрессиях; V – комплекс холмисто-рядовых песков (образованных из речных отложений) с сообществами *Haloxylon persicum*, *Artemisia terrae-albae*, эфемерами, в сочетании с *Salsola richterii*, *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron* spp., на пустынных песчаных почвах и водорослевых такырах; VI – дельтовые аллювиальные равнины, образованные сочетанием песчаных, глинистых и суглинистых отложений, преобразованные орошением хлопковых и рисовых полей со старыми и недавно орошаемыми луговыми почвами; VII – дельтовые аллювиальные равнины с деградированными тугайными древесно-кустарниковыми и травянистыми растительными сообществами на по-разному засоленных лугово-такырных почвах и типично солончаковых и такырных почвах; VIII – комплексы слегка наклонных глинистых морских равнин с холмистыми барханскими (дюнными) песками, закрепленные сообществами с *Haloxylon aphyllum*, *Salsola richterii*, *Tamarix* spp. и эфемерами, в некоторых местах сохранились остатки солончаков; IX – слегка наклонное суглинисто-глинисто-илистое обсохшее дно моря с однолетними солянками, местами с *Tamarix* spp. и *Halostachys belangeriana* на остаточных и типичных солончаках. **Fig. 2.** Basic stages of desertification development in the Aral Sea Region in 1961-1973 (Rafikov, 1999). Legend to Figures 2-5. Processes: 1 – lakes grow shallowing, bogs drying up; Groundwater level decreases; 2 – soils drying up slowly due to the buried groundwater and the decrease of the Aral Sea level; 3 – groundwater level changes sharply, soils drying up; 4 – sand plains start to form on the dried sea bottom; 5 – no changes; 6 – reed overgrowing, salts start to accumulate at some areas; 7 – salt accumulation, expansion of areas with meadow-takir soils and xerophytes; 8 – intense salt accumulation, expansion of areas with halophytes; 9 – industrial erosion intensifies, deflation of the substrate and bushes cutting take place; 10 – salt accumulation in the irrigated lands; 11 – salt accumulation on the drying sea and lakes bottoms; 12 – degradation of reed pastures, salt accumulation on the drying lakes bottoms, banks deflation along the channels; 13 – aeolian processes intensify, land surface dries up; 14 – sand soils deflation, aeolian forms of relief start to appear; 15 – typical salines drying up and deflating, active salines turn into residual ones; 16 – woods and shrubs cutting, deflation and deep erosion of the slopes; 17 – tugai forests drying up, causing the growth of areas with xerophytes and halophytes; 18 – effect of the watering, carried out in the years of relatively high and low water; 20 – branches that are sporadically and regularly supplied with water start to stabilize, tugai forests degrade in the branches with no water supplement and on their periphery, aeolian process intensifies, takirs start to form; 21 – typical aeolian forms of relief start to appear; 22 – salt deflation. Nature complexes of the Aral Sea Region: I – flat plateau Ustyurt, formed with limestone, sandstone and clay on the surface, with different plant communities with dominating *Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae* and *Salsola gemmascens*, with *Haloxylon aphyllum*, on the grey-brown soils; II – elevated plains, formed with clay and sandstone, with communities of *Artemisia semiarida*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia terrae-albae*, *Anabasis salsa*, *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis* and *Atriplex cana* on the brown and grey-brown soils and typical takirs; III – aeolian sandy plains with depressions, occupied with salines and surrounding communities of cereals and *Artemisia arenaria*, on the slopes of hilly sands; IV – slightly elevated flat plains, formed with limestone and sandy deposits, with *Haloxylon persicum*, *Calligonum* spp., *Haloxylon aphyllum* and ephemerae in depressions; V – complex of hilly-ridgy sands (formed from river deposits) with communities of *Haloxylon persicum*, *Artemisia terrae-albae* and ephemerae, with *Salsola richterii*, *Calligonum aphyllum* and *Ammodendron* spp., on the desert sandy soils and algal takirs; VI – alluvial plains in deltas, formed with sandy, clayey and loamy deposits, reformed with irrigated cotton and rice fields, with old and newly irrigated meadow soils; VII – alluvial plains in deltas, with degraded tugai tree-shrub and herbaceous plant communities on differently salinized meadow-takir soils and typical saline and takir soils; VIII – complexes of slightly sloping clayey sea plains with hilly dune sands, secured with communities of *Haloxylon aphyllum*, *Salsola richterii*, *Tamarix* spp. and ephemerae, the remains of salines can be found in some places; IX – slightly sloping loamy-clayey-silty dried seabed with annual *Salsola*, sometimes with *Tamarix* spp. and *Halostachys belangeriana* on the residual and typical salines.

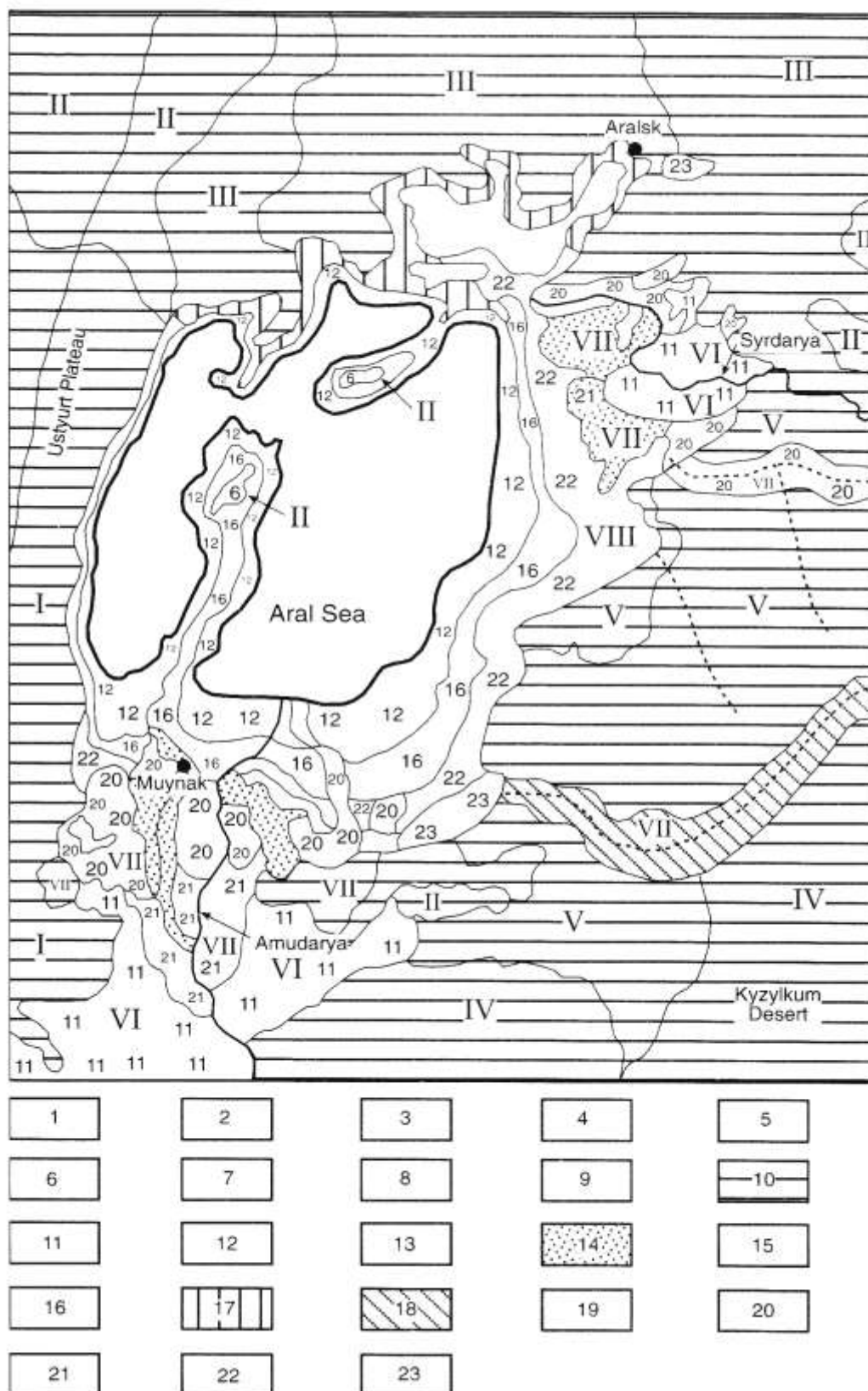


**Рис. 3.** Основные стадии развития опустынивания в Приаралье в 1974-1977 гг. (Rafikov, 1999).  
**Fig. 3.** Main stages of desertification development in the Aral Sea Region in 1974-1977 (Rafikov, 1999).



**Рис. 4.** Основные стадии развития опустынивания в Приаралье в 1978-1982 гг. (Rafikov, 1999).  
**Fig. 4.** Main stages of desertification development in the Aral Sea Region in 1978-1982 (Rafikov, 1999).





**Рис. 5.** Основные стадии развития опустынивания в Приаралье в 1983-1995 гг. (Rafikov, 1999).  
**Fig. 5.** Main stages of desertification development in the Aral Sea Region in 1983-1995 (Rafikov, 1999).

В дельтах рек Амударьи и Сырдарьи большая часть территории охвачена деградацией тростниковых пастбищ, аккумуляцией солей на днищах обсыхающих озер, дефляцией валов вдоль каналов (пункт 13). В восточной части дельты Амударьи развивается дефляция песчаных почв, появление эоловых форм рельефа (пункт 15); в центральной части дельты Сырдарьи происходит обсыхание и дефляция типичных солончаков, переход активных солончаков в остаточные (пункт 16).

На последней схеме (рис. 5) нашло отражение развитие процессов трансформации природных комплексов Приаралья в период 1983-1995 гг., когда в 1989 г. Арал разделился на два водоема и уровень Большого моря упал на 17 м. Развитие процессов опустынивания ландшафтов несколько замедляется. Наиболее активно меняющаяся часть территории – обсыхающее дно, лентой окаймляющее побережье 60-х годов. Здесь четко прослеживается процесс формирования солончаков вдоль уреза воды (пункт 12), затем его сменяют обсыхающие и деградирующие солончаки (пункт 16) и вдоль береговой линии идет полоса формирующихся песчаных пустынь с типичными эоловыми формами рельефа (пункт 22). На большей части территории дельтовых равнин, не освоенных под орошение, происходит деградация тугайной растительности на участках без обводнения и стабилизация произрастания древесных тугаев в регулярно и спорадически снабжаемых водой рукавах. На отшнуровавшихся и обсохших протоках на востоке дельты идут процессы, приближающие природные комплексы к зональным – активизация эолового процесса, образование такыров (пункт 20, рис. 5).

Как видим, приведенные схемы в очень общем виде показывают, какие процессы на какой территории имели место в разные периоды времени. Однако эти схемы могут быть дополнены данными наземных исследований. Так, по данным Н.К. Мамутова (1991), полученным в 1980-1990 гг. на территории дельты Амударьи, общая площадь луговых сообществ составляла около 235 тыс. га, из которых 113780 га использовались под пастбища и 111220 га под сенокосы.

Как видим на рисунках 2-5 и легенде к ним, автор, помимо процессов, выделил категорию единиц «природные комплексы», соответствующие рангу урочищ, – классификационной единице, которая стоит ниже, чем ландшафтный район. Поэтому наименьшие выделенные на схеме природные комплексы могут встречаться в разных ландшафтных районах. Так, контур II (возвышенные равнины, образованные глиной и песчаником, с сообществами *Artemisia semiarida*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia terrae-albae*, *Anabasis salsa*, *Salsola arbuscula*, *Salsola orientalis*, *Atriplex cana*, на бурых, серо-бурых почвах и типичных такырах) занимает большие площади в ландшафтном районе Северное Приаралье и небольшие площади – в ландшафтном районе Южное Приаралье. Также контуры VI и VII присутствуют в обеих дельтах.

Рассмотренная работа дает общее представление о пространственном расположении процессов, протекающих в разных ландшафтных районах Приаралья, и явлений трансформации компонентов экосистем (почв и растительности) в ходе опустынивания: наиболее активных на обсохшей части морского дна и в дельтах рек, где они обусловлены в основном падением уровня моря, прекращением паводковых разливов и заглублением уровня грунтовых вод. В пустынных ландшафтных районах, примыкающих к береговой линии, процессы трансформации среды имеют также деградационный характер, но обусловлены техногенной деятельностью человека. Подобное мнение высказал и А.В. Птичников (1991, 1994), считающий, что снижение продуктивности пустынных пастбищ обусловлено не падением уровня моря, а антропогенными факторами.

Естественная растительность в аридных районах имеет важное хозяйственное значение и обладает огромными ресурсами. Она поедается скотом непосредственно на пастбищах и заготавливается впрок при сенокосении. В исследованиях важно было получить

закономерности изменения растительного покрова в ходе опустынивания ландшафтов и количественные значения показателей, характеризующих изменение их биоразнообразия, видового состава, хозяйственной ценности и занимаемой площади.

Растительность пустынных районов Приаралья пригодна к использованию в качестве пастбищ большую часть года. Их общая площадь составляет более 20 млн. га. Наибольшую площадь (11812.5 тыс. га) занимают пастбища весенне-летне-осеннего использования. Летне-осенние простираются на почти такую же площадь (11784.35 тыс. га): это преимущественно пустынные, луговые и луговые долинные. Круглогодичные пастбища располагаются на песчаных массивах и занимают 8808.75 тыс. га. По данным, приведенным в работе Л.Я. Курочкиной с соавторами (1991), согласно оценке Казгипрозема на 1985 г., валовая урожайность пастбищ составляла, соответственно, в ц/га: саксаулово-эфемеровых – 3.2-5.7, эфемероидно-полынных – 2.2-5.0, бияргуновых – 1.1-7.0, разнотравно-кустарниковых – 1.6-8.7, янтаковых – 4.0-10.0, житняковых – 4.0-7.0, солянковых с тамариксами пастбищ – 2.2-18.0, тростниковых и разнотравно-тростниковых – 18.0-45.0. При кормоемкости пастбищ примерно 180 кормовых единиц/га на пастбищах Приаралья можно содержать как минимум 3.0-5.0 млн. голов скота.

Из-за того что урожайность пастбищ сильно колеблется по годам в основном от нестабильности климатических условий, оценить влияние Аральского моря затруднительно. Деграляция пастбищ может быть обусловлена и недовыпасом, и перевыпасом, и другими прямыми антропогенными воздействиями. Только деграляцию тростниковых пастбищ можно отнести на счет падения уровня моря. По данным Института Казгипрозем (Курочкина и др., 1991), в Приаралье площадь тростниковых зарослей была равна 1750.4 тыс. га, а урожайность – 10-50 ц/га. Таким образом, здесь формировалось до 4 млн. т сена. К 1990 г. эта территория обсохла, а растительность была представлена разреженными солянковыми сообществами с производительностью не более 1-2 ц/га.

В дельтах рек Амударьи и Сырдарьи площадь сенокосов сократилась в 4 раза, саксауловых зарослей – на 100 тыс. га, тростниковых зарослей – с 800 тыс. до 30-50 тыс. га. Погиб уникальный черносаксауловый лес в русле Жанадарьи. Снижение продуктивности пастбищ привело к снижению производства животноводческой продукции (Курочкина и др., 1991).

Наблюдением за растительностью пустынных районов Узбекской части Приаралья (Устюрта и СЗ Кызылкумов) на ключевых участках в течение нескольких десятилетий занимался С.К. Кабулов (1990). Он пришел к выводу о том, что в результате аридизации Приаралья, проявляющейся в усилении эолового поступления солей с обсохшего дна, повышении сухости воздуха и увеличении летних температур, происходит изменение фитоценозов. Оно выражается в снижении жизнестойкости доминантов климаксовых и субклимаксовых сообществ, что может привести к сменам на менее устойчивые сообщества. На Устюрте отмечено (Кабулов, 1990) внедрение в фитоценозы более солевыносливых видов, а в Кызылкумах в песчаных ландшафтах с белосаксаульниками пустынноосоковыми (*Haloxylon persicum*–*Carex physodes*) – снижение возобновления доминантов и внедрение видов, характерных для слабозакрепленных песков. Однако данные, представленные в монографии С.К. Кабулова (1990), не позволяют проследить развитие трансформации растительности во времени и не доказывают, что она обусловлена падением уровня моря, а не локальным изменением гранулометрического состава отложений, засоления, загипсования и обусловленного этим изменения почвенных разностей видового состава растительности.

Исследования, посвященные изучению опустынивания почвенного покрова и животного населения Приаралья как единого целого региона, отсутствуют, но они довольно полно представлены в исследованиях отдельных, более изученных ландшафтных районов и будут рассмотрены далее.

### *Южное Приаралье*

Это наиболее обширный по площади, разнообразный и динамичный ландшафтный район. Здесь проживает около 1.5 млн. населения, поэтому развитие процессов трансформации природных комплексов и их компонентов в связи с Аральской проблемой изучено здесь более детально.

Одно из первых ландшафтных исследований, посвященных динамике природных условий северной части Южного Приаралья и обсохшей части дна моря, было выполнено Приаральской экспедицией Отдела географии АН УзССР в 1977-1979 гг. Ее результаты опубликованы в монографии А.А. Рафикова и Г.Ф. Тетюхина (1981). Это исследование проводилось в тот период, когда уровень моря снизился только на 7 м и прибрежные территории обсохли на 100-200 м от береговой линии 1960-х годов. Тем не менее, авторы поняли суть происходящего и четко обосновали свою позицию. По их мнению, в Южном Приаралье началась коренная перестройка гео- и экосистем, а трансформацию природных комплексов следует оценивать как опустынивание, аридизацию. «Гидроморфные комплексы приобретают полугидроморфные и автоморфные черты, всюду появляются засоленность почво-грунтов, минерализованность грунтовых вод, широкое распространение зауго- и солеустойчивых растительных сообществ, доминирование ветроэрозионных процессов и процессов соленакопления, эоловые песчаные формы рельефа и т.д. ... может происходить ... прогрессивное рассоление...» (Рафиков, Тетюхин, 1981, с. 4). Данное мнение можно распространить и на территорию всего Приаралья.

Монография А.А. Рафикова и Г.Ф. Тетюхина (1981) представляет собой фундаментальное научное исследование по проблеме антропогенно обусловленной аридизации (опустынивания) природных комплексов ландшафтов дельтовых равнин. В ней содержится подробная пространственно-временная информация о компонентах природной среды северной части Южного Приаралья и их изменении в результате развития естественных природных процессов; рассмотрены современные природные комплексы и тенденции их развития в условиях изменения гидрологического режима дельты Амударьи; дан прогноз трансформации на некоторую перспективу; рассмотрены природные комплексы на обсохшей к 1979 г. территории дна (авандельты) и тенденции их развития. Полученные результаты дали основание авторам для разработки физико-географических основ проектирования мелиоративных мероприятий по предотвращению неблагоприятных процессов и явлений.

Ценность данной монографии заключается в том, что она дает характеристику состояния природной среды и компонентов природных комплексов в начальный период развития кризиса с детальными количественными значениями показателей, основанными на анализах проб, отобранных в ходе полевых работ. Особо пристальное внимание уделяется процессам трансформации природных комплексов и их пространственному распределению. В текст помимо таблиц и схем развития включено большое количество картографических материалов, отражающих пространственную структуру распределения описанных компонентов и их комплексов (ландшафтных единиц), что открывает возможность изучения их дальнейшей эволюции на основании материалов дистанционного зондирования. Следует отметить и особую научную значимость для обоснования прогнозирования. В этой работе не названо, но подтверждено основное положение теории литоморфопедогенеза в отношении отличия путей эволюции природных комплексов на прирусловых валах и межрусловых понижениях речных дельт.

Авторы придерживаются мнения, что причина развития Аральского кризиса – сокращение речного стока, поступающего в дельту Амударьи, и изменение его распределения на территории дельты. Все процессы, приводящие к трансформации природных комплексов, – это формы проявления опустынивания.

В рассматриваемой монографии обращается внимание на то, что Аральское море имеет большое значение для формирования природной среды и разнообразных ресурсов, используемых человеком в Приаралье. Произошедшее снижение уровня моря до отметки 46 м н.у.м. БС (на 7 м) уже негативно сказывается на жизнедеятельности населения, а полное обсыхание станет большим бедствием не только для северных районов Каракалпакии, но и для всего Приаралья.

*Трансформация речного стока.* Режим водного и взвешенного стока реки Амударьи определяет ландшафтную структуру, ее эволюцию, богатство и разнообразие водных и наземных экосистем. Основные экологические факторы и режимы, непосредственно определяющие формирование условий среды биотопов, – колебания длительности и высоты ежегодного заливания, аллювиальные процессы, гидрохимический режим и физические свойства речной воды. Гидрология Амударьи хорошо изучена, ее изменение охарактеризовано в работах многих исследователей (Лопатин и др., 1958; Рогов, 1957; Рогов и др., 1968; Ешимбаев, 1975). До зарегулирования стока (1931-1962 гг.) на гидропосту Чатлы (близ г. Нукус) среднемноголетнее значение его объема составляло 47.6 км<sup>3</sup>. В этот период режим реки в основном зависел от процессов, протекающих в области формирования стока за счет таяния снега и ледников, и максимум расходов воды в дельте приходился на июль-август. В октябре наступал меженный период с предвесенним минимумом. Среднемноголетнее значение минерализации воды составляло 0.47 г/л. В дельтовых отложениях ежегодно оставалось до 2 млн. т. солей, но основным приемником солей, приносимых Амударьей и Сырдарьей, оставалось Аральское море (Ковда, 1947). Сокращение речного стока происходило достаточно быстро: в период 1958-1969 гг. уже к 1977 г. на гидропосту Темирбай он снизился с 38.9 до 7.2 км<sup>3</sup>.

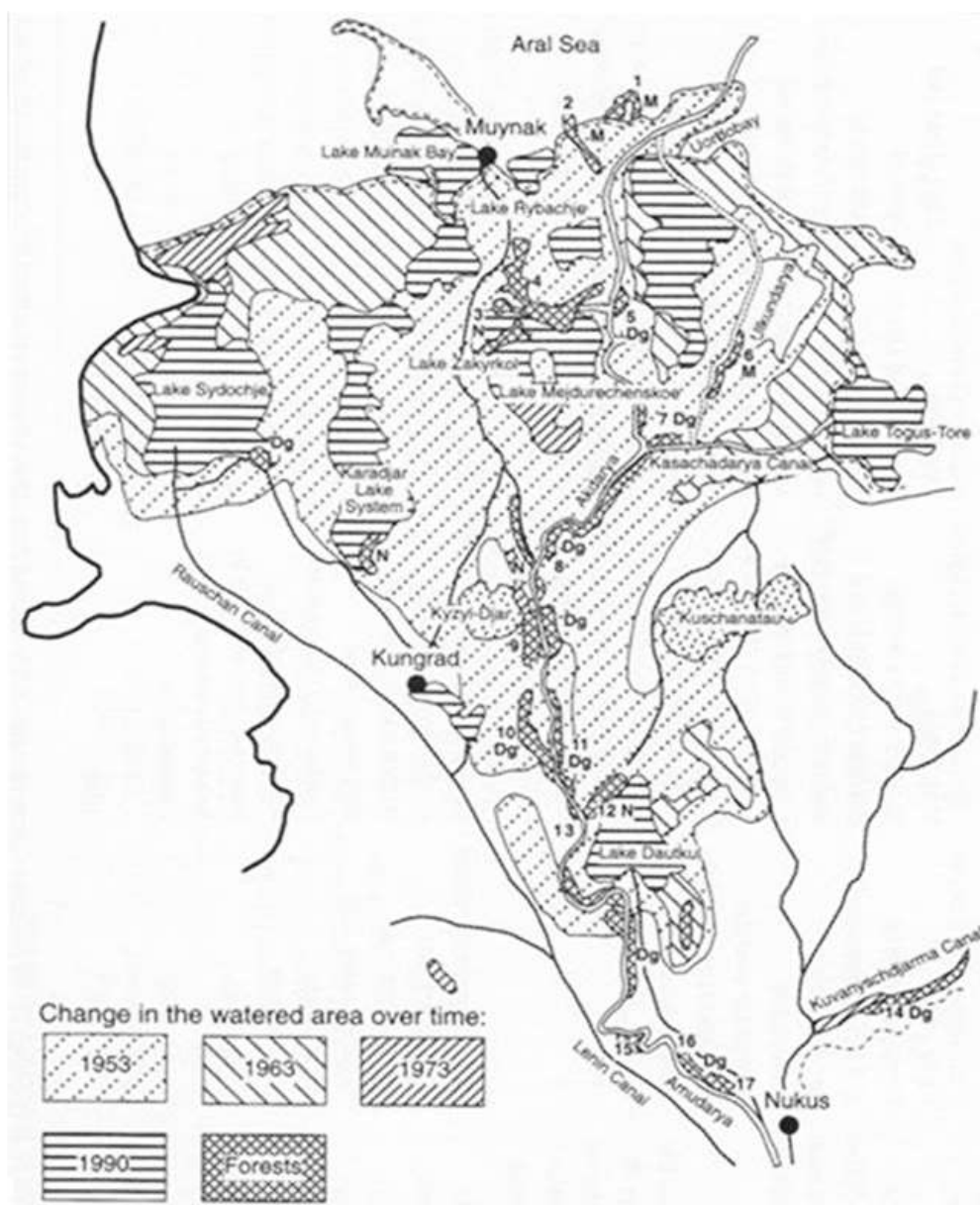
Стремительное снижение уровня моря, начавшееся в 1960-е годы, способствовало заглоблению русловой сети в дельтах. Это, в свою очередь, обусловило дренирование обширных плавней и озерных систем на территории дельт. Обсыхание дельты началось гораздо раньше, чем резкое падение уровня моря (рис. 6). К 1953 году в субаэральный этап развития вступили обширные участки дельты вдоль основного русла Амударьи и трех ее рукавов – Кипчакдарьи, Акдарьи и Улькундарьи. В следующее десятилетие к 1963 г. обсохли меньшие по площади участки, обрамляющие наиболее возвышенные участки прирусловых равнин. С 1964 г. началось высыхание озер, и к 1972 г. они обсохли на площади 260 км<sup>2</sup> (Никитин, Бондарь, 1975). Далее обсохли наиболее заглобленные участки дельты – занятые обширными озерно-плавневыми системами.

*Стадии опустынивания неосвоенной части дельты Амударьи.* Сопоставление обсыхания дельты Амударьи по годам на рисунке 6 с данными авторских маршрутных полевых наблюдений, проводившихся практически ежегодно вдоль автомагистрали Нукус-Кунград-Муйнак в период 1979-2001 гг., позволило выделить ряд стадий, которые прошел участок этой возвышенной прирусловой равнины, обсохшей к 1953 г. (рис. 7).

Рисунок 7 демонстрирует последовательную смену во времени ландшафтных условий на одном элементе дельтового рельефа – прирусловой возвышенной равнине. С другой стороны, рисунок демонстрирует ландшафтный эколого-генетический ряд, характерный для этого элемента рельефа в процессе опустынивания. Натурные наблюдения, проведенные в 2017 г., показывают, что процесс опустынивания данной территории еще не завершен. Расселение терескена и черного саксаула на остальную часть этой равнины продолжается, но еще не вышло за границы ландшафтного контура, а в дальнейшем должно происходить усложнение видового состава сообщества за счет внедрения пустынных видов.

В ходе опустынивания территории дельты важную экологическую роль играют глубина залегания уровня грунтовых вод и скорость их падения. Залегание уровня грунтовых вод на глубине до 3 м обуславливает выпотный режим почв и засоление поверхностных горизонтов

почвогрунтов. Быстрое заглубление уровня грунтовых вод ниже 3 м предотвращает развитие солончакового процесса. Эти два показателя находятся в тесной зависимости от источника питания.



**Рис. 6.** Изменение обводненности дельты Амударьи в период с 1953 по 1990 гг. (Novikova, 1999). *Условные обозначения.* Наиболее значимые протоки и лесные массивы вдоль них: 1 – Уордобай, 2 – Архантай, Инженерузяк; 3 – Закирколь, 4 – Шеге, 5 – Ворошилов, 6 – Улькун, 7 – Казахдарья, 8 – Аспантай, 9 – Кызылджар, 10 – Сайят, 11 – Порлытау, 12 – Еркин, 13 – Наймантюбе, 14 – Нурумтубек, 15 – Хатеп, 16 – Шортамбай, 17 – Самамбай. Состояние массивов: N – нормальное, Dg – деградирует, M – погибает. **Fig. 6.** Changes in the water content of the Amu Darya Delta in 1953-1990 (Novikova, 1999). *Legend.* The most significant channels and woodlands along them: 1 – Wardobai, 2 – Arhantai, Guzyak; 3 – Zakirkol, 4 – Shege, 5 – Voroshilov, 6 – Ulkun, 7 – Kazakhdarya, 8 – Aspantai, 9 – Kyzyljar, 10 – Sayat, 11 – Porlytau, 12 – Erkin, 13 – Naimantyube, 14 – Nurumtubek, 15 – Hater, 16 – Shortambai, 17 – Samambai. The state of the massifs: N – normal, Dg – degraded, M – dying.

| Годы         | Фото  | Стадия опустынивания  |
|--------------|---|---|
| 1953-1963    | –   | Обсыхание плавней   |
| 1963-1973    |    | <b>Луговая</b><br>К северу и югу от г. Кунград. Распространение сообществ с доминированием <i>Aeluropus littoralis</i> и <i>Tamarix</i> spp.  |
| 1973-1985    |    | <b>Солончаковая</b><br>Засоление нижних участков склонов прирусловых валов и днищ обсохших озерных депрессий.   |
| 1985         |   | <b>Начало деградации солончаков и развитие отакыривания</b> (грунтовые воды на глубине более 3 м) индикатор – <i>Salsola dendroides</i> (солянка древовидная).  |
| 1993         |  | <b>Начало вселения пустынных видов растений</b> на участках прирусловых равнин к югу от г. Кунград. Индикатор – <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (терескен), низкорослый кустарник с серебристыми листьями.  |
| 1993-2017    |  | <b>Начало распространения черного саксаула</b> – <i>Haloxylon aphyllum</i> на нарушенных участках по обочинам вдоль дорог к югу от г. Муйнак, 2017 г. – распространение саксаула вдоль дороги вплоть до г. Кунграда и на прилегающие пустошные равнины с отакырненными солончаками. |
| 2017 и далее | –   | <b>Формирование растительных сообществ</b> пустынного типа.   |

**Рис. 7.** Стадии опустынивания природных комплексов в дельте Амударьи в период 1961-1993 гг. (фото Н.М. Новиковой, 2017). **Fig. 7.** Stages of desertification of natural complexes in the Amu Darya Delta in 1961-1993 (photo by N.M. Novikova, 2017).



По данным А.А. Рафикова и Г.Ф. Тетюхина (1981), вблизи озер, болот и рек они снижаются на глубину до 3 м на расстоянии до 1.5 км от берега. Влияние ирригационных систем распространяется на расстояние не более 1 км. Минерализация грунтовых вод в дельте пестрая и зависит от многих факторов.

Как видим, причиной опустынивания территории в неосвоенной части дельты является уменьшение влагообеспеченности, обусловленное цепью последовательных изменений *водного фактора*: сокращения притока речной воды к дельте, прекращения паводковых разливов, высыхания мелководных плавней и обсыхания внутридельтовых водоемов, падения уровня грунтовых вод, падения уровня моря – базиса эрозии поверхностных и подземных вод. Это демонстрируется во всех работах исследователей, посвященных гидрологии дельты.

*Изменение гидрографической сети.* Сокращение обводнения дельты Амударьи и прекращение паводковых разливов способствовало переформированию гидрографической сети в 1970-х годах – сосредоточению стока в основном русле и его спрямлению. Поэтому к северу от г. Нукус речной сток сосредоточился в протоке Амударьи, а к северу от г. Кунград протока Кипчак, по которой до 1958 г. сохранялось движение пароходов из Аральского моря (Бахиев и др., 1977), отмерла и сток к морю переключился в протоку Акдарья и далее шел на сформированной в 70-х годах молодой дельте выдвигаясь по протокам Инженерузьяк, Аккай и Уордобай. Маловодье 1971-1979 гг. способствовало пересыханию большей части внутридельтовых озер. Уровень моря к 1978 г. упал до 47.12 м н.у.м. БС, т.е. примерно на 6 м. Происходило врезывание основного русла и на гидропосту Темирбай (близ устья), уровень снизился на 2.5 м.

Освобождение участков плодородной суши дало импульс к ее освоению. Общая орошаемая площадь с 1953 по 1976 гг. в КК АССР увеличилась с 164.1 до 261.4 тыс. га. Вместе с тем с 1968 по 1976 гг. на 2201 млн. м<sup>3</sup> увеличился и водозабор внутри дельты (Рафиков, Тетюхин, 1981). Соответственно, естественная гидрографическая сеть изменилась (рис. 8): появилась система каналов, подающих воду на поля и коллекторов, отводящих воды дренажного стока. Каналы заканчиваются вблизи орошаемых массивов, коллекторы – на берегу моря. В то же время судоходство по руслам дельты Амударьи прекратилось в начале 1974 г., и с тех пор основными видами транспорта стали автомобильный и железнодорожный (Акрамов, Рафиков, 1989).

Непостоянство притока речных вод к дельте и обсыхание естественных водоемов поставили задачу управления водными ресурсами пресной воды, притекающей в дельту, и стали причиной постоянной реконструкции гидрографической сети для ее удержания на территории дельты. Первые плотины были земляными и недолговечными. По данным А.А. Рафикова и Г.Ф. Тетюхина (1981), в 1968 г. в районе пос. Байгужа русло Амударьи было перекрыто и за 20 дней было обводнено более 50 тыс. га пастбищ. В 1971-1972 гг. в районе возвышенности Кызылжар созданная земляная перемычка позволила обводнить более 100 тыс. га пастбищ. Однако эти мероприятия не решали проблему обводнения дельты, а только создавали дополнительные: длительное затопление и разрушение дорог с асфальтовым покрытием нарушали автотранспортную связь.

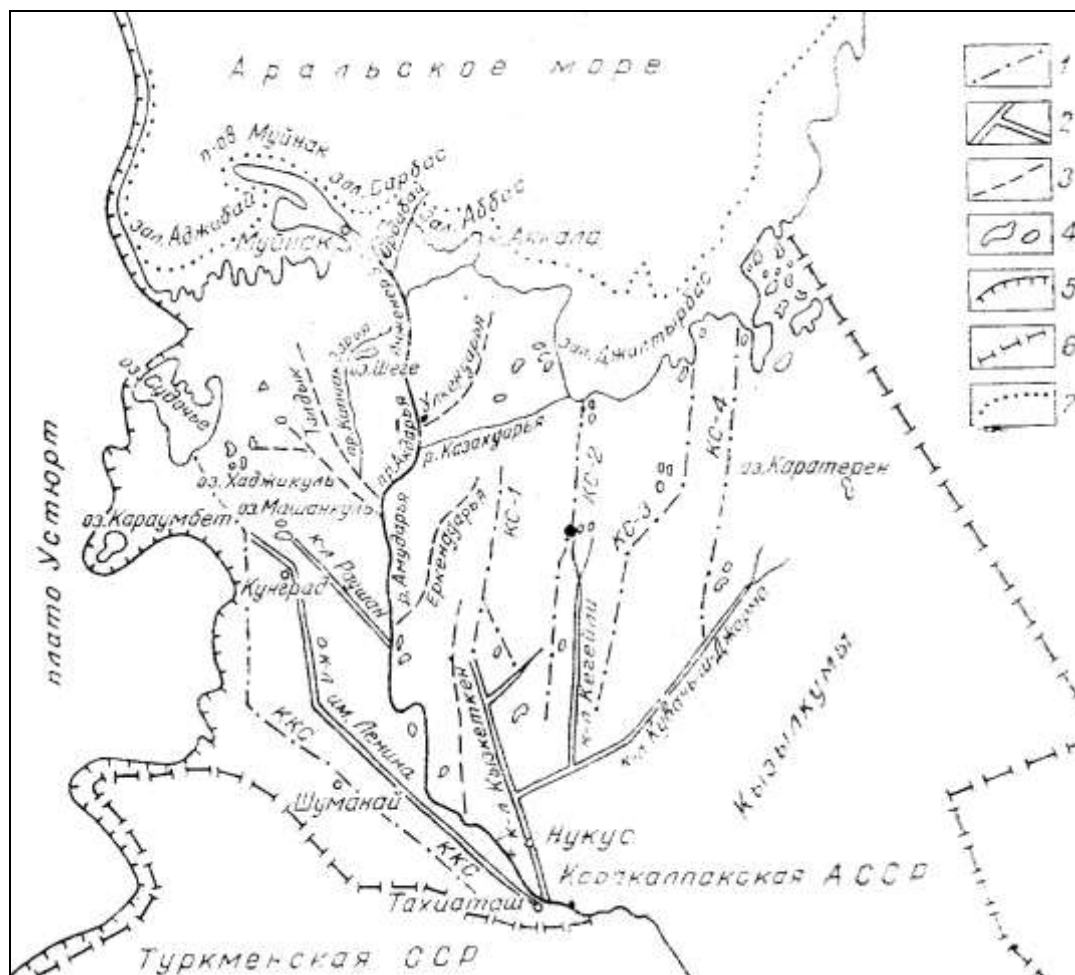
Для Каракалпакии чрезвычайно важным событием явилась разработка и осуществление проекта создания единой гидротехнической системы в дельте на основе речных амударьинских вод, включающей обводнительные и дренажные каналы, польдеры в бывших озерах и морских заливах (рис. 9А) и создание долговечных инженерных гидротехнических сооружений.

В 2000-2003 гг. (рис. 9А) были уточнены объемы воды, необходимой для экологического поддержания экологически устойчивого профиля дельты реки Амударьи и подпитки озерных систем: для многоводных лет требуется 8 км<sup>3</sup> воды, для среднего года – 4.6 км<sup>3</sup>, для маловодных лет, чтобы сохранить экологическую стабильность в дельте, – как минимум 3.5 км<sup>3</sup> (Аральское море ..., 2015). Однако на космическом снимке (рис. 9Б) видно, что все



указанные водоемы функционируют, но в отличие от запланированной схемы в море уходит сразу несколько водотоков из Муйнакского, Думалакского и Джилтырбасского водоемов, что, видимо, не очень рационально. Планировалась, исходя из расчета, что подача воды в дельту Амударьи будет составлять около  $8 \text{ км}^3/\text{год}$ , в дельту Сырдарьи –  $6 \text{ км}^3/\text{год}$ .

В этом проекте была учтена и сильная межсезонная и разногодичная изменчивость стока реки (рис. 10). Действительно, наполнение водой искусственных водоемов и общие запасы воды в озерах дельты сильно отличаются по годам (табл. 2).

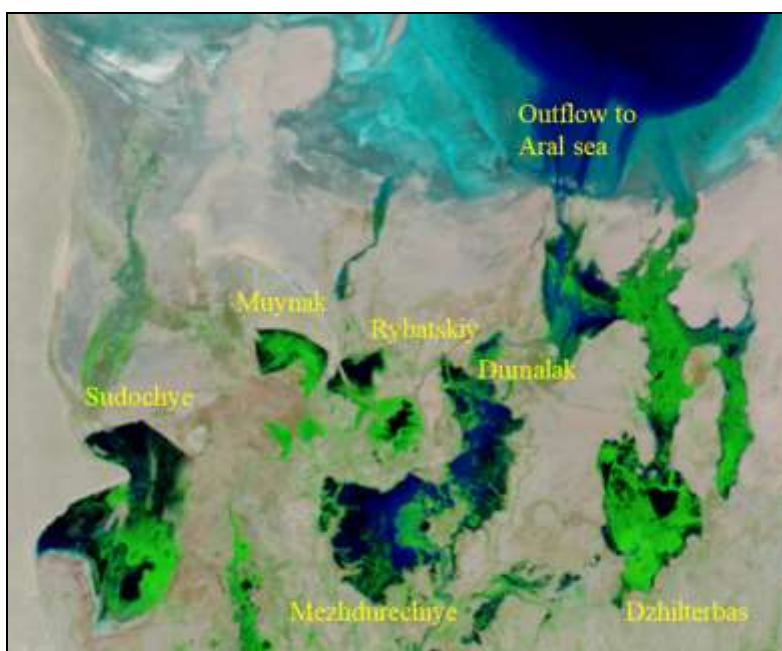


**Рис. 8.** Схема гидрографической сети дельты Амударьи в 1978 г. (Рафиков, Тетюхин, 1981). Условные обозначения: 1 – коллекторы, 2 – каналы, 3 – сухие русла протоков, 4 – озера, 5 – возвышенности, 6 – границы административных районов, 7 – береговая линия Аральского моря в 1978 г. **Fig. 8.** Scheme of the hydrographic network of the Amu Darya Delta in 1978 (Рафиков, Тетюхин, 1981). *Legend:* 1 – collectors, 2 – channels, 3 – dry riverbeds of the channels, 4 – lakes, 5 – hills, 6 – borders of administrative districts, 7 – coastline of the Aral Sea.

Наблюдения за заполнением искусственных водоемов (табл. 2; Духовный, 2019) показывают, что оно нестабильно и обусловлено нестабильностью притока речной воды к дельте из-за разной водности лет. Кроме того, комплекс сооружений дельты выполнен только частично, не созданы отдельные намеченные регулирующие мощности Междуреченского водохранилища из-за заполнения его наносами, и самое важное – Нижне-Амударьинское бассейновое управление не осуществляет регулирование подачи воды в дельте в соответствии с проектом.

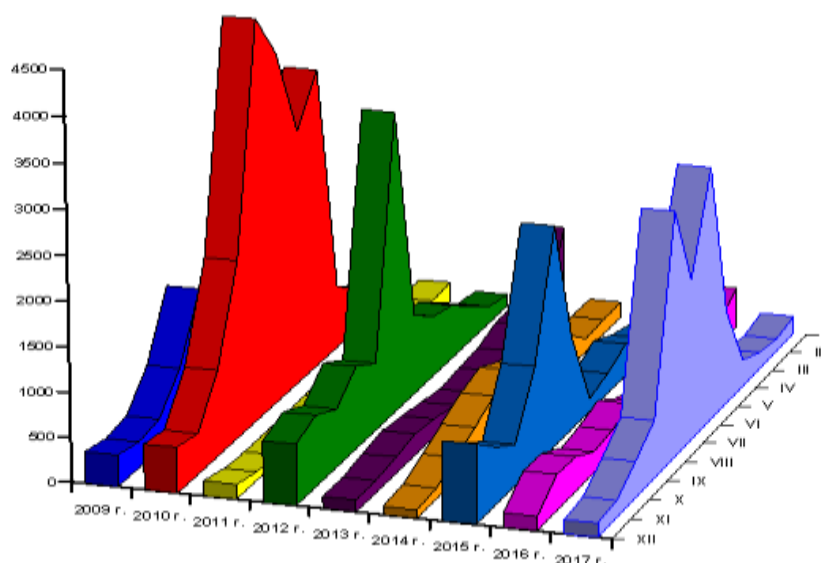


А



Б

**Рис. 9.** Искусственные водоемы в дельте Амударьи: А – на схеме гидротехнического обустройства (Духовный, 2019), Б – на космическом снимке Модис, 22 июня 2003 г. **Fig. 9.** Artificial reservoirs in the Amu Darya Delta: А – on the scheme of hydraulic engineering arrangement (Духовный, 2019), Б – on the Modis satellite image, June 22, 2003.



**Рис. 10.** Объем воды, подаваемой в дельту Амударьи в течение года в годы разной водности (Духовный, 2019). **Fig. 10.** The annual volume of water supplied to the Amu Darya Delta during the years with different water content (Духовный, 2019).

**Таблица 2.** Площади обводняемых внутридельтовых озерных понижений и бывших морских заливов в дельте Амударьи 2010-2019 гг., га (Духовный, 2019). **Table 2.** Areas of the flooded lake depressions and former sea bays in the Amu Darya Delta in 2010-2019, ha (Духовный, 2019).

| Водоем         | 2010<br>август | 2011<br>август | 2012<br>сентябрь | 2013<br>август | 2014<br>август | 2015<br>август | 2016<br>август | 2017<br>август | 2018<br>апрель | 2019<br>май |
|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| Судочье        | 60072          | 62931          | 32810.1          | 56981          | 53292.3        | 57481          | 50379          | 52197          | 47594          | 57749       |
| Междуреченск   | 22720          | 37319          | 22068            | 33195          | 32934          | 15393          | 29521          | 26987          | 29012          | 33530       |
| Рыбачье        | 7635           | 7867           | 5895             | 8426           | 8161           | 7871           | 8250           | 8058           | 7523           | 9221        |
| Муйнакское     | 14879          | 14764          | 8999             | 13254          | 12409          | 12802          | 14857          | 15021          | 14845          | 15828       |
| Джилтырбас*    | 40327          | 41161          | 43847            | 41792          | 40947          | 38713          | 41225          | 41639          | 41227          | 41974       |
| Джилтырбас**   | 96183          | 98881          | 66551            | 109837         | 20922          | 57477          | 98383          | 97838          | 97249          | 98151       |
| Думалак        | 16825          | 23795          | 6212             | 17924          | 13247          | 15780          | 15900          | 15171          | 15780          | 16014       |
| Макпалколь     | 6777           | 7389           | 5217             | 7017           | 7454           | 5978           | 7395           | 7652           | 1244           | 7332        |
| Машан-Караджар | 26612          | 26565          | 11361            | 27404          | 9932           | 27607          | 26605          | 26706          | 23891          | 26684       |
| Муйнак***      | 10063          | 9605           | 3407             | 9886           | 9585           | 9914           | 96052          | 9605           | 8806           | 9605        |
| Казахдарья     | 6583           | 10840          | 2085             | 2867           | 1978           | 4112           | 4746           | 4483           | 4730           | 4752        |
| Закирколь      | 1817           | 2807           | 783              | 1468           | 1577           | 1271           | 2463           | 2415           | 2605           | 2710        |
| ИТОГО          | 310498         | 343922         | 209235           | 330051         | 212438         | 254398         | 309327         | 307770         | 294506         | 309193      |

**Примечания к таблице 2:** \* – ограниченный дамбой; \*\* – вместе с левой и правой протокой; \*\*\* – водоем южнее поселка Муйнак; красным цветом выделены максимальные значения.  
**Notes to Table 2:** \* – fenced with a dam; \*\* – with the left and right branches; \*\*\* – a reservoir south of the Muynak Village; red marks the maximum values.

Подача воды в дельту осуществляется не только из реки, но и по коллекторам КС-1, КС-3, КС-4, Акчадарья (правобережный), ККС и Устюрт, а также из последнего в озеро Машанкуль. Система правобережного коллектора берет начало от Берунийского и, следуя Главным Южным Каракалпакским коллекторам, попадает в коллектор Акчадарья, и через

коллектор Жанадарья вода поступает в восточную часть Большого Аральского моря. Огромная и густая сеть коллекторов, построенных на территории южной Каракалпакии, решает задачу отвода возвратных коллекторных вод за пределы орошаемых земель. При этом многие ранее существующие пресноводные озера, такие как Судочье, Каратерень, Джилтырбас и ряд других, стали водоприемниками сбросных коллекторных вод, а этих озер в беспроточном режиме привела к повышению минерализации воды и потере их рыбопродуктивности (Аральское море ..., 2015).

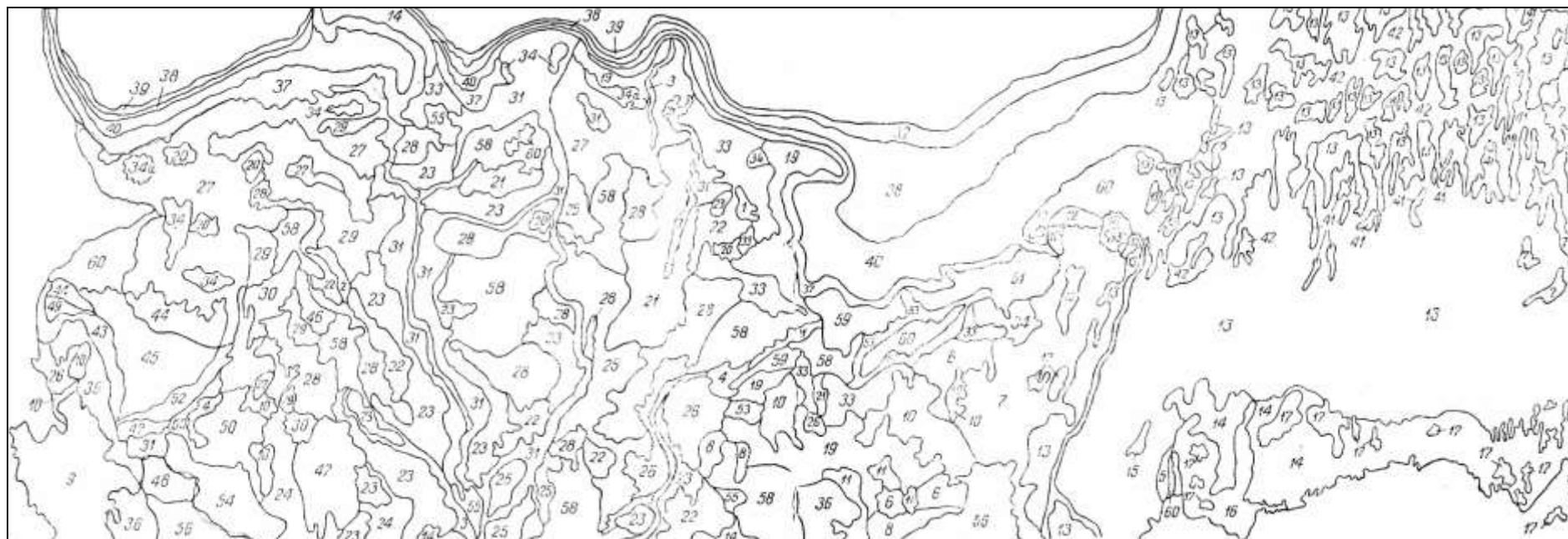
Отметим еще два важных положительных момента создания гидротехнической системы в дельте Амударьи для гидрографии и экологии: 1) вся вода, притекающая к северному краю дельты, собирается вместе и направляется к Большому морю в размере около 5 км<sup>3</sup> в год при среднем притоке к дельте около 8 км<sup>3</sup> в год; 2) благодаря плотинам внутри дельты базис эрозии не снижается вслед за падением уровня Большого моря, что предотвращает дальнейшее врезывание русел и иссушение территорий.

*Динамика ландшафтов.* Ландшафты Южного Приаралья созданы благодаря геологической деятельности речного стока, и их формирование и структура зависят от процессов поемности и аллювиальности. В дельтах основные формы пойменного рельефа (прирусловые валы, их склоны и межрусловые понижения) четко связаны с определенной структурой отложений, гранулометрическим составом, почвами, растительностью и водно-солевым режимом, изменяющимися в процессе эволюции пойм и дельт. В работах, посвященных ландшафтам дельты Амударьи (Рафиков, Тетюхин, 1981; Акрамов, Рафиков, 1990; Попов, 1990; Птичников, Сабуров, 1990), отмечается, что для территории дельты Амударьи характерна слабая расчлененность, незначительный уклон поверхности в сторону моря (0.0001-0.0002), что затрудняет выделение границ природных комплексов на местности. При их картографировании для выделения морфологических единиц ландшафтов как раз используются литолого-геоморфологические характеристики как наиболее стабильные и слабо меняющиеся в ходе эволюции при опустынивании. Остальные компоненты ландшафта более динамичны, но могут использоваться для характеристики отдельных стадий процесса опустынивания.

В работе А.А. Рафикова и Г.Ф. Тетюхина (1981) выделяется ведущая роль гранулометрического состава отложений в формировании условий среды и режимов. По мнению авторов, именно он во многом определяет степень дренированности грунтов, почвенный покров и его физико-химические свойства, растительность и эволюцию всего природного комплекса конкретного геоморфологического элемента. В данной работе выделяются и исследуются два основных геоморфологических элемента: бессточные озерные впадины и водораздельные равнины, развитые преимущественно на западе дельты. Впадины сложены глинисто-суглинистыми, а водоразделы – песчано-супесчано-суглинистыми отложениями. В восточной части дельты преобладают бессточные суглинисто-глинистые понижения, занятые солончаками и песчаные отложения возвышенных равнин с эоловым рельефом. Рассматривая эволюционный ряд развития пойменных ландшафтов от начальных стадий к зональным пустынным, авторы выделяют 3 стадии водного режима: автоморфную, полугидроморфную и автоморфную. Следует обратить внимание, что в этой и во всех последующих работах засоление не выделяется в качестве обязательной стадии развития. Используя литолого-геоморфологический принцип выделения ландшафтных единиц и стадийность эволюционного развития, авторы разработали картосхему природно-территориальных комплексов в среднем масштабе (предположительно, М 1:500000) на северную часть Южного Приаралья, включая и обсохшее дно моря к 1978 г. (рис. 11).

Эта карта – важный научный документ для анализа эволюции природных комплексов Амударьи в ходе их опустынивания. Не менее важны и теоретические представления авторов, проявившиеся при разработке единиц классификации для легенды к Карте ландшафтов Южного Приаралья.





**Рис. 11.** Природно-территориальные комплексы северной части Южного Приаралья (Рафиков, Тетюхин, 1981). **Fig. 11.** Natural-territorial complexes of the northern part of the South Aral Sea Region (Рафиков, Тетюхин, 1981). *Условные обозначения. Автоморфные природно-территориальные комплексы.* Низменные равнины: **аллювиальные** плоские, суглинисто-супесчаные с тамариксами и карабарком на остаточных типичных солончаках – 1; слабодельчатые супесчано-суглинистые и песчаные с карабарком, тамариксами и караганой на остаточных мокрых солончаках – 2; слабодельчатые, расчлененные суглинисто-супесчано-песчаные с древесно-кустарниковыми опустыненными тугаями на лугово-пустынных и песчано-пустынных почвах – 3; **эоловые на аллювиальных отложениях**, грядово-ячеистые и бугристые, супесчано-песчаные с черкезом и жузгуном на пустынных песчаных почвах – 4; **озерные** вогнутые суглинистые 5 с тамариксами и разнотравьем на пустынных песчаных почвах; **аллювиальные плоские** глинистые гребенщикувые карабарачники на остаточных типичных солончаках – 6, 8, на такырных почвах – 18; супесчано-суглинистые и глинистые разнотравные тамарисчатники на песчаных пустынных почвах – 7; пологие черносаксаульковые гребенщикувые на остаточных типичных солончаках – 9, на пухлых солончаках – 10. **Возвышенные эоловые равнины на аллювиальных отложениях** бугристые суглинисто-песчаные и грядово-ячеистые супесчано-песчаные черкезовые жузгунники с илаком на пустынных песчаных почвах – 11, 12; **на плиоцено-четвертичном основании** ячеисто-грядовые, котловинно-грядовые и грядово-бугристые жузгуновы белосаксаульники в сочетании с солянковыми черносаксаульниками на пустынных песчаных почвах – 13, 15; денудационные глинисто-песчаниковые возвышенности **структурные** кейреукувые на серо-бурых почвах – 16; **эоловые на структурно-денудационном основании** бугристые и грядово-бугристые – разреженные биюргуновы черносаксаульники с солянками на такыровидных и серо-бурых почвах – 14, 17. **Полугидроморфные природно-территориальные комплексы.** Низинные равнины **морские слабодельчатые** глинисто-суглинисто-песчаные с разреженными солянковыми тамарисчатниками на мокрых солончаках в сочетании с черными и типичными – 19; **озерные вогнутые** иловато-суглинисто-глинистые с тростниками на луговых остаточных болотных почвах – 20; **аллювиальные плоские** суглинисто-глинистые солянково-тамарисковые

на лугово-такырных почвах – 21, на лугово-такырных остаточно-болотных почвах с тростниками и солянками – 27, с солянками, тростниками и тамариксами – 28; **аллювиальные плоские расчлененные** суглинисто-супесчаные с тамариксами на лугово-такырных почвах с пятнами типичных солончаков – 23, с солянковыми тамариксами и карабараком на остаточно-болотных почвах – 29; супесчано-песчаные тростниковые и ажрековые тамариксы на лугово-такырных почвах – 25, разнотравные тамариксы на лугово-такырных почвах в комплексе с лугово-такырными остаточно-болотными – 30; **слабопологие расчлененные** суглинисто-супесчано-песчаные солянковые тамарисчатники на лугово-такырных почвах – 22, на лугово-такырных почвах с пятнами типичных солончаков – 24, с кустарниково-древесными тугаями на лугово-такырных тугайных почвах в комплексе с лугово-пустынными – 31, карабарачниковые тамарисчатники на лугово-такырных почвах в сочетании с типичными солончаками – 32. Низменные равнины плоские суглинисто-супесчаные с разнотравными тамарисчатниками на лугово-такырных почвах и карабарачники на типичных солончаках – 26. Гидроморфные природно-территориальные комплексы. Низинные равнины **морские плоские** глинистые с разреженными тамариковыми карабарачниками на типичных солончаках – 33; **морские слабопологие** иловато-песчаные с разреженными солянковыми тамарисчатниками с тростником на пухлых солончаках – 37, песчано-иловатые с солеросом и сарсазаном на корковых и луговых солончаках – 38, с разреженными солеросниками на маршевых луговых солончаках – 39; иловато-песчано-суглинистые с солеросниками и солянками на типичных солончаках – 40; **морские слабопологие расчлененные** глинисто-суглинистые супесчаные с солеросниками и солянками на типичных солончаках – 41, разреженными солянковыми и сарсазановыми тамарисчатниками на луговых и корковых – 42. Низинные равнины **озерные плоские** иловато-суглинисто-глинистые с разреженными тамариковыми карабарачниками на типичных солончаках – 34, с разреженными карабарачниками на черных солончаках – 44, с солянковыми карабарачниками на луговых солончаках – 45, с разреженным солянковым тростником на луговых солончаках – 49, с карабариковыми тамарисчатниками на корковых солончаках – 51; **аллювиальные плоские** суглинисто-глинистые с разреженными карабарачниками на корковых солончаках – 43, с карабариковыми тамарисчатниками на корковых солончаках – 52, солянковыми тростниками на мокрых и луговых солончаках – 53, с орошаемыми землями на луговых почвах – 54, с камышом на орошаемых землях – 58; **аллювиальные плоские** суглинисто-супесчаные с солянковыми карабарачниками на луговых солончаках – 46, с тростниками на болотно-луговых почвах – 48, с орошаемыми землями на луговых почвах – 55; **аллювиальные плоские** суглинисто-глинистые с разреженными тамариковыми карабарачниками на типичных солончаках – 35, с солянковыми карабарачниками на луговых солончаках – 47, с орошаемыми землями на луговых почвах – 56, с камышом на орошаемых землях – 59; **аллювиальные плоские** супесчано-песчаные с разреженными тамариковыми карабарачниками на типичных солончаках – 36, с орошаемыми землями на луговых почвах – 57; **аллювиальные пологие** с разреженным тростником с солянками на луговых солончаках – 50. **Fig. 11.** Natural-territorial complexes of the northern part of the Southern Aral Sea region (Рафиков, Тетюхин, 1981). *Legend.* Automorphic natural-territorial complexes. Lowland plains: flat **alluvial**, loamy-sabulous, with Tamarix and Halostachys, on the residual typical salines – 1; poorly dissected sabulous-loamy and sandy with Halostachys, Tamarix and Caragana, on the residual wet salines – 2; slightly sloping, dissected, loamy-sabulous-sandy soils, with woody-shrub desertified tugai, on the meadow-desert and sandy-desert soils – 3; **aeolian on alluvial deposits**, ridge-cellular and hilly, sabulous-sandy, with Salsola and Calligonum, on the desert sandy soils – 4; **lake concave loamy** 5 with Tamarix and mixed forbs, on the desert sandy soils; flat **alluvial** clayey ridgy with Halostachys, on the residual typical salines – 6, 8; on the takir soils – 18; sabulous-loamy and clayey, Tamarix communities with mixed forbs, on the sandy desert soils – 7; gently sloping black saxaul ridges on the residual typical salines – 9; on the plump salines – 10. Elevated aeolian plains on the **alluvial deposits**, hilly loamy-sandy and ridgy-cellular subulous-sandy Calligonum communities with Salsola and Carex, on the sandy desert soils – 11, 12; **on the Pliocene-Quaternary base**, cellular-ridgy, hollow-ridgy and ridgy-hilly *Haloxylon persicum* communities with Calligonum, with *Haloxylon ammodendron* with Salsola, on the sandy desert soils – 13, 15; denudation clayey-sandstone uplands, **structural** Salsola communities, on the gray-brown soils – 16; **aeolian on the structural-denudation base**, hilly and ridgy-hilly, sparse *Haloxylon ammodendron* communities with Anabasis and Salsola, on the takir-like and gray-brown soils – 14, 17. Semihydromorphic natural-territorial complexes. Lowland, **slightly sloping sea plains**, clay-loamy-sandy, with sparse Tamarix communities with Salsola, on the wet salines, with black and typical salines – 19; **lake concave**, silty-loamy-clayey, with reeds, on the meadow residual bog soils – 20; **alluvial flat** loamy-clayey Salsola-Tamarix communities, on the meadow-takir soils – 21, on the meadow-takir residual-boggy soils, with reeds and Salsola – 27, with Salsola, reeds and Tamarix – 28; **alluvial flat dissected** loamy-sabulous soils with Tamarix, on the meadow-takir soils, with patches of typical salines – 23, Tamarix communities with Salsola and Halostachys, on the residual boggy soils – 29; sabulous-sandy Tamarix communities with reeds and Aeluropus, on the meadow-takir soils – 25, Tamarix with mixed forbs, on the meadow-takir soils, with meadow-takir residual-boggy soils – 30; **slightly sloping, dissected**, loamy-sabulous-sandy Tamarix communities with Salsola, on the meadow-takir soils – 22, on the meadow-takir soils, with patches of typical salines – 24, with shrub-woody tugai on the meadow-takir tugay and meadow-desert soils – 31, Tamarix communities with Halostachys on the meadow-takir soils with typical salines – 32. Lowland flat loamy-sabulous plains of Tamarix communities with mixed forbs, on meadow-takir soils, and Halostachys on typical salines – 26. Hydromorphic natural-

*territorial complexes*. Lowland *flat sea* clayey plains, with sparse *Halostachys* communities with *Tamarix*, on the typical salines – 33, *slightly sloping sea* silty-sandy with sparse *Tamarix* communities with *Salsola* and reeds, on the plump salines – 37, sandy-silty with *Salicornia* and *Halocnemum*, on the crusty and meadow salines – 38, with sparse *Salicornia* communities on the tidal meadow saline marshes – 39; silty-sandy-loamy with *Salicornia* and *Salsola*, on the typical salines – 40; *slightly sloping dissected sea* clayey-loamy-sabulous with *Salicornia* and *Salsola*, on the typical salines – 41, with sparse *Tamarix* communities with *Salsola* and *Halocnemum*, on the meadow and crusty salines – 42. Lowland *flat lake* plains, silty-loamy-clayey, with sparse *Halostachys* communities with *Tamarix*, on the typical salines – 34, with sparse *Halostachys* on the black salines – 44, *Halostachys* communities with *Salsola* on the meadow salines – 45, sparse *Salsola* reeds on the meadow salines – 49, *Tamarix* with *Halostachys* on the crusty salines – 51; *flat alluvial* loamy-clayey, with sparse *Halostachys* communities, on the crusty salines – 43, *Tamarix* communities with *Halostachys*, on the crusty salines – 52, *Salsola* reeds on the wet and meadow salines – 53, irrigated lands on the meadow soils – 54, *Scirpus* on the irrigated lands – 58; *alluvial flat* loamy-sabulous with *Halostachys* communities with *Salsola*, on the meadow salines – 46, reeds on the boggy-meadow soils – 48, irrigated lands on the meadow soils – 55; *alluvial flat* loamy-clayey with sparse *Halostachys* communities with *Tamarix*, on the typical salines – 35, *Halostachys* communities with *Salsola* on the meadow salines – 47, irrigated lands on the meadow soils – 56, *Scirpus* on irrigated lands – 59; *flat alluvial* sabulous-sandy with sparse *Halostachys* communities with *Tamarix*, on the typical salines – 36, irrigated lands on the meadow soils – 57; *gently sloping alluvial* with sparse reeds and *Salsola*, on the meadow salines – 50.

В ее основу положен принцип структурно-генетической классификации ПТК, разработанный В.А. Николаевым. «Основной единицей картографирования принят ландшафт, представляющий собой геосистему, состоящую из динамических и генетических ПТК – урочищ и фаций.» (Рафиков, Тетюхин, 1981, стр. 102). Авторы относят территорию Приаралья к субтропическо-умеренному климатическому поясу, с чем нельзя согласиться. Приаралье целиком находится в зоне пустынь умеренного пояса. Таким образом, территория Южного Приаралья относится к в подсистеме ландшафтов умеренного континентального пояса.

Категория класса ландшафтов выделяется по морфотектоническим показателям, поэтому Южное Приаралье отнесено к классу равнинных ландшафтов. По гипсометрии, возрасту, генезису литогенной основы выделены подклассы: низинных (живая часть дельты, обсохшее дно), низменных (сформированная часть дельты), возвышенных равнин (Кызылкумы) и низких возвышенностей.

В пределах подклассов низинных и низменных ландшафтов по типу водного режима и условиям увлажнения выделены три группы ландшафтов: элювиальные (автоморфные), полугидроморфные и гидроморфные. Авторы рассматривают интразональные ландшафты в составе пустынных типов. Иными словами, весь серийный ряд относится к конечному типу, представляющему зональный вариант. Типы ландшафтов по геоморфологии делятся на роды: морские, озерные, аллювиальные, аллювиально-пролювиальные, эоловые. Подроды ландшафтов выделяются по гранулометрическому составу отложений и включают супесчано-песчаные, суглинисто-супесчаные и другие.

Низшая категория ландшафта – вид – представляет совокупность индивидуальных ландшафтов, однотипных по генезису и структуре, с характерными для них растительностью (группы ассоциаций, формации) и почвами (роды, разновидности). В Южном Приаралье авторы выделили 68 видов.

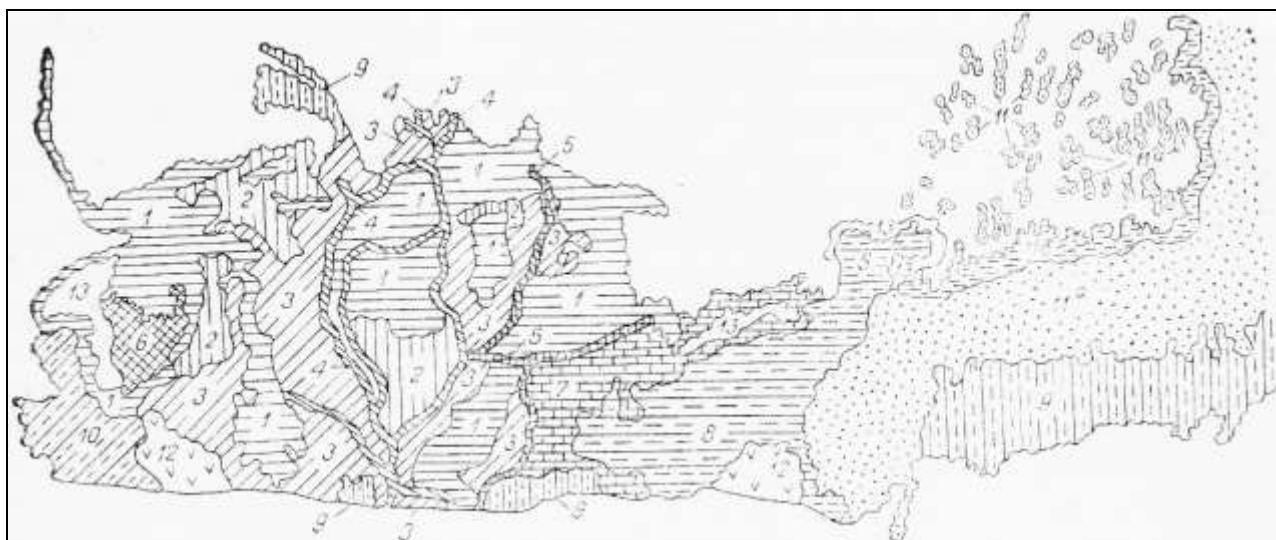
Рассмотрение разработанной авторами классификации природных комплексов для легенды карты показывает, что заявленные принципы использованы не полностью. Так, литолого-геоморфологический принцип выделения ландшафтных единиц, заявленный в качестве важнейшего, не использован в полной мере: основные элементы пойм и дельт (прирусловые валы, склоны и межрусловые понижения) не получили своего выражения в качестве ландшафтных единиц, из-за чего не удалось сквозное рассмотрение их эволюции в виде серийного ряда ПК, соответствующих отдельным стадиям эволюционного ряда этих элементарных единиц от гидроморфного к полугидроморфному и автоморфному. Такое рассмотрение соответствует еще одному важному заявленному авторами принципу – интразональные ландшафты не выделяются в качестве самостоятельных, а рассматриваются

в составе пустынных типов, в которые они эволюционируют в процессе опустынивания. Используя этот принцип, следовало было бы построить классификацию и легенду к карте таким образом, чтобы можно было проследить эволюцию межрусловых понижений от гидроморфной стадии (озер) через полугидроморфную (солончаки) к зональной – автоморфной (такыры); или эволюционный ряд природных комплексов водораздельных равнин (прирусловых валов с древесно-кустарниковыми тугями) через полугидроморфную стадию (кустарниковых тугаев) к зональным пустынным ландшафтам эоловых бугристых песков с пасаммофитной древесно-кустарниковой растительностью. Рассматриваемые далее в монографии процессы опустынивания (Рафиков, Тетюхин, 1981) также оказались оторванными от конкретных литолого-геоморфологических единиц. О них говорится в отрыве от конкретных природных комплексов.

Достаточно интересной в этой работе является попытка выявить тенденции развития природных комплексов рассматриваемой северной (неорошаемой) части территории дельты Амударьи. Авторам удалось представить это на отдельной картосхеме, которую можно было бы охарактеризовать как карту процессов (рис. 12). Методически тенденции устанавливались на основании сопоставления «реликтовых» и «прогрессивных» свойств или элементов. На данном этапе развития дельты идет формирование полуавтоморфных ландшафтов, которое, по мнению авторов, будет продолжаться достаточно долго, поскольку грунтовые воды, залегающие на глубине 6 м все еще участвуют в почвообразовательном процессе. В качестве примера характеристик автоморфной и полуавтоморфной стадий, которые присущи всем геокомплексам живой дельты, приводятся следующие: глубокое залегание грунтовых вод, отапыривание поверхности почв, слоистость верхних горизонтов почвогрунтов, гипсы и карбонаты в генетических горизонтах почв, засоленность верхнего горизонта – характерны для развивающейся автоморфной стадии и сохранность пятен оглеения, корней и корневищ купачков тростника, темная окраска почвенного профиля, повышенная гумусность почв, мощный слой торфа – реликтовые свойства, сохраняющиеся от полугидроморфной стадии. Как видим, все разнообразие указанных в легенде проявлений изменения природных комплексов, можно объединить в одну единую тенденцию – аридизацию, глубина и скорость развития которой находится в тесной связи со скоростью обсыхания водоемов, снижения уровня грунтовых вод и сопутствующим соленакоплением, что создает все описанное многообразие. Эта легенда, однако, выстроена не в соответствии с логикой процессов или последовательностью динамики выделенных литолого-геоморфологических единиц и не дает представления об их эволюционном развитии через построение эколого-динамических рядов.

Ландшафтные исследования Отдела географии АН УзССР в Южном Приаралье были продолжены В.А. Поповым. В период с 1977 по 1985 гг. он принимал участие в полевых работах, обобщил полученные материалы, на основании полученных результатов защитил кандидатскую диссертацию и представил их в виде монографии (Попов, 1990). В итоге этого исследования впервые для дельты Амударьи проводилось изучение динамики на трех уровнях структурной организации: фаций, урочищ, местностей. Автору удалось сделать оригинальные выводы о скорости перестройки разных компонентов. Наиболее динамичным, по его мнению, является животное население, способное незамедлительно покидать биотопы при резкой смене условий среды. На формирование новых устойчивых территориальных комплексов уходит от нескольких месяцев до 1-3 лет. Растительность и почвы более консервативны. При изменении гидрологического режима (глубины и минерализации грунтовых вод) коренная смена растительных сообществ на участках территории Амударьи происходит в течение 3-5 лет; смена видов почв происходит медленнее – за 4-8 лет. К наиболее консервативным компонентам ландшафта отнесен рельеф. Особенно медленно изменяются мезоморфы: ложа русел, прирусловые валы, пойменные равнины и внутриводосборные депрессии.





**Рис. 12.** Типы тенденции развития природных комплексов северной части Южного Приаралья (Рафиков, Тетюхин, 1981). *Условные обозначения:* 1 – прогрессирующее постепенное снижение уровня грунтовых вод, переход почв из гидроморфной фазы в полугидроморфную, замещение гидрофитов галофитами и ксерофитами, осушение болот и озер, развитие процессов соленакопления; 2 – снижение уровня грунтовых вод, переход почв из гидроморфной фазы в полугидроморфную, замещение гидрофитов и гидрофитов ксеро- и галофитами, высыхание заболоченных комплексов, концентрация солей в активном слое почв, отақыривание поверхности; 3 – интенсивное снижение уровня грунтовых вод, переход почв из гидроморфной фазы в полугидроморфную и автоморфную, смена гидрофитов ксерофитами, усыхание заболоченных участков, осушение верхних слоев почв, «фитильное» соленакопление на периферии озер, усиление ветроэрозионных процессов; 4 – интенсивное устойчивое снижение уровня грунтовых вод, переход почв из гидроморфной фазы в полугидроморфную и автоморфную, смена мезофитов и гидрофитов ксерофитами, реже – галофитами, засоление почв, активизация водной эрозии, дефляция; 5 – интенсивное устойчивое снижение уровня грунтовых вод, переход почв из гидроморфной фазы в автоморфную, замещение мезофитов ксерофитами, процессы рассоления и усиление выдувания почв; 6 – стабилизация уровня грунтовых вод, развитие гидрофитов на гидроморфных почвах, заболачивание, местами соленакопление (болотное солончакообразование); 7 – постепенное снижение уровня грунтовых вод, переход почв из полугидроморфной фазы в автоморфную, широкое распространение ксеро- и галофитов, концентрация солей в активном слое почв (на периферии озер и болот), прогрессирующее развитие ветроэрозионных процессов и аккумуляции; 8 – постепенное снижение уровня грунтовых вод, устойчивое развитие природных комплексов в автоморфных условиях, доминирование ксеро-, гало- и псаммофитов, локальное рассоление, прогрессирующее развитие дефляционных процессов и аккумуляции; 9 – устойчивое развитие природных комплексов в автоморфных условиях, широкое распространение псаммофитов, развитие ветроэрозионных процессов; 10 – устойчивое развитие природных комплексов в автоморфных условиях, широкое распространение ксеро-, гало- и псаммофитов, засоление почв (на периферии орошаемых земель) и локальное рассоление, усиление ветроэрозионных процессов и аккумуляции; 11 – устойчивое развитие природных комплексов в автоморфных условиях: а) деградация псаммофитов на эоловых песках, прогрессирующее развитие дефляционных процессов и аккумуляции, формирование классических подвижных аэродинамических форм эолового рельефа; б) высыхание всех инфильтрационных озер и формирование на них солевых залежей, выдувание солей (в Акпеткинском архипелаге 11а следует читать как 11б). **Fig. 12.** Types of development trends of natural complexes in the northern part of the South Aral Sea Region (Рафиков, Тетюхин, 1981). *Legend:* 1 – progressing gradual decrease of the groundwater level, soils transition from the hydromorphic phase to the semi-hydromorphic, the hydrophytes replacement with halophytes and xerophytes, drainage of bogs and lakes, development of salt accumulation processes; 2 – decrease of groundwater level, soils transition from the hydromorphic phase to the semi-hydromorphic, hygrophytes and hydrophytes replacement with xero and halophytes, drying of the bog complexes, salts concentration in the active soil layer, takir processes on the surface; 3 – intense decrease of the groundwater level, soils transition from the hydromorphic phase to the semi-hydromorphic and automorphic, hydrophytes replacement with xerophytes, drying of bogged areas, drainage of the upper soil layers, “wick” salt accumulation on the lakes periphery, intensification of wind erosion; 4 – intense and gradual decrease of the groundwater level, soils transition from the hydromorphic phase to the semi-hydromorphic and automorphic, mesophytes and hygrophytes replacement with xerophytes and sometimes with halophytes, soil salinization, water erosion activation, deflation; 5 – intense gradual decrease of the groundwater level, soils transition from the hydromorphic phase to the automorphic, mesophytes replacement with xerophytes, desalinization processes and

increased soil blowing; 6 – groundwater level stabilization, development of hydrophytes on the hydromorphic soils, waterlogging, local salt accumulation (bog saline formation); 7 – gradual decrease of the groundwater level, soils transition from the semi-hydromorphic phase to the automorphic, wide distribution of xero and halophytes, salts concentration in the active soils layer (on the lakes and bogs periphery), progressive development of wind erosion and accumulation processes; 8 – gradual decrease of the groundwater level, sustainable development of natural complexes under automorphic conditions, dominance of xero-, halo- and psammophytes, local desalinization, progressive development of deflationary and accumulation processes; 9 – sustainable development of natural complexes in automorphic conditions, wide distribution of psammophytes, development of wind erosion; 10 – sustainable development of natural complexes in automorphic conditions, wide distribution of xero-, halo- and psammophytes, soil salinization (on the irrigated lands periphery) and local desalinization, increased wind erosion and accumulation processes; 11 – sustainable development of natural complexes in automorphic conditions: а) degradation of psammophytes on aeolian sands, progressive development of deflationary and accumulation processes, formation of classical mobile aerodynamic forms of aeolian relief; б) drying of all infiltration lakes and formation of salt deposits, salts blowing out (in the Akpetkin archipelago 11a should be replaced with 11б).

Разрушение прирусловых валов происходит при водной эрозии за 10-15 лет, в результате эоловой дефляции – 80-100 лет. В.А. Попов (1990) считает, что за этот промежуток времени под влиянием экзогенных природных процессов происходит коренная перестройка дельтовых ландшафтов.

Как видим, В.А. Попов в своем представлении об эволюции ландшафтов, как и многие авторы, считает, что пустынная стадия завершается трансформацией рельефа и формированием бугристых и бугристо-грядовых песков с понижениями, занятыми такырами. Однако следует заметить, что далее еще более длительное время идет трансформация литогенной основы – изменение гранулометрического состава и переформирование такыров в зональные серо-бурые почвы. И только после этого исходно аллювиальный ландшафт можно считать трансформированным, пустынным. Этот процесс более детально был рассмотрен в работе Г.С. Куста (1999).

Еще одна важная позиция, высказанная в рассматриваемой работе (рис. 13), заключается в том, что галоморфная стадия считается необязательной.



**Рис. 13.** Закономерность развития ландшафтов дельтовых равнин Южного Приаралья без учета антропогенного фактора (Попов, 1990). **Fig. 13.** Pattern of the landscape development in the delta plains of the South Aral Sea Region without the anthropogenic factor (Попов, 1990).

Как видим, работа В.А. Попова (1990) оказалась важной в теоретическом отношении – она на конкретных примерах в дельте Амударьи подвела к пониманию двух важных моментов в развитии процессов динамики дельтовых природных комплексов. Были выделены два основных направления развития морфологических элементов: один – на легких и второй – на тяжелых грунтах. В динамике каждого из направлений рассматриваются 3 стадии, в зависимости от водного режима с учетом сопутствующего галоморфного процесса, или даже галоморфной стадии. В.А. Попов в рассматриваемой работе (Попов, 1990) подошел к уровню обобщения, позволяющему выделять эколого-генетические ряды – ряды развития конкретных морфологических элементов ландшафтов под влиянием разных дополнительных факторов («наложения») помимо влагообеспеченности.

В работе В.А. Попова (1990) также ставилась задача разработать оценку степени трансформированности территории дельты Амударьи. Для этого им были построены модели вероятностей переходов ландшафтов в дельте и балансовая пространственная модель динамики ландшафтов. Модели дают возможность количественно (через величины площадей) прогнозировать вероятность взаимного или направленного перехода ландшафтов, различающихся по увлажнению.

Теоретические представления о динамических процессах А.А. Рафикова, А.В. Птичникова и В.А. Попова получили развитие в исследованиях других ученых. Эколого-динамические ряды ландшафтов в процессе опустынивания изучались и разрабатывались группой исследователей из Каракалпакии (Ж. Жалгасбаев, Б. Жоллыбеков) и из России (Н.М. Новикова, Т.С. Козлова, М.Б. Шенкарева). Результаты их работы опубликованы в нескольких статьях Ж. Жалгасбаева с соавторами (1980, 1981). В таблице 3 в сжатом виде представлена основная идея разработки этих рядов: выделены три стадии эволюционного развития (гидроморфная, полугидроморфная и автоморфная) двух типов ландшафтов (прирусловых валов и междельтовых понижений). В верхней части таблицы в горизонтальных рядах приведены количественные значения экологических факторов, характеризующих проявление водного фактора на каждой стадии (характер обводнения – источник влаги, подземные воды – понимается глубина залегания грунтовых вод), почвообразовательный процесс и показатели функционирования экосистемы (запасы фитомассы, продукция). Эти показатели расположены в верхней части первой колонки (табл. 3). Конкретные количественные значения каждого из показателей приведены в соответствующей строке для каждой из стадий ряда. Затем, ниже для каждого из типов ландшафтов в левой колонке дан перечень характерных процессов опустынивания и для каждого процесса в соответствующей ему строке для каждой стадии эволюции приведен перечень доминирующих видов растений, которые могут использоваться в качестве индикаторов этой стадии опустынивания и ведущего процесса. Приведем пример, как следует читать данные этой таблицы. Три стадии ландшафтного эколого-динамического ряда опустынивания на прирусловом валу в дельте Амударьи представлены гидроморфным, полугидроморфным и автоморфным вариантами. На гидроморфной стадии увлажнение осуществляется в результате паводкового заливания, питания грунтовыми водами и атмосферной влагой. Грунтовые воды залегают на глубине 0-3.5 м, пресные или слабосоленоватые. Почвообразовательные процессы: болотный, луговой. Процесс опустынивания не выражен, обусловлен сокращением влагообеспеченности. Индикаторы этой стадии – доминанты в растительном покрове *Populus ariana* и т.д. из таблицы. На полугидроморфной стадии в ландшафте присутствует влага грунтовых вод и атмосферная. Грунтовые воды залегают на глубине 1.5-3 (5) м, солоноватые, соленые. Почвообразовательный процесс – солончаковый, такырообразование. На этой стадии проявляются несколько вариантов опустынивания: 1) засоление почв, индикаторы – *Tamarix hispida* и др. из таблицы; 2) рассоление, отакыривание почв, индикаторы – *Salsola dendroides* и др. из таблицы; 3) эоловые процессы, индикаторы – формы рельефа, в растительности – *Krashennikovia ceratoides* и др. Эти процессы могут идти одновременно и сменять друг друга.

На автоморфной стадии этого ландшафта влагообеспеченность происходит только за счет атмосферных осадков; грунтовые воды залегают ниже глубины проникновения корней более 5 м (10-20 м и более), соленые. Почвообразовательный процесс – зональный. Ведущие процессы: 1) закрепление песков, на засоленных песках – индикатор *Haloxylon aphyllum*, на незасоленных – *Haloxylon persicum*; 2) оглинение – формирование зональных бурых почв в отрицательных элементах рельефа, индикатор – эфемерово-полукустарничковые сообщества, *Artemisia terrae-albae*.

**Таблица 3.** Эколого-динамические ряды ландшафтов на основных морфологических элементах дельтового рельефа (Novikova, Kuzmina, 2008).  
**Table 3.** Ecological-dynamical sets of landscapes on the main morphological elements of the delta relief (Novikova, Kuzmina, 2008).

| Компоненты, процессы опустынивания  | с т а д и я  |   |   |
|---|--|---|---|
|   | гидроморфная   | полугидроморфная  | автоморфная   |
| характер обводнения   | паводковые воды, грунтовые воды, атмосферное увл.  | грунтовые воды, атмосфер. влага   | атмосферная влага   |
| подземные воды  | 0 - 3,5 м.; пресные-слабо солоноватые  | 1,5-3 (5) м.; солоноватые, соленые  | >5 (10-20) м.; соленые  |
| почвообразов. проц.   | болотный, луговой с сезонным засолением  | солончаковый, такырный  | зональный пустынный   |
| запасы фитом. т/га  | 75.46 - 41.27  | 49.1 - 8.25   | 27.05 - 5.29  |
| продукция т/га/год  | 10.7 - 36.87   | 25.1 - 3.05   | 2.18 - 1.89   |
| <b>Динамический ряд и растительные индикаторы на прирусловых валах</b> →                      |  |   |   |
| 1) сокращение влагообеспеченности местообитаний   | <i>Populus ariana, P. diversifolia, Elaeagnus turcomanica, Halimodendron halodendron, Glycyrrhiza glabra, Calamagrostis dubia Tamarix sp.sp.</i> | <i>Populus ariana, Elaeagnus turcomanica, Tamarix sp., Alhagi pseudalhagi, Aeluropus littoralis</i>   | -   |
| 2) засоление почв   | -  | <i>Tamarix hispida, Karelinia caspia, Climacoptera aralensis, C. lanata</i>   | -   |
| 3) рассоление, отакыривание   | -  | <i>Anabasis aphylla, Haloxylon aphyllum</i>   |   |
| 4) опесчанивание ; а) эоловый привнос; б) разрушение верхних бронирующих суглинистых прослоев | -  | а) фитогенные бугры псевдопеска (мелкозема с кристаллами солей) вокруг кустарников б) <i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (после гибели тугая); | а) <i>Haloxylon aphyllum, Salsola richteri, Calligonum sp.</i> (после солончаковой стадии); б) сообщества <i>Haloxylon persicum</i> |
| 5) оглинение (эоловый привнос мелкозема в межбугровые понижения)                              | -  | -   | эфемерово-полукустарничковые сообщества ( <i>Artemisia sp.sp.</i> )   |
| <b>Динамический ряд и растительные индикаторы в межрусловых понижениях</b> →                  |  |   |   |
| 1) сокращение обводнения;   | <i>Typha angustifolia, Phragmites australis, Limonium gmelini, Tamarix sp.</i>   | при резком сокращении обводнения - танатоценозы   | -   |
| 2) засоление почв;  | -  | <i>Tamarix hispida, Halostachys belangeriana</i>  | -   |
| 3) рассоление, отакыривание;  | -  | <i>Haloxylon aphyllum, Salsola dendroides</i> - голый такыр   |   |
| 4) опесчанивание (надвигание песков)  | -  | фитогенные бугры псевдопеска (мелкозема с кристаллами солей)  | <i>Anabasis salsa</i> + эфемеры, сообщества <i>Haloxylon persicum</i>   |

В таблице 3 показаны два эколого-динамических ряда ландшафтов. Первый ряд характерен для прирусловых валов с отложениями легкого гранулометрического состава на поверхности, поэтому на завершающем этапе его развития формируются бугристые или бугристо-грядовые песчаные равнины. Второй эколого-динамический ряд, характерный для ландшафта межрусловых понижений, с глинистыми отложениями на поверхности, завершается формированием такырных равнин, с последующей трансформацией почв в зональные серо-бурые.

Из рассмотрения ландшафтных исследований в Южном Приаралье следует, что в условиях Аральского кризиса в процесс опустынивания вовлечены все компоненты ландшафтов. В пустынных районах опустынивание чаще всего затрагивает климат и растительность, реже – почвы. В то же время в дельтах рек опустыниванием охвачены все компоненты: микроклимат, поверхностные и подземные воды, водный режим, почвы, биота, рельеф. Поэтому важно, чтобы в условиях Аральского экологического кризиса в Южном Приаралье, в том числе в дельте реки Амударьи, исследовалась динамика компонентов ландшафта.

*Динамика почв.* Почвы в дельтах Амударьи и Сырдарьи формируются на аллювиальных отложениях пестрого гранулометрического состава, четко зависящего, как показали исследования В.М. Боровского, от форм дельтового рельефа. На прирусловых валах песчаные отложения залегают на глинистых и суглинистых, в межрусловых понижениях, наоборот, илистые и глинистые отложения залегают на песчаных. Водный режим, складывающийся на каждом элементе рельефа, определяет почвообразовательный процесс и типы формирующихся почв и их засоление. В почвенном покрове преобладают болотные, лугово-болотные, луговые почвы и солончаки, а в процессе опустынивания – их опустыненные варианты.

*Болотные* почвы на территории Южного Приаралья встречаются редко. Они образуются под влиянием постоянного увлажнения застойного характера и распространены небольшими разрозненными участками.

*Болотно-луговые* почвы распространены шире и приурочены к межрусловым понижениям, берегам озер и морских заливов. Для них характерно чередование признаков лугового и болотного процессов, т.е. дернообразование здесь сочетается с глееобразованием. Эти процессы происходят в условиях значительного колебания уровня грунтовых вод (0.5-1.5 м) и их слабого оттока. Близость грунтовых вод в аридном климате способствует их хлоридному и сульфатному засолению.

*Луговые* почвы приурочены к берегам протоков и возвышенным участкам межрусловых понижений. Для них характерно постоянное участие близко залегающих грунтовых вод (1-2 м) и временное затопление во время паводков.

*Такырные* почвы характерны для пустынной стадии развития и наиболее широко представлены на древнедельтовых равнинах. Все почвы малогумусны.

В изучении динамики почв в условиях Аральского экологического кризиса в дельте Амударьи наиболее широко известны работы Б. Жоллыбекова (1995) и Г.С. Куста (1999).

Исследования Б. Жоллыбекова проводились с 1979 г. в трех выделенных им ландшафтных районах Южного Приаралья (на обсохшем дне моря, неорошаемой и орошаемой части дельты Амударьи) и Северо-Западных Кызылкумах. Работы проводились в режиме мониторинга (3-х кратные наблюдения в год) на 14 протяженных створах, включающих ряд ключевых участков, расположенных в разных ландшафтных условиях. Кроме того, велись многолетние наблюдения на полустационарных участках в орошаемой части дельты и Кызылкумах и во время маршрутных работ (Жоллыбеков, 1995).

В результате длительных исследований Б. Жоллыбекова накопился обширный материал натурных наблюдений. Их обработка и анализ позволили автору сделать вывод о том, что в

результате обсыхания приморской части дельты Амударьи увеличилось разнообразие опустынивающихся вариантов дельтовых почв, в аллювиально-луговых, тугайных почвах прогрессивного накопления солей не происходит. Тип засоления – хлоридно-сульфатный и гидрокарбонатный. В аллювиально-луговых опустынивающихся почвах характер солевого режима зависит от их положения в системе стока: в верхней части дельты происходит рассоление, а в нижней части дельты продолжается засоление. Лугово-болотные почвы подвергаются периодическому затоплению благодаря искусственно создаваемым попускам воды. Они средне- и сильнозасолены. Тип засоления – хлоридно-сульфатный и хлоридный.

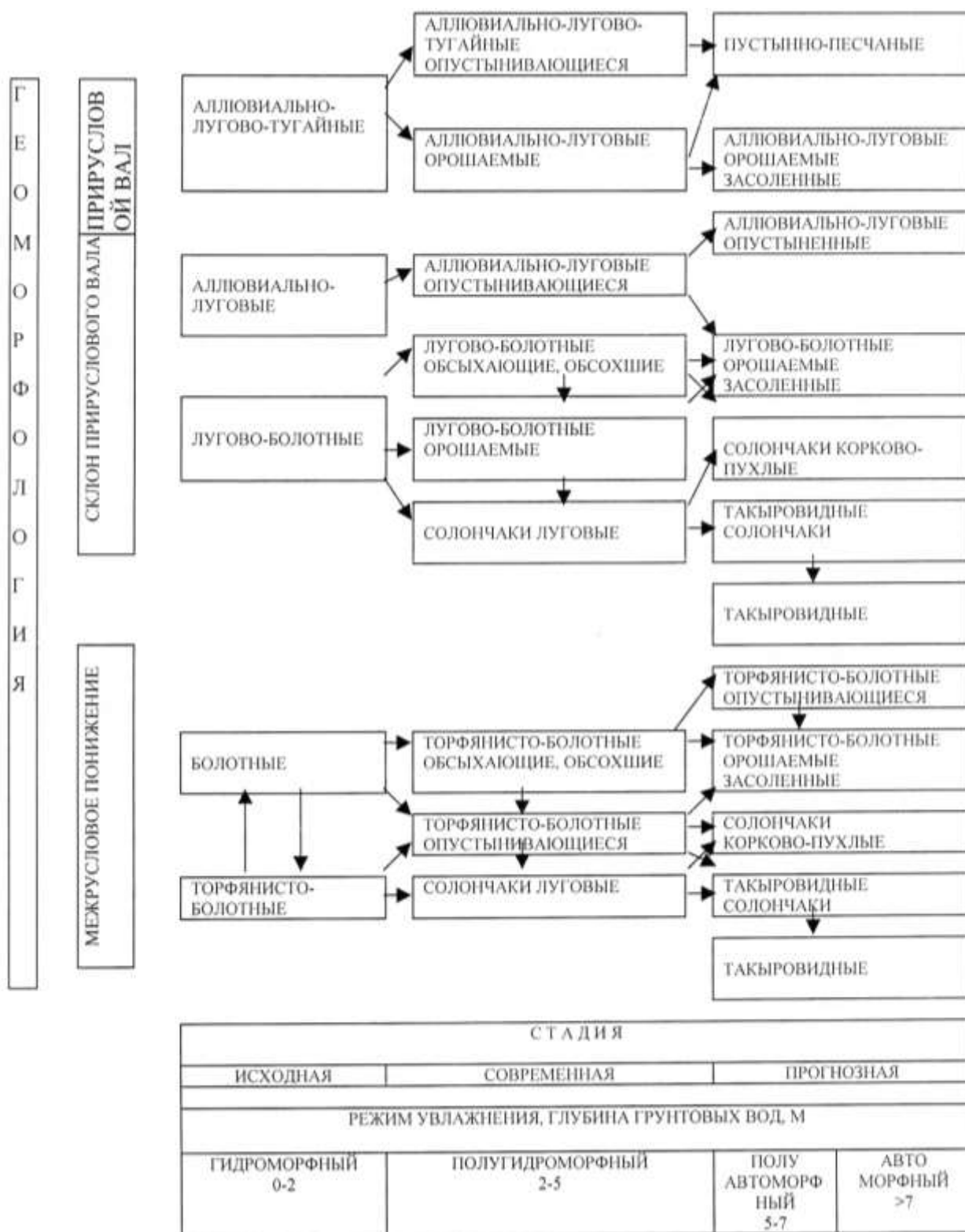
В орошаемой части дельты Амударьи широко развиты процессы засоления как в зоне орошения, так и в зоне их влияния, в том числе – вторичного. Эти процессы во многом обусловил подъём уровня грунтовых вод из-за увеличения оросительных и промывных норм при освоении новых земель.

Повсеместное повышение уровня залегания минерализованных грунтовых вод привело к гибели фруктовых, декоративных деревьев и кустарников. На рисовых полях в понижениях образовались малопродуктивные, трудно мелиорируемые рисово-болотные орошаемые солончаковые почвы. Водорастворимые соли в основном накапливаются в верхнем почвенном горизонте.

Почвенный покров Северо-Западных Кызылкумов представлен приморскими, лагунными, такыровидными солончаками, такырами, а также приморскими песчаными солончаковыми почвами. Приморские солончаки на отложениях легкого гранулометрического состава, в процессе дальнейшего снижения грунтовых вод подвергаются более интенсивному развеванию. При высыхании более тяжелых осадков образуется плотная солевая корочка, почвенный покров не подвергается дефляционным процессам. На такыровидных солончаках соли сосредоточены в верхнем горизонте, далее по профилю они распространены почти равномерно. Тип засоления в верхнем горизонте – хлоридно-сульфатный, ниже сменяется сульфатно-хлоридным. Верхние горизонты такыров не засолены или слабо засолены, максимум накопления водорастворимых солей отмечен в горизонте 30-50 см. Обобщением представлений автора о динамике почв в результате антропогенно обусловленного опустынивания является разработанная им схема эволюции почвенного покрова приморской части дельты Амударьи, включившая и прогнозируемый этап дальнейшего развития (рис. 14). Автор считает, что для нормального функционирования дельты в нее следует подавать не менее 20 км<sup>3</sup> речной воды.

Исследования Г.С. Куста (1999) в Южном Приаралье были направлены на развитие теоретических представлений, методов оценки и картографирования опустынивания. При этом он рассматривает опустынивание как комплексное явление деградации природных комплексов, генетически обусловленное эволюцией исходного ландшафта и протекающее в соответствии с естественно изменяющимися экологическими условиями и создаваемыми дополнительными антропогенными воздействиями. Важнейшие результаты его исследований связаны с развитием теоретических представлений об эколого-генетических рядах растительности, почв и ландшафтов.

В этой работе Г.С. Куста (1999) исключительный интерес представляет анализ развития представлений об эволюции почвенного покрова аридных дельт в направлении формирования вариантов зональных вариантов по времени делящегося столетия, выполненный в нашей стране ведущими учеными-почвоведом (В.А. Ковда (1947), В.В. Егоров (1959), В.М. Боровский, Н.В. Кимберг). Эти исследователи описали типы почв, условия среды и процессы, характерные для их формирования и смен, последовательность смен во времени и выразили мнение о том, что галоморфная стадия следует сразу за гидроморфной. Г.С. Куст (1999) показал, что в условиях «быстрых» изменений условий среды, характерных для Приаралья, изменения почв во времени отличается от природной.



**Рис. 14.** Эволюция почвенного покрова приморской части дельты Амударьи в связи с антропогенным воздействием (Жоллыбеков, 1987). **Fig. 14.** Evolution of the soil cover in the littoral part of the Amu Darya Delta due to anthropogenic impact (Жоллыбеков, 1987).

К такому же выводу пришли В.Г. Попов, В.Е. Сектименко и А.А. Турсунов (1982), изучавшие процессы опустынивания в дельте Амударьи в период 1980-1985 гг.

Они показали, что каждая исходная почва трансформируется с сохранением присущих ей черт в начале полугидроморфной стадии, а затем преобразуется в переходные варианты в направлении отакыривания. Этот процесс длится 20-30 лет (табл. 4). Из этого и других примеров Г.С. Куст делает важный вывод о том, что при «быстром» опустынивании часто преобладают абиотические процессы.

**Таблица 4.** Схема эволюции и систематики почв современной обсыхающей дельты Амударьи (Попов и др., 1982; Куст, 1999). **Table 4.** Scheme of evolution and systematics of soils of the modern drying delta of the Amu Darya River (Попов и др., 1982; Куст, 1999).

| Гидроморфная стадия, почвы   | Постгидроморфная стадия с преобладанием остаточных признаков | Полуавтоморфная стадия с наложением такырного процесса |                                     |
|------------------------------|--|--|-------------------------------------|
|                              |  | начальные признаки опустынивания                       | интенсивное затакыривание           |
| болотные                     | остаточно-болотные   | такырно-болотные<br>такырно-луговые                    | болотно-такырные<br>лугово-такырные |
| луговые                      | остаточно-луговые  | такырно-луговые  | лугово-такырные                     |
| луговые тугайные             | такырно-луговые<br>остаточно-тугайные                        | лугово-такырные<br>такырно-луговые                     | лугово-такырные<br>лугово-такырные  |
| солончаки болотные и луговые | остаточный солончак  | остаточный солончак                                    | остаточный солончак                 |

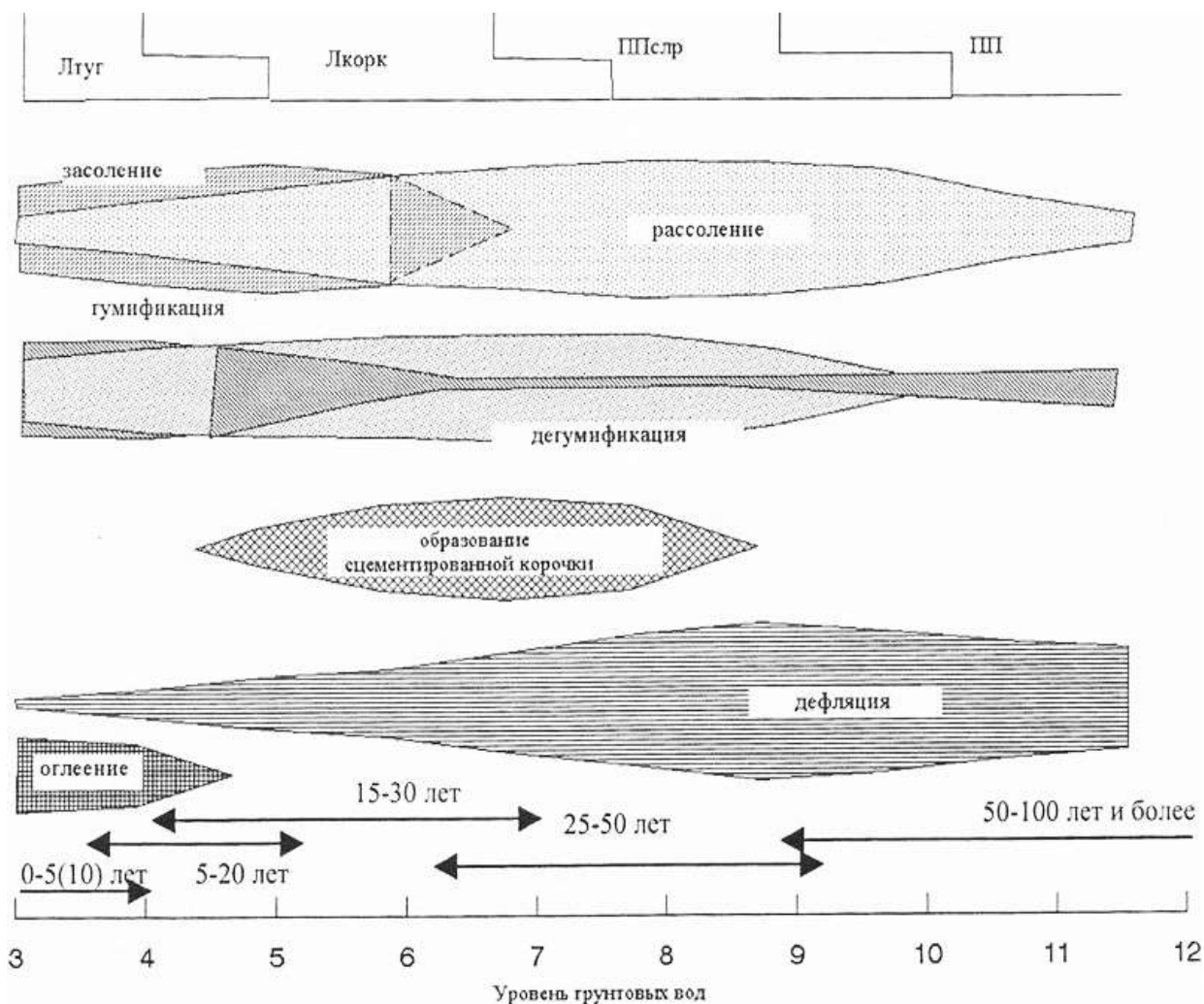
Г.С. Куст (1999) обращает внимание на отсутствие единства в номенклатуре почв при опустынивании. Исследователи используют неконкретные термины: *остаточные, обсыхающие, обсохшие* и др. В связи с этим для дельты Амударьи он согласовал существовавшие номенклатуры, используемые разными исследователями, и разработал единый систематический список почв (рис. 15, табл. 5). Он отмечает особенности использованного подхода к составлению единой номенклатуры: принцип единства литоморфопедеогенеза; опускание термина *аллювиальные* в силу единства их происхождения; использование термина «остаточные» при указании рода при новом типе формирующейся почвы; термины: *обсыхающие, обсохшие, опустынивающиеся* заменены термином *отакырывающиеся* на уровне рода и *отакыренные* на уровне подтипа почвы; в случае лугово-тугайных почв на песках введен новый термин *коркующиеся*, чтобы показать различие в эволюции почв на легких и тяжелых грунтах; принцип формирования названий, учитывающий эволюцию почв при обсыхании и опустынивании. Это важный вклад в развитие дальнейших исследований, особенно в режиме мониторинга, позволяющий выдержать единство терминологии и большую доступность понимания результатов разных авторов.

В качестве важного достижения в работе Г.С. Куста (1999) мы отмечаем выделение и рассмотрение процессов опустынивания для основных компонентов ландшафта (почв и растительности) и построение схем постгидроморфной эволюции дельтовых почв и растительности на основных элементах рельефа. Для рассмотрения опустынивания почв в единой системе автор составил список частных почвенных процессов (засоления-рассоления; оглеения-окисления; гумификации-дегумификации; торфообразования и минерализации органического вещества; коркообразования при отакыривании и засолении; дефляция и эрозия).

Далее были составлены схемы, отражающие изменение почвенных процессов на разных элементах дельтового рельефа по градиенту заглубления грунтовых вод с указанием длительности этапа. Вертикальная шкала (толщина полосы, соответствующей тому или иному процессу почвообразования) характеризует в относительном выражении степень проявления процесса и ее приуроченность к тем или иным конкретным значениям глубины



залегания уровня грунтовых вод. В итоге работа проиллюстрирована схемами развития почвенных процессов: *на прирусловых валах* при быстром опускании грунтовых вод 1) на грунтах легкой литологии (рис. 15); 2) на слоистых грунтах; *на склонах прирусловых валов*: 1) при слабоминерализованных грунтовых водах, при быстром их опускании (рис. 16); 2) при слабоминерализованных грунтовых водах, при медленном их опускании; 3) при сильно минерализованных грунтовых водах; *в междурусловых понижениях* 1) в условиях плохой отточности сильно минерализованных грунтовых вод (рис. 17); 2) в условиях плохой отточности слабо минерализованных грунтовых вод; 3) в условиях хорошей отточности слабо минерализованных грунтовых вод.

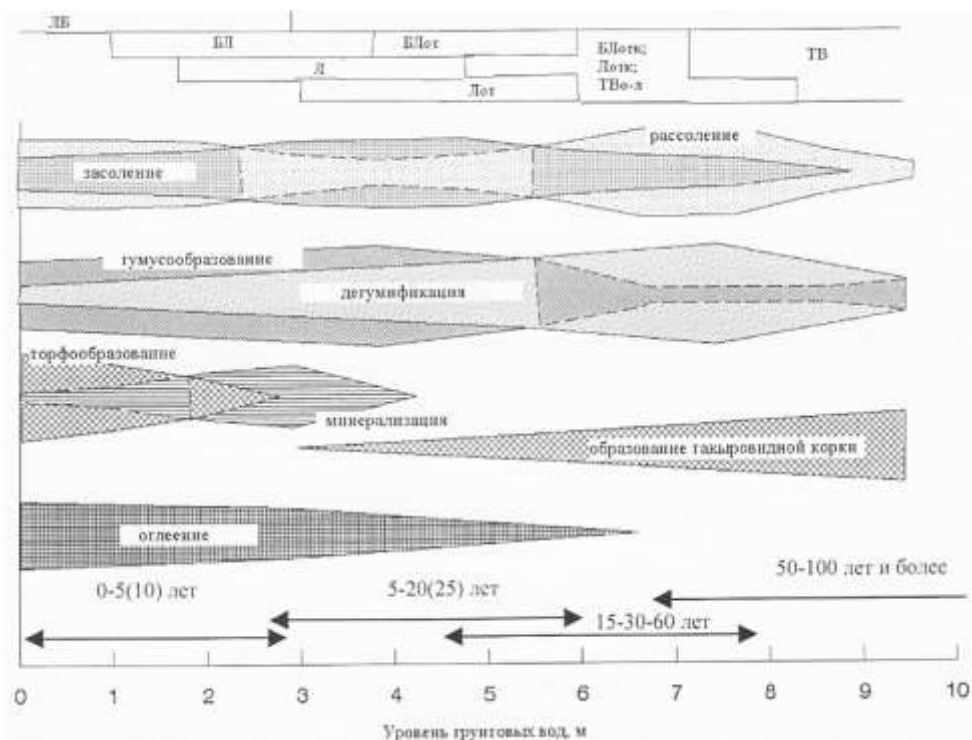


**Рис. 15.** Изменение почвенных процессов на прирусловых валах на грунтах легкой литологии при быстром опускании грунтовых вод (Куст, 1999). **Fig. 15.** Changes in the soil processes on the riverbed levees, on the soils of light lithology, with rapid decrease of groundwater level (Куст, 1999).

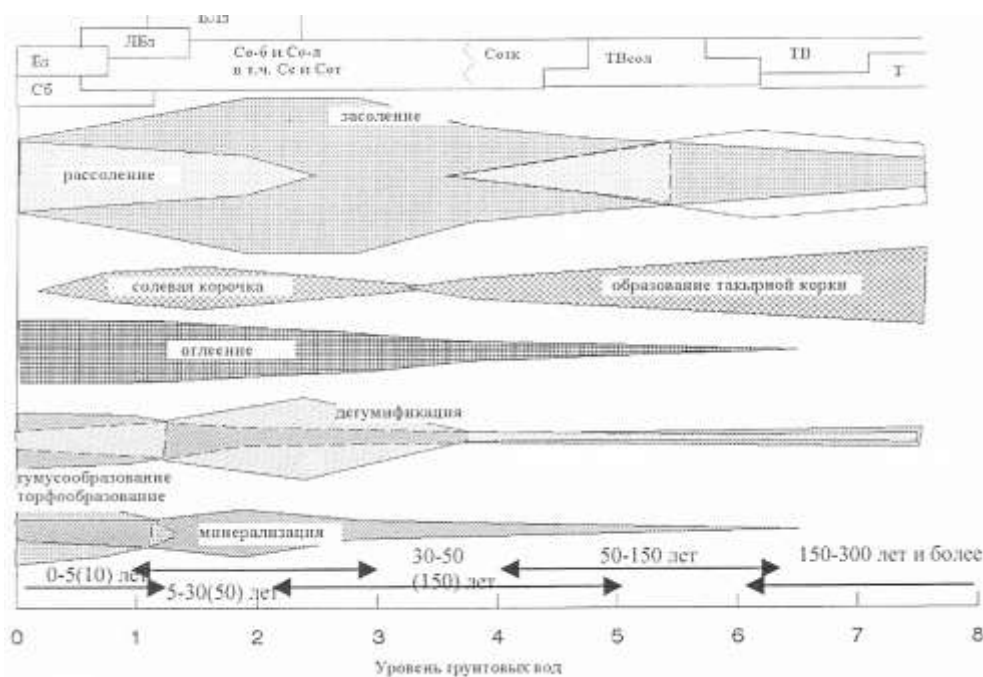
Г.С. Куст разработал схемы и описал процессы, отображающие развитие основных процессов почвообразования на древнедельтовых такыровидных равнинах Приаралья в естественном режиме и при подтоплении и затоплении и при перевыпасе и рубках. Таким образом, исследованиями Г.С. Куста (1999) были охвачены процессы антропогенно обусловленного опустынивания и охарактеризована трансформация почв современных и древних дельт Южного Приаралья.

**Таблица 5.** Систематический список почв, формирующихся в естественных ландшафтах дельт Приаралья (Куст, 1999). **Table 5.** Systematic list of soils formed in the natural landscapes of the Aral Sea Delta (Kust, 1999).

| Типы  | Подтипы   | Роды  | Виды  |
|---|---|---|---|
| серо-бурые пустынные почвы (СБ)                     | не выделяются (кроме фациального подтипа)   | - обыкновенные<br>- гипсоносные<br>- солончаковые<br>- такырно-солонцеватые<br>- промытые                                   | по степени засоления  |
| бурые полупустынные почвы (БП)                      | не выделяются (кроме фациального подтипа)   | —   | —   |
| песчаные пустынные почвы (ПП)                       | - типичные<br>- слаборазвитые   | - обыкновенные<br>- остаточно-луговые<br>- деградированные<br>- остаточно-солончаковые                                      | по степени засоления  |
| такыры (Т)  | не выделяются   | - обыкновенные<br>- остаточно-солончаковые<br>- с навеванным песчаным чехлом  | по степени засоления  |
| такыровидные почвы (ТВ)                             | не выделяются   | - обыкновенные<br>- остаточно-луговые<br>- остаточно-болотные<br>- остаточно-солончаковые<br>- с навеванным песчаным чехлом | по степени засоления  |
| лугово-тугайные (аллювиально-лугово-тугайные; Лтуг) | - типичные<br>- слаборазвитые<br>- слоистые   | - обыкновенные<br>- засоленные<br>- коркующиеся   | по степени засоления  |
| Луговые (аллювиально-луговые; Л)                    | - типичные<br>- болотно-луговые<br>- слаборазвитые слоистые<br>- отакыренные  | - обыкновенные<br>- засоленные<br>- отакыривающиеся   | по степени засоления  |
| болотные (аллювиально-болотные; Б)                  | - торфяно-болотные<br>- иловато-болотные<br>- лугово-болотные оторфованные<br>- слаборазвитые слоистые<br>- отакыренные | - обыкновенные<br>- засоленные<br>- отакыривающиеся   | по степени засоления,<br>по степени оторфованности            |
| солончаки автоморфные (С)                           | - типичные<br>- отакыренные   | - обыкновенные<br>- остаточно-луговые   | корковые  |
| солончаки автоморфные (С)                           |   | - остаточно-болотные<br>- с навеванным песчаным чехлом<br>- отакыривающиеся   | - пухлые<br>- выцветные                                       |
| солончаки гидроморфные (С)                          | - типичные<br>- болотные<br>- луговые<br>- соровые<br>- отакыренные<br>- маршевые<br>- приморские                       | - обыкновенные<br>- остаточно-луговые<br>- остаточно-болотные<br>- с навеванным песчаным чехлом<br>- отакыривающиеся        | - корковые<br>- пухлые<br>- выцветные<br>- мокрые<br>- черные |



**Рис. 16.** Изменение почвенных процессов на склонах прирусловых валов при быстром опускании слабо минерализованных грунтовых вод (Куст, 1999). **Fig. 16.** Changes in the soil processes on the slopes of riverbed levees with a rapid decrease of the poorly mineralized groundwater level (Куст, 1999).



**Рис. 17.** Изменение почвенных процессов в междолинах в условиях плохой отточности сильно минерализованных грунтовых вод (Куст, 1999). **Fig. 17.** Changes in the soil processes in the inter-channel depressions with a poor outflow of the highly mineralized groundwater (Куст, 1999).

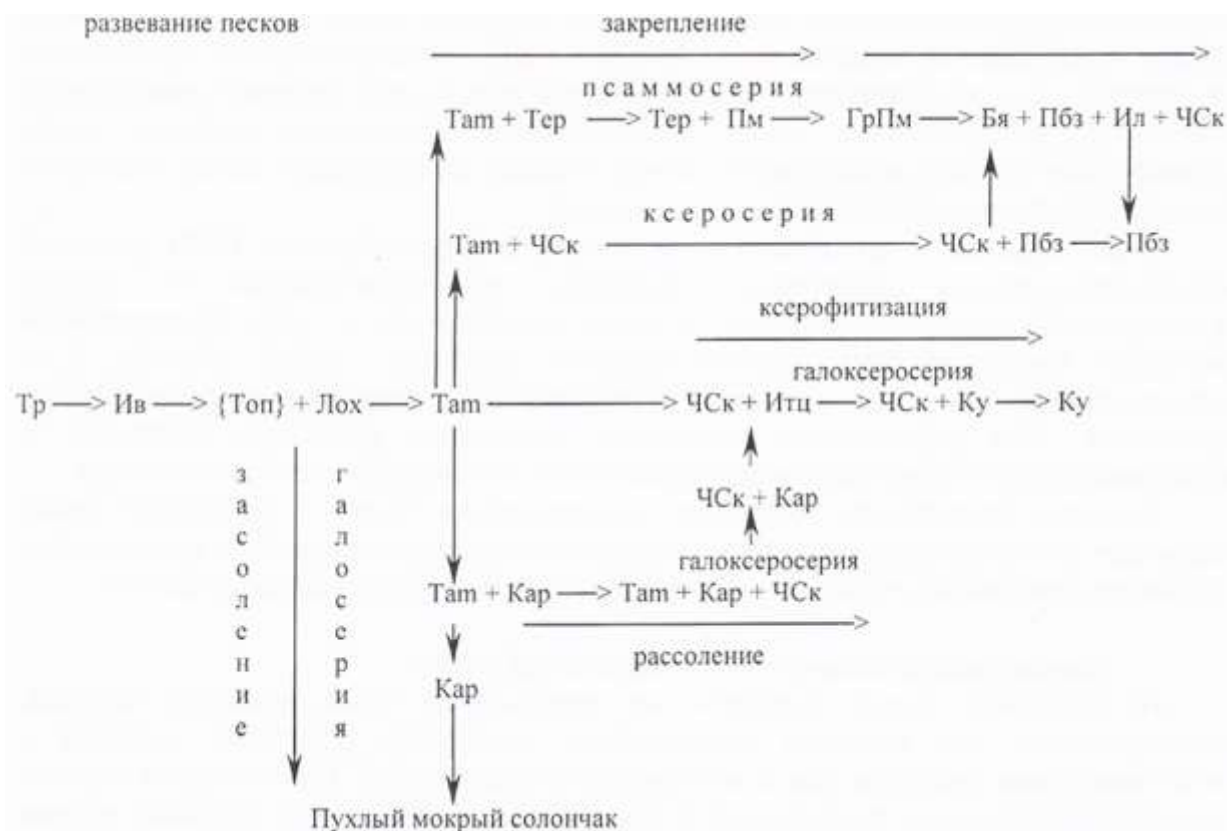
Знание динамики почв позволило Г.С. Кусту (1999) по аналогии с почвами выстроить эколого-генетические ряды растительности на основных элементах дельтового рельефа с указанием ведущих процессов в ландшафтах. В соответствии с современными теоретическими представлениями в геоботанике, гидрогенная динамика растительности им рассматривается как гидрогенная сукцессия, которая может быть представлена рядом серийных сообществ (незавершенных, с непостоянным составом) разной экологии (гидрофитов — мезофитов — мезоксерофитов — мезогалофитов или мезоксерогалофитов — ксерогалофитов — ксерофитов. Рассматривая конкретную ситуацию в дельтах и эволюцию почв, можно предположить, что помимо гидрогенного ряда следует ожидать формирование параллельных рядов гало- и псаммосерий растительных сообществ. Исследования показывают (Бахиев и др., 1977), что инициальной стадией гидросерий являются сообщества крупнотравных корневищных многолетников, затем они сменяются растительными сообществами лугов и мезоксерофильных кустарниково-древесных тугаев. На следующей стадии доминантами становятся мезоксерофильные или мезогалофильные кустарники, которые сменяются затем эквифинальной стадией сообществ галоксерофильных деревьев и полукустарничков. Автоморфная стадия развития дельтовых равнин знаменуется появлением сообществ ксерофитов (псаммофитов, пелитофитов, ксерогалофитов или водорослевых сообществ на такырах).

В динамике растительности так же, как и ландшафтов, и почв, на каждой форме дельтового рельефа (ландшафта) формируется свой эколого-динамический (генетический) серийный ряд растительных сообществ. Г.С. Куст (1999) взял на себя труд и построил основные варианты эколого-динамических рядов растительных сообществ на основных элементах дельтового рельефа – прирусловых валах, склонах междурусловых валов и междурусловых понижениях (рис. 18-20).

*Динамика растительности.* Динамике растительности в дельте Амударьи в связи с Аральским кризисом посвящено самое большое число публикаций, м.б. сравнимое только с числом публикаций по поводу динамики природных комплексов и их компонентов на обсохшем дне моря. Публикации о динамике растительности в дельте Амударьи появились одними из первых, и именно в них называлась реальная причина – падение уровня моря (Бахиев, Бутов, 1976; Бахиев и др., 1977). Карта-схема растительности дельты Амударьи (Новикова и др., 1981), легенда к которой была построена на основании эколого-динамических (генетических) рядов, была разработана одной из первых среди тематических картографических материалов по Аральской проблеме. Этому, безусловно, способствовала высокая изученность флоры (было опубликовано несколько определителей и флор для территории Каракалпакии (Бондаренко, 1964; Бахиев, 1985; Шербаев, 1988); экология и динамика растительности (Майлун, 1973; Аширова, 1971, 1976).

Обновлению знаний о растительных сообществах дельты Амударьи, их составе, экологии и динамике в условиях Аральского кризиса способствовал природоохранный проект ЮНЕСКО (509/RAS/40-41) с отчетами за этапы 1992-1996 гг. и 1997-2000 гг. «Экологические исследования и мониторинг в дельтах Амударьи и Сырдарьи. Основа для восстановления» («Ecological research and monitoring of the Aral sea deltas. A basis for restoration. Ecological research and monitoring of the Aral Sea deltas. A basis for restoration»), поддержанный финансово Министерством науки и технологии Германии.

Группа ученых из лаборатории Динамики наземных экосистем под влиянием водного фактора Института водных проблем РАН РФ выполнила исследования на тему «Современные изменения растительного и почвенного покрова в дельтах рек Амударья и Сырдарья» (Novikova et al., 1998) и «Сохранение разнообразия тугайных биоккомплексов в условиях аридизации» (Novikova et al., 2000).



**Рис. 18.** Схема смены растительности дельт на прирусловых валах, вариант с древесным тугаем (Куст, 1999). Условные обозначения к рис. 18-20: Ажр – *Aeluropus litoralis* (ажрек); Ар – *Aristida karelinii* (селин); Бр – *Anabasis salsa* (биюргун); БСк – *Haloxylon persicum* (белый саксаул); Бя – *Salsola arbuscula* (боялыч); Вй – *Calamagrostis epigeios* (вейник наземный); Вк – *Alhagi pseudalhagi* (верблюжья колючка); Гигр – гигрофиты; ГрПм – пионерные псаммофиты (*Aristida karelinii*, *Ammodendron konollii*); Дерз – *Lycium ruthenicum*, *L. turcomanicum* (дереза); Ив – *Salix songoorica*, *S. wilhelmsiana* (ивы); Ил – *Carex physodes* (осока песчаная, илак); Итц – *Anabasis aphylla* (итцегек); Кал – *Kalidium caspicum* (поташник); Кар – *Halostachys caspica* (карабарак); Кг – *Salsola dendroides* (солянка древовидная, карагана); Керм – *Limonium otolepis* (кермек); Кл – *Leymus arenaria* (колосняк песчаный); Ку – *Salsola orientalis* (кейреук); Курч – *Atraphaxis spinosa* (курчавка); Куст – кустарники-псаммофиты (*Calligonum* sp., *Salsola richterii*); СД – *Elaeagnus orientalis* (лох); АД – *Elaeagnus turcomanica* (лох); Нитр – *Nitraria shoeberi* (селитрянка); Оп – *Carex physodes* (песчаная осока); Пбз – *Artemisia terrae-albae* (полынь белоземельная); Пм – псаммофиты; Рз – *Typha* sp. (рогоз); Рт – разнотравье; Рб – *Poa bulbosa* (мятлик луковичный); Сз – *Halocnemum strobilaceae* (сарсазан); Сл – *Glycyrriza glabra* – АД; Сл – *Glycyrriza uralensis* – (солодка уральская) – СД; Солер – *Salicornia europaea* (солерос); Со – однолетние галофиты (солянки); Там – *Tamarix* sp. (тамарикс, виды); Тд – *Tortula desertorum* (пустынный мох); Тер – *Krasheninnikovia ceratoides* (терескен); Топ – *Populus ariana* (тополь арийский); Тр – *Phragmites australis* (тростник); Фкр – корневищные фреатофиты (*Glycyrriza glabra*, *Phragmites australis*); ЧСк – *Haloxylon aphyllum* (черный саксаул); ----- на легких отложениях; АД – только в дельте Аму-Дарьи; СД – только в дельте Сыр-Дарьи; [ ] – встречается в дельте Сыр-Дарьи; { } – не встречается в дельте Сыр-Дарьи. **Fig. 18.** Scheme of vegetation changes in the deltas on the riverbed levees, a variant with a tugai forest (Куст, 1999). **Legend to Fig. 18-20:** Ажр – *Aeluropus litoralis*; Ар – *Aristida karelinii*; Бр – *Anabasis salsa*; БСк – *Haloxylon persicum*; Бя – *Salsola arbuscula*; Вй – *Calamagrostis epigeios*; Вк – *Alhagi pseudalhagi*; Гигр – hygrophytes; ГрПм – pioneer psammophytes (*Aristida karelinii*, *Ammodendron konollii*); Дерз – *Lycium ruthenicum*, *L. turcomanicum*; Ив – *Salix songoorica*, *S. wilhelmsiana*; Ил – *Carex physodes*; Итц – *Anabasis aphylla*; Кал – *Kalidium caspicum*; Кар – *Halostachys caspica*; Кг – *Salsola dendroides*; Керм – *Limonium otolepis*; Кл – *Leymus arenaria*; Ку – *Salsola orientalis*; Курч – *Atraphaxis spinosa*; Куст – psammophyte shrubs (*Calligonum* sp., *Salsola richterii*); СД – *Elaeagnus orientalis*; АД – *Elaeagnus turcomanica*; Нитр – *Nitraria shoeberi*; Оп – *Carex physodes*; Пбз – *Artemisia terrae-albae*; Пм – psammophytes; Рз – *Typha* sp.; Рт – mixed forbs; Рб – *Poa bulbosa*; Сз – *Halocnemum strobilaceae*; Сл – *Glycyrriza glabra* – АД; Сл – *Glycyrriza uralensis* – СД; Солер – *Salicornia europaea*; Со – annual halophytes (*Salsola* sp.); Там – *Tamarix* sp.; Тд – *Tortula desertorum*; Тер – *Krasheninnikovia ceratoides*; Топ – *Populus ariana*; Тр – *Phragmites australis*; Фкр – rhizome phreatophytes (*Glycyrriza glabra*, *Phragmites australis*); ЧСк – *Haloxylon aphyllum*; ----- – on the light deposits; АД – only in the Amu Darya Delta; СД – only in the Syr Darya Delta; [ ] – can be found in the Syr Darya Delta; { } – cannot be found in the Syr Darya Delta.



**Рис. 19.** Схема смены растительности дельт на склонах прирусловых валов (Куст, 1999).  
**Fig. 19.** Scheme of vegetation changes in the deltas on the slopes of riverbed leeves (Куст, 1999).



**Рис. 20.** Схема смены растительности дельт в межрусловых понижениях (Куст, 1999).  
**Fig. 20.** Scheme of vegetation changes in the deltas of the inter-channel depressions (Куст, 1999).

В рамках работ по первому проекту была проведена инвентаризация разнообразия почв и фиторазнообразия и разработана электронная Эколого-географическая база данных (Трофимова, 2003). В нее были включены данные полевых исследований, проводившихся в дельте Амударьи и на обсохшем дне моря сотрудниками лаборатории с 1979 г. и конкретные данные из научных публикаций с 1947 г. Она состоит из 18 связанных между собой реляционных таблиц с конкретными количественными данными и справочным материалом. Поскольку в период, когда проводились исследования, отсутствовала возможность получения точной географической привязки, было проведено ландшафтно-экологическое районирование территории дельты и для каждой точки в базе данных географическая информация включает номер района и элемента дельтового мезорельефа, на котором она располагается. Важной особенностью структуры базы данных является разделение информации на две категории – данных о растительных сообществах и данных о видах. Все связи идут через индивидуальные номера ключевых участков (геоботанических площадок). Логические связи между таблицами реализованы в СУБД Access, позволяющую модификацию Базы данных, что обеспечивает ее (БД) развитие. Ввод исходных данных в разработанную БД осуществляется с помощью форм ввода/вывода информации. В то же время Access автоматически отслеживает целостность связей при добавлении и изменении значений ключевых полей. В базу данных введено 838 описаний участков за период с 1947 г. по 2000 г. База данных передана в эксплуатацию для мониторинга окружающей среды Южного Приаралья в Государственный комитет природы Республики Каракалпакстан (Novikova et al., 1998). Обработка информации, содержащейся в Экологической базе данных, позволила установить особенности фиторазнообразия дельты Амударьи на уровне синтаксонов (сообществ), выполнить классификацию растительных сообществ (Кузьмина, 1997). Экологический анализ растительных сообществ на основе данных для дельты Амударьи позволил выявить диапазон значений засоления почв и глубин залегания грунтовых вод для большинства растительных формаций и разработать эколого-динамическую модель (рис. 21), демонстрирующую экологические связи и смены растительности вдоль градиентов основных факторов среды. Полевые исследования 1992-1996 гг. позволили оценить динамическое состояние каждого из типов растительных сообществ в ранге формации и ассоциации.

На этой модели (рис. 21) под *исчезнувшими* понимаются сообщества, которые не встречаются более в своем характерном биотопе в оптимальном жизненном состоянии (для лесов – средневозрастные древостои) даже на минимальных площадях выявления (для лесных сообществ – 20 м<sup>2</sup>, для травяных – 10 м<sup>2</sup>). Сообществами, *находящимися на грани исчезновения* обозначены те, площадь которых занимает менее 10% от потенциально возможной в современных условиях. *Жизнеспособными* показаны формации не претерпевшие существенного сокращения площади распространения с середины 70-х годов после зарегулирования речного стока в низовьях Амударьи и до настоящего времени. *Распространяющимися* обозначены формации, увеличившие занимаемую площадь за аналогичный период.

Таким образом, в дельте Амударьи сегодня практически исчезнувшими следует считать типичные тугайные древесные формации *Saliceta songaricae*, *Elaeagneta turcomanicae*, *E. angustifoliae*. На грани исчезновения находятся основные тугайные древесные (*Populeta arianae*, *P. pruinosa*), кустарниковые (*Tamariceta ramosissima*, *Halimodendreta halodendrii*) и травяные формации (*Calamagrostideta dubiae*, *C. epigeios*, *Eriantheta ravennae*, *Phragmiteta australiae*). Среди тугайных формаций лишь антропогенно производные (*Tamariceta hispidae*, *Karelinieta caspicae*, *Alhageta pseudalhagi*), возникновение которых целиком определяется деятельностью человека, являются жизнеспособными. Весь комплекс естественной тугайной растительности (травяные, кустарниковые и древесные) находится под угрозой исчезновения.





Рис. 21. Модель динамики растительных сообществ в дельте Амударьи и оценка их состояния (Кузьмина, Трешкин, 2009).  
 Fig. 21. Dynamics model of the plant communities in the Amu Darya Delta and their state assessment (Кузьмина, Трешкин, 2009).



Еще одна модель растительности дельты Амударьи 1980-х годов – Карта растительности дельты Амударьи, разработанная Н.М. Новиковой и О.А. Альдяковой в 1990 г. (Novikova, Aldjakova, 2008; рис. 22). Карта и легенда к ней составлены на ландшафтной основе с использованием разработанных эколого-генетических рядов. Карта составлялась с использованием материалов дистанционного зондирования (преимущественно космические снимки Landsat 7).

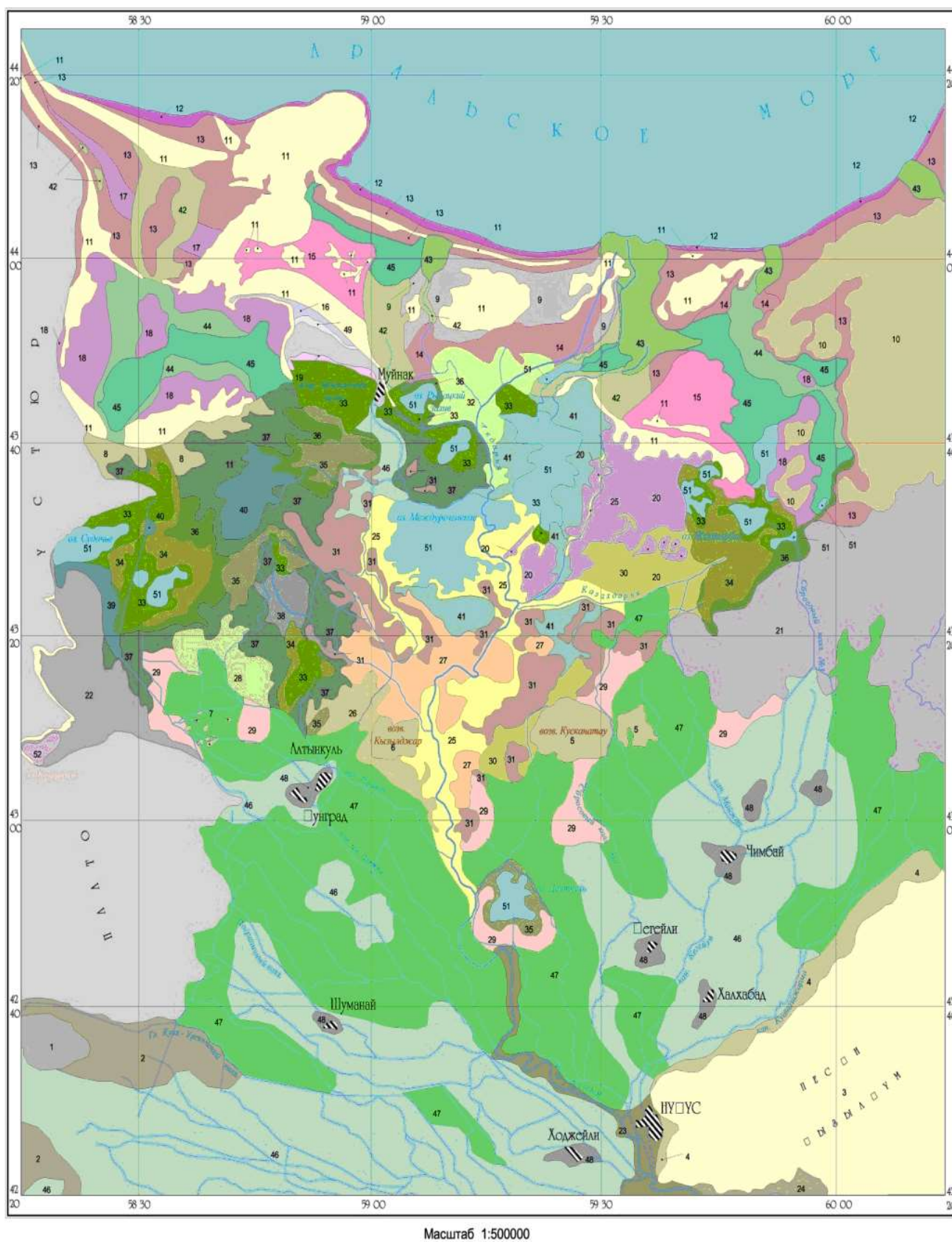
Для иллюстрации контуров карты приводим фотографии растительных сообществ в ландшафте и доминантов растительных сообществ (фото 1-9).



**Фото 1.** Растительное сообщество тополя разнолистного с верблюжьей колючкой и терескеном (*Populus diversifolia*–*Krashnennikovia ceratoides*–*Alhagi pseudalhagi*) на коркующихся лугово-тугайных почвах на прирусловом валу в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 1.** Plant community of *Populus diversifolia*–*Krashnennikovia ceratoides*–*Alhagi pseudalhagi* on the crusty meadow-tugai soils on the levee in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).

*Изучение динамики природных комплексов с помощью топо-экологического профилирования.* Натурные наблюдения непосредственно в ландшафтах дают важную количественную информацию обо всех компонентах ландшафта. Использование метода топо-экологического инструментального профилирования позволяет связать точки наблюдений с высотными отметками рельефа, относительной высотой над урезом воды в водном объекте, уровнем грунтовых вод, глубиной залегания горизонтов максимального засоления, растительным сообществом и отдельными видами.

В период наших исследований в дельте реки Амударьи (1979-2000 гг.) наблюдения на топо-экологических профилях проводились в неосвоенной под орошение части дельты (Жалгасбаев и др., 1980, 1981; Коршунова, Новикова, 1990 и др.) в приморской части (муйнакский профиль), в центральной части (профили Порлытау, Аспантай) и в восточной части дельты (профили Талдыкский, Еркиндарья). Профили прокладываются «вкрест рельефа», пересекая разные элементы дельтового рельефа и характеризуют состояние природных комплексов на момент съемки.



**Рис. 22.** Карта растительности Южного Приаралья, 1990 (Novikova, Aldjakova, 2008). *Легенда. I – Сочетания и комплексы автоморфных климаксовых фитоценозов на зональных серо-бурых суглинистых почвах: 1 – комплекс бюргуновых, сероземельнопопынных, кеурековых сообществ с участием боялыча, курчавки,*

черного саксаула на серобурых заглипсованных почвах, **2** – комплекс проценозов петрофитов и биоргуново-попынных фитоценозов на серобурых почвах, **3** – сочетания группировок куян-суека, саксаульников и черкезников с боялычниками, кеуречниками и полыньниками на серобурых слаборазвитых почвах по понижениям, **4** – комплексы биоргуновых, белоземельнопопынных и кеурековых сообществ на бурых типичных и заглипсованных почвах. **II – Сочетания и комплексы фитоценозов псаммофильных омброфитов и серий синдинамических сукцессий:** **5** – комплексы сообществ селина, черкеса, жузгуна на песчаных примитивных почвах и серий группировок галофитов – тамарикса, карабарака, однолетних солянок синдинамических сукцессий по понижениям, **6** – сочетания сообществ тамарикса и карабарака на супесчаных слаборазвитых почвах на буграх с группировками поташника и карабарака на солончаках понижений. **III – Растительные сообщества синдинамических гало-гидрогенных сукцессий в солончаковых депрессиях:** **7** – сочетания флуктуирующих сообществ тамариксов и карабарака на супесчаных суглинистых солончаковых почвах повышений и серий проценозов однолетних солянок на илистых солончаках понижений. **IV – Сочетания и комплексы серий фитоценозов в процессе опустынивания тугайной растительности и отакыривания почв:** **8** – сочетания солянковых черносаксаульников на серобурых такыровидных почвах, изредка группировок жузгуна и однолетних солянок на песчаных слаборазвитых почвах бугров, **9** – сочетания группировок туранги, тамариксов с участием черного саксаула и каргана на остаточном луговом отакыренном почвах, **10** – сочетания группировок тамариксов, черного саксаула, карабарака на лугово-тугайных отакыренных почвах и местами с зарослями тростника на гидроморфных лугово-болотных почвах, **11** – комплекс черносаксаулово-тамариковых сообществ на луговых отакыренных почвах, фрагментов турангового тугая на луговых тугайных почвах и проценозов однолетних солянок на солончаковатых и солончаковато-такыровидных почвах. **12** – комплекс группировок тамариксов с участием каргана, карабарака и итцегека, карабарачников на солончаковых почвах и фрагментов лохового тугая на засоленных лугово-тугайных почвах, **13** – сочетания группировок каргана на остаточных отакыривающихся солончаках, фрагментов тамариково-чингилового тугая на лугово-тугайных почвах и терескенников на такырах, **14** – сочетания моноценозов чингиля и кендыря на опесчаненных засоленных лугово-тугайных почвах и единичных однолетних солянок на солончаковых пустошах, **15** – сочетания тростниково-солянковых и тамариковых сообществ с участками солянок на болотно-солончаковых и торфяно-болотных отакыренных почвах, **16** – тростниковые заросли на болотно-солончаковых почвах. **V – Сочетания и комплексы фитоценозов фреатофитов экзодинамических гидрогенных сукцессий вдоль речных проток:** **17** – сочетания флуктуирующих сообществ разреженных тамариксов, ажрековых лугов на луговых и лугово-тугайных почвах и тростниковых зарослей на лугово-болотных слабосформированных почвах, **18** – сочетание флуктуирующих тамариково-туранговых тугаев на лугово-тугайных опесчаненных почвах прирусловых валов и единичных псаммофитов на несформированных почвах песчаных отложений поймы, **19** – комплекс ажрековых лужаек и проценозов солероса на луговых солончаках, **20** – фрагменты турангово-лохово-чингилевых тугаев на лугово-тугайных почвах в сочетании с проценозами дурнишника, осота и другого сорнотравья на слабосформированных болотных почвах, **21** – комплекс тамариково-карагановых, тростниковых и карабарачниковых сообществ на луговых типичных и отакыривающихся солончаках и проценозов тамарикса и сарсазана на мокрых солончаках, **22** – комплекс группировок и сообществ тростника, тамариксов с участием янтака на луговых и лугово-болотных слаборазвитых почвах и однолетних солянок с разнотравьем на болотно-солончаковых слаборазвитых почвах, **23** – сочетания тростниковых моноценозов на торфяно-болотных почвах и карабарачников с участием тамариксов на лугово-солончаковых почвах, **24** – сочетания вейниково-чингилевых и тамариковых тугаев с участием туранги и лоха на лугово-тугайных местами отакыренных почвах с тростниковыми моноценозами на болотных слаборазвитых, периодически заливаемых почвах, **25** – комплекс солянковых тамарисчатников и группировок *Polygonum* spp. на периодически заливаемых луговых солончаках. **VI – Сочетания и комплексы серий фитоценозов псаммофитов и галофитов синдинамических сукцессий трансформации солончаков при опесчанивании:** **26** – группировки эremosпартона, тамарикса, жузгуна, селитрянки, дерезы (*Eremosparton aphyllum*, *Tamarix* spp., *Calligonum* spp., *Nitraria shoeberti*, *Lycium ruthenicum*) на песчано-пустынных почвах бугров в сочетании с эфедровыми смешаносаксаульниками (*Haloxylon aphyllum*+*H. persicum-Ephedra dystachya*) на песчаных остаточных солончаковых почвах, **27** – комплекс моноценозов селитрянки, тамариксов, саксаулов (*Nitraria purum*, *Tamarix* spp., *Haloxylon* spp.) песчано-пустынных слаборазвитых почвах и проценозов солероса, шведки, сарсазана (*Salicornia perennis*, *Suaeda* spp., *Halocnemum strobilaceum*) на солончаках межбугровых понижений с локальными моноценозами тростника у выходов родников, **28** – сочетания проценозов черкеза, черного саксаула (*Salsola richteri*, *Haloxylon aphyllum*) и однолетних солянок на слаборазвитых песчаных почвах, **29** – сочетания группировок и сообществ черного саксаула и тамариксов на маломощных неразвитых песчаных почвах с сообществами жузгуна, тамариксов, смешаносаксаульников с участием разнотравья на мощных примитивных песчаных почвах, **30** – группировки жузгуна *Calligonum aphyllum* в сочетании с проценозами однолетних солянок на неразвитых навесных почвах песков, **31** – сочетания группировок куян-суека, черкеза (*Ammodendron conollyi*, *Salsola richteri*) солянок на примитивных песчаных почвах и локальных моноценозов тростника (*Pragmites australis*) у выхода родников на солончаках, **32** – сочетания проценозов



солероса, шведки, лебеды (*Salicornia perennis*, *Suaeda* spp., *Atriplex* spp.) на приморских солончаках и однолетних солянок с участием псаммофитов на навейных песках и слабозвитых почвах. **VII – Сочетания и комплексы серий флуктуирующих фитоценозов синдинамических гидрогенных сукцессий на морском берегу:** **33** – проценозы солероса, шведок (*Salicornia perennis*, *Suaeda* spp.) на приморских солончаках, периодически заливаемые морской водой, **34** – сочетания ажрековых, тамариковых (*Aeluropus littoralis*, *Tamarix* spp.) сообществ с участием тростника на лугово-солончаковых почвах, карабараково-поташниковых (*Halostachys caspica*–*Kalidium foliatum*) с участием селитрянки и климакоптеры (*Nitraria shoeberi*, *Climacoptera aralensis*) на типично солончаковых и моноценозов тамариков на опесчаненных лугово-солончаковых почвах, **35** – сочетания крепей тростника, проценозов однолетних солянок, моноценозов рогоза и камыша *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris* на болотных слабозвитых почвах, **36** – сочетания моноценозов тростника на длительно заливаемых участках, группировок тамариков с участием тростника на участках с растеканием поверхностных вод и группировок сарсазана, карабарака (*Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*) с участием тамариков на солончаках периодически заливаемых, **37** – сочетания крепей тростника на затопляемых участках и группировок тамариков с участием тростника на типичных солончаках. **VIII – Культурная растительность:** **38** – рисовые поля с комплексом гидроморфных сорняков и тростника, **39** – хлопковые, люцерновые поля и залежи с комплексом разнотравья, **40** – посадки туранги, лоха *Elaeagnus* spp. и прочих в населенных пунктах, черного саксаула, черкеза (*Haloxylon aphyllum*, *Salsola richterii*) – на осушенной дельте. **IX – Участки без растительности:** **41** – солончаки (морские, пухлые), **42** – солончаковатые пустоши, **43** – массивы барханных песков. **Fig. 22.** Vegetation map of the South Aral Sea Region in 1990 (Novikova, Aldjakova, 2008). **Legend. I – Combinations and complexes of the automorphic climax phytocoenoses on zonal gray-brown loamy soils:** **1** – Complexes of communities with dominance of *Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Salsola orientalis* and participation of *Salsola arbuscula*, *Atraphaxis spinosa*, *Haloxylon aphyllum* on gray-brown gypsum soils, **2** – Complexes of procenoses of petrofites and communities of *Artemisia* spp.+*Anabasis salsa* on gray-brown soils, **3** – Combinations of groups of *Ammodendron conollyi*, *Haloxylon persicum*, *Salsola richterii* with *Salsola arbuscula*, *S. orientalis*, *Artemisia* spp. on gray-brown primitive soils in depressions, **4** – Complexes of *Anabasis salsa*, *Artemisia terrae-albae*, *Salsola orientalis* on brown typical and gypsum soils. **II – Combinations and complexes of psammophyte-ombrophyte phytocoenoses and series of communities of syndynamic successions:** **5** – Complexes of communities with dominance of *Stipagrostis* spp., *Salsola richterii*, *Calligonum* spp., on sandy-desert primitive soils and groups of halophytes – *Tamarix* spp., *Halostachys caspica*, annual salsolas as series of syndynamic successions in depressions, **6** – Combinations of communities with dominance of *Tamarix* spp. and *Halostachys caspica* on sandy primitive soils at hillocks with groups of *Kalidium foliatum* and *Halostachys caspica* on solonchak soils in depressions. **III – Communities of syndinamic halo-hydrogenic successions within solonchak's depressions:** **7** – Combinations of fluctuative communities of *Tamarix* spp. and *Halostachys caspica* on sandy-loamy solonchak soils of hillocks and series of procenoses of annual salsolas at silty solonchaks in depressions. **IV – Combinations and complexes of series of phytocoenoses in processes of desertification of tugai vegetation and takirisation of soils:** **8** – Combinations of *Haloxylon aphyllum*–*Salsola* spp. on gray-brown takir-like soils with groups of *Calligonum* spp. and annual salsolas on sandy primitive soils of hillocks, **9** – Combinations of groups *Populus* spp., *Tamarix* spp. with participation of *Haloxylon aphyllum*, *Salsola dendroides* on the rest meadow takirized soils, **10** – Combinations of groups of *Tamarix* spp. *Haloxylon aphyllum*, *Halostachys caspica* at the meadow-tugai takirized soils with participation of *Phragmites australis* on hydromorphic meadow-bog soils, **11** – Complex of community of *Tamarix* spp.–*Haloxylon aphyllum* on meadow takirized soils, community of *Populus* spp.–*Elaeagnus angustifolia* on meadow tugai soils and procenoses of annual salsolas on solonchakous and solonchakous-takir-like soils, **12** – Complex of groups of *Tamarix* spp. with participation of *Salsola dendroides*, *Halostachys caspica*, *Anabasis aphylla* on solonchaks with fragments of communities of poplar tugai on solty meadow-tugai soils, **13** – Combination of groups of *Salsola dendroides* on the rest takirized solonchaks, communities of *Halimodendron halodendron*–*Tamarix* spp. on meadow-tugai soils and *Krashennikovia ceratoides* on takir soils, **14** – Combination of monocenoses of *Halimodendron halodendron* and *Trachomitum orientalis* on sandy salty meadow-tugai soils and solonchak empty with single annual soliankas, **15** – Combination of communities of *Salsola* spp.–*Phragmites australis* and *Tamarix* spp. with annual soliankas on solonchak-bog and peat-bog takirized soils, **16** – Reeds on solonchakous-bog soils. **V – Combinations and complexes of phytocoenoses of phreatophytes of exo-hydrodynamic successions at the river banks:** **17** – Combination of communities of fluctuative rare *Tamarix* spp., *Aeluropus littoralis* meadows on meadow and meadow tugai soils with communities of *Phragmites* communities purum on bog-meadow primitive soils, **18** – Combination of communities of fluctuative *Populus* spp.–*Tamarix* spp. of tugai type on meadow-tugai sandy soils of levees and single psammophyte species on primitive sandy soils of current flood-plain deposits, **19** – Complexes of communities of *Aeluropus littoralis* and procenoses of *Salicornia perennis* on meadow solonchaks, **20** – Combination of communities of *Populus* spp.+*Elaeagnus angustifolia*–*Halimodendron halodendron* tugai types with communities of annulus weed grass (*Xanthium strumarium*, *Amarantus retroflexus*) on primitive bog soils, **21** – Complex of communities *Salsola dendroides*–*Tamarix* spp., *Phragmites australis*, *Halostachys caspica* on typical meadow and takirized solonchaks with procenoses of on wet solonchaks, **22** – Complex of groups and communities of *Phragmites australis*, *Tamarix* spp.

with participation of *Alhagi pseudalhagi* on meadow, meadow-bog primitive soils with annual salsolas-mixteherbosa on slonchak-bog primitive soils, **23** – Combination of communities of *Phragmites australis* purum on peat-bog soils with communities of *Halostachys caspica*–*Tamarix* spp. on meadow-solonchak soils, **24** – Combination of tugai type communities of *Halomodendron halodendron*–*Calamagrostis epigeios* with participation of *Populus diversifolia*, *Elaeagnus angustifolia* on meadow-tugai takirized soils with communities of *Phragmites australis* purum on rare flooded primitive bog soils, **25** – Complex of communities of *Tamarix* spp.–annual *Salsolas* with groups of *Polygonum* spp. on rare flooded meadow-solonchak soils. **VI – Combinations and complexes of seres of phytocoenoses of psammophytes and halophytes of syndynamic successions under processes of transformation of solonchaks by sandy cover:** **26** – Combination of groups of *Eremosparton aphyllum*, *Tamarix* spp., *Calligonum* spp., *Nitraria shoeberi*, *Lycium ruthenicum* on sandy desert soils of top of hillocks with *Haloxylon aphyllum*+*H. persicum*–*Ephedra dystachya* on sandy residual solonchaks in depressions, **27** – Complex of communities *Nitraria purum*, *Tamarix* spp., *Haloxylon* spp. on sandy desert primitive soils with procoenoses of *Salicornia perennis*, *Suaeda* spp., *Halocnemum strobilaceum* on solonchak soils in depressions within sandy hillocks with local patches of *Phragmites australis* near springs, **28** – Combination of procoenoses of *Salsola richterii*, *Haloxylon aphyllum*, annual salsolas on primitive sandy desert soils, **29** – Combination of communities of *Haloxylon aphyllum*, *Tamarix* spp. on thin primitive sandy-desert soils with communities of *Calligonum* spp., *Haloxylon persicum*–*H. aphyllum*–*Mixteherbosum* on thick primitive sandy-desert soils, **30** – Combination of procoenoses of *Calligonum aphyllum* with annual salsolas on primitive aeolian thin sands on solonchaks, **31** – Combination of communities of *Ammodendron conollyi*, *Salsola richterii* on primitive sandy desert soils with local area of communities of *Phragmites australis* near springs, **32** – Combination of procoenoses of *Salicornia perennis*, *Suaeda* spp., *Atriplex* spp. on seashore solonchaks with annual salsolas with participation of psammophytes on aeolian sand deposits on solonchaks. **VII – Combinations and complexes of series of fluctuated phytocoenoses of syndynamic hydrogenic successions on sea shore:** **33** – Procoenoses of *Salicornia perennis*, *Suaeda* spp. on seashore solonchaks of sea beaches, **34** – Combination of communities of *Aeluropus littoralis*, *Tamarix* spp., with participation of *Phragmites australis* on meadow-solonchak soils, *Halostachys caspica*–*Kalidium foliatum* with participation of *Nitraria shoeberi*, *Climacoptera aralensis* on typical solonchak soils and *Tamarix* spp. on sandy meadow-solonchak soils, **35** – Combination of communities of *Phragmites australis*, annual salsolas, *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris* on bog primitive soils, **36** – Combination of communities of *Phragmites purum* on long flooded area by river water, groups of *Tamarix* spp. With participation of *Phragmites australis* on the area, short flooded by river water and with groups of *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*, with participation with *Tamarix* spp. on sometimes flooded wet solonchaks, **37** – Combination of high reeds flooded by river water with *Tamarix* spp. with participation of *Phragmites australis* on typical wet solonchaks. **VIII – Cultivated vegetation:** **38** – Rice fields with participation of weed species and *Phragmites australis*, **39** – Cotton and alfalfa fields, fallow lands with grass, **40** – Planted forests of poplar, *Elaeagnus* spp. in the villages, *Haloxylon aphyllum*, *Salsola richterii* in the dry delta near sea shore. **IX – Area without vegetation:** **41** – Solonchaks on seashores and dry sea bottom, **42** – Solonchak empty area, **43** – High barchan sandy area.

Исследования на Муйнакском профиле проводились по программе ЮНЕСКО 509/RAS/40-Аральское море. Они были организованы и проведены на Муйнакской международной станции весной и осенью 1993 года (Новикова, Кузьмина, 2000; Novikova et al., 1998). Станция расположена на севере Амударьинской дельты в пределах Муйнакского района Республики Каракалпакстан, в 7 км к югу от г. Муйнак, на левом берегу канала «Главмясо» (рис. 23).

Гидрографическая сеть в районе к 1980-м годам была практически полностью преобразована человеком, режим водоемов и каналов искусственно регулировался. Современные магистральные каналы Кипчак, Талдык, Главмясо и другие созданы на месте бывших протоков р. Амударья и транспортируют речную воду в дельту. Озера Большой и Малый Закирколь, Макпал, Чагырлык, наполняются пресной водой периодически, в зависимости от водности года и потребностей ирригации. В бывших морских заливах были созданы искусственные водоемы Муйнакский и Рыбацкий. Пресная вода в озерах и каналах в маловодные годы и меженный период может содержать более 1.5 г/л воднорастворимых солей. Озеро Чагырлык замыкает Караджарскую систему озер, пополняемых не только речной водой, но и водами из Раушанского коллектора.

Почвы района болотные и луговые, формируются в гидроморфных условиях на аллювиальных речных отложениях. В процессе эволюции при обсыхании они подвергаются отакыриванию и/или засолению, поэтому встречаются многочисленные варианты в зависимости от степени их трансформированности в процессе опустынивания.



**Фото 2.** Растительное сообщество молодого тополя разнолистного с карелинией каспийской (*Populus diversifolia*–*Karelinia caspia*) на лугово-тугайных почвах на прирусловом валу протоки Еркиндарья близ устья в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 2.** Plant community of *Populus diversifolia*–*Karelinia caspia* on the meadow-tugai soils on the levee of the Erkindarya Branch in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).



**Фото 3.** Растительное сообщество формирующегося тугая из тополя (*Populus ariana*) на лугово-тугайных почвах на прирусловом валу у магистрального канала близ возвышенности Талдык в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 3.** Forming tugai forest of *Populus ariana* on the meadow-tugai soils on the levee near the main channel, the Taldyk Hill in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).





**Фото 4.** Растительное сообщество кустарникового чингилево-тамарикового (*Tamarix hispida*–*Halimodendron halodendron*) тугая на солончаковой почве на склоне прируслового вала в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 4.** Plant community of *Tamarix hispida*–*Halimodendron halodendron* on the saline soil of the levee slope in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).



**Фото 5.** Формирующееся сообщество черного саксаула с участием тамарикса шерстистого (*Haloxylon aphyllum*–*Tamarix hispida*) на обсохшей прморской равнине в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 5.** Forming community of *Haloxylon aphyllum*–*Tamarix hispida* on the dried-up plain in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).



**Фото 6.** *Halimodendron halodendron* – чингиль серебристый в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 6.** *Halimodendron halodendron* in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).



**Фото 7.** *Halostachys belangeriana* – соляноколосник в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 7.** *Halostachys belangeriana* in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).

Растительность представлена серийными сообществами сукцессионных рядов опустынивания древесных, кустарниковых и травяных тугаев. В районе наблюдаются практически все основные типы смен растительности, происходящие под влиянием гидро-, гало- и псаммогенных экогенетических сукцессий, отражающих суть гологенетического процесса изменения растительности дельты Амударьи под влиянием сокращения обводненности.



В районе Муйнакской станции располагаются 7 видов ландшафтов: пологонаклонных равнин современной обсыхающей дельты (1); опустыненных равнин обсохших озерных котловин (2), приморской равнины (3), дельт выдвигения, сформировавшихся в 60х (4) и в 70х годах (5); обсохших морских заливов и дна Аральского моря (6), а также ирригационных ландшафтов орошаемых массивов и аквальных ландшафтов вновь образованных и восстановленных озер и протоков (7).



**Фото 8.** *Tamarix laxa* – тамарикс рыхлый в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985).  
**Photo 8.** *Tamarix laxa* in the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).



**Фото 9.** *Salsola dendroides* – солянка древовидная на отакыренном солончаке в межрусловом понижении в дельте Амударьи (фото Н.М. Новиковой, 1985). **Photo 9.** *Salsola dendroides* on a takir saline in the inter-river depression of the Amu Darya Delta (photo by N.M. Novikova, 1985).

Исследуемая территория стабильно обсыхала с 60-х годов вплоть до середины 80-х. Это было вызвано сокращением притока речной воды с соответствующим прекращением паводковых разливов, а также падением уровня Аральского моря, повлекшего за собой врезание русел и ускорение пересыхания озер и протоков. За этим последовало снижение уровня грунтовых вод и повышение их минерализации. Этот процесс эволюции природных ландшафтов по пути опустынивания и становления биокомплексов пустынного типа до сих пор продолжается на территории дельты выдвигания и обсохшего дна моря.

Создание искусственных водоемов в Муйнакском и Рыбацком заливах в конце 80-х годов, наполнение оз. Чагырлык, Макпал, Малый Закирколь, а также освоение под орошение без дренажа больших площадей опустыненных озерно-дельтовых равнин привели к тому, что на обширной территории района отмечается подъем грунтовых вод, увеличение площади гидроморфных засоленных почв и растительных сообществ болотно-лугово-солончакового типа.

Возрастание обводненности дельты Амударьи с начала 90-х годов, в особенности территории Муйнакского района, несколько смягчает кризисность экологической ситуации, но не снимает ее.

Уровень воды в канале меняется по годам и искусственно регулируется. Количество поступающей в канал воды недостаточно для переливания через обвалованные берега его русла. Прилегающие участки периодически (раз в 2-5 лет) искусственно заливаются. Последнее обводнение было в 1998 году.

Вместе с тем, формирующаяся приканальная линза и постоянный гидростатический подпор из канала обуславливает относительно неглубокое залегание грунтовых вод на приканальной территории. В период наблюдений уровень грунтовых вод на расстоянии до 100 м не опускался ниже 2 м (рис. 23; уч. 5, 6). Близкое стояние грунтовых вод в условиях жаркого лета, теплой весны и осени, способствует аккумуляции легкорастворимых солей в верхних горизонтах почв.

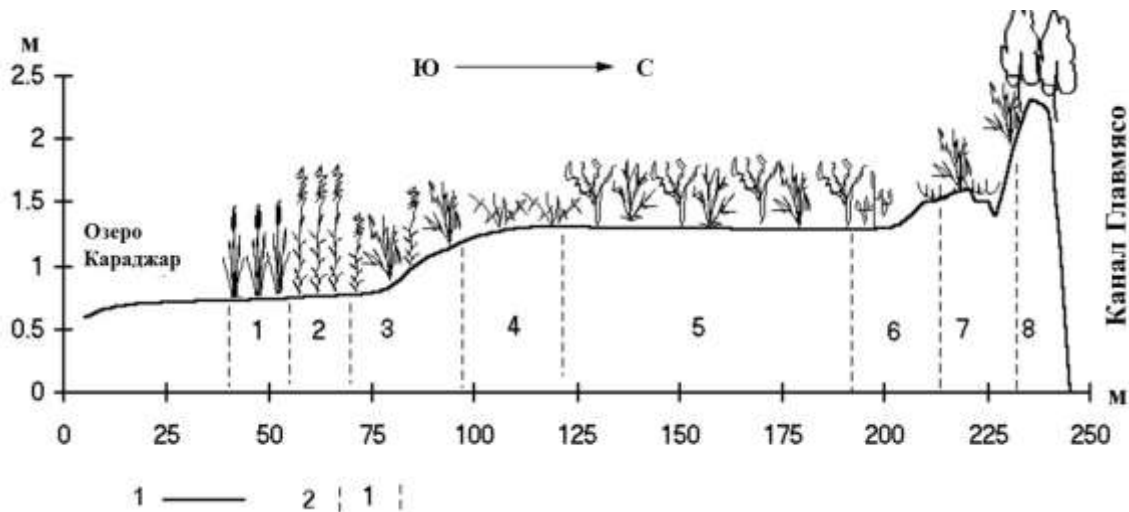
Поэтому, в отличие от территорий, приуроченных к полностью обсохшим протокам, в данном случае опустынивание ландшафтов выражено в меньшей степени, протекает замедленно и характеризуется формированием солончаков непосредственно на бывших прирусловых валах и склонах междурусловых понижений, что редко наблюдается на других аналогичных территориях дельты в условиях быстрого падения уровня грунтовых вод.

Зона гидростатического подпора грунтовых вод от канала (так называемая «зона растекания») со злостными солончаками достигает 300-400 м по обе стороны от канала. При этом чем дальше от канала, тем более засоленными являются не только поверхностные, но и более глубокие слои почвогрунтов. Так, на участках 5 и 6 содержание солей в горизонте 0-15 см превышает их содержание в горизонте 15-50 см в 10-12 раз, а на участках 7 и 8 – в 3-6 раз. Важно отметить, что с увеличением степени засоления в исследуемых почвах резко возрастает доля токсичных ионов хлора (рис. 24А, Б). В наиболее удаленных от канала почвах доля хлора особенно высока. При этом с глубиной доля хлорид анионов в почвах возрастает.

Семилетние наблюдения за растительностью и почвами на модельных участках ландшафтного профиля показали, что возобновление гидроморфного режима на отдельных локальных территориях в опустынивающейся дельте Амударьи способствуют рассолению солончаков под тугайной растительностью и интенсификации засоления в солончаках под типичной солончаковой растительностью. Соседство экологически резко контрастирующих почвенных разностей солончаков отакыренных остаточного луговых и солончаков болотных, а также отсутствие зоны «периферийного» засоления, окаймляющей постоянные водоемы указывает на молодость процесса и прогрессирующую гидроморфизацию в ландшафтах.

На рассматриваемых нами участках максимальный запас фитомассы характерен для

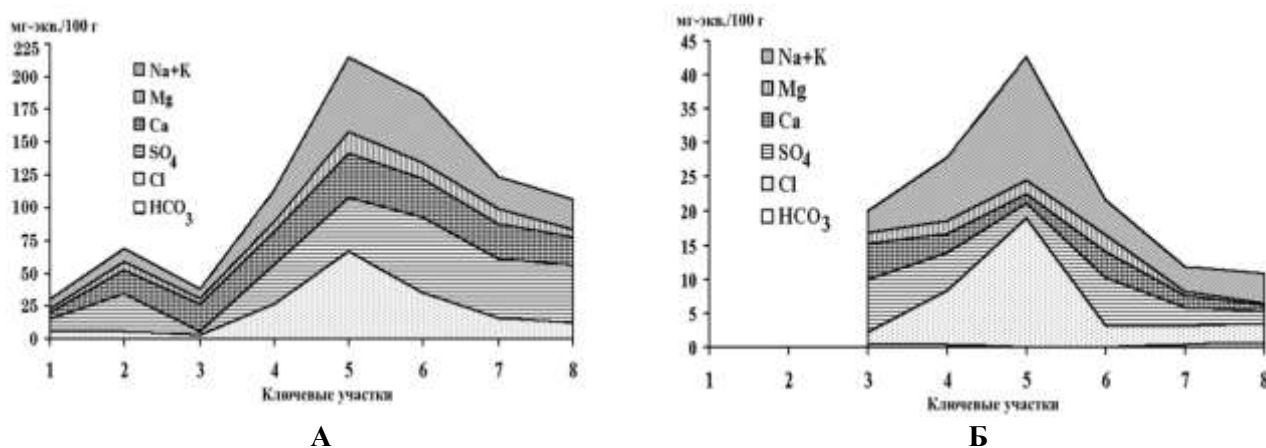
древесного тугая (рис. 25, уч. 8), он составляет  $9578 \text{ г/м}^2$ . Фитомасса других сообществ имеет тот же порядок, что и в тугайном сообществе, но ниже в 2-6 раз. Значительной величиной фитомассы ( $4729 \text{ г/м}^2$ ) так же отличается сообщество *Salsola dendroides* (рис. 25, уч. 4). Минимальная фитомасса ( $1380 \text{ г/м}^2$ ) измерена в кустарниковом сообществе на солончаке (рис. 25, уч. 5).



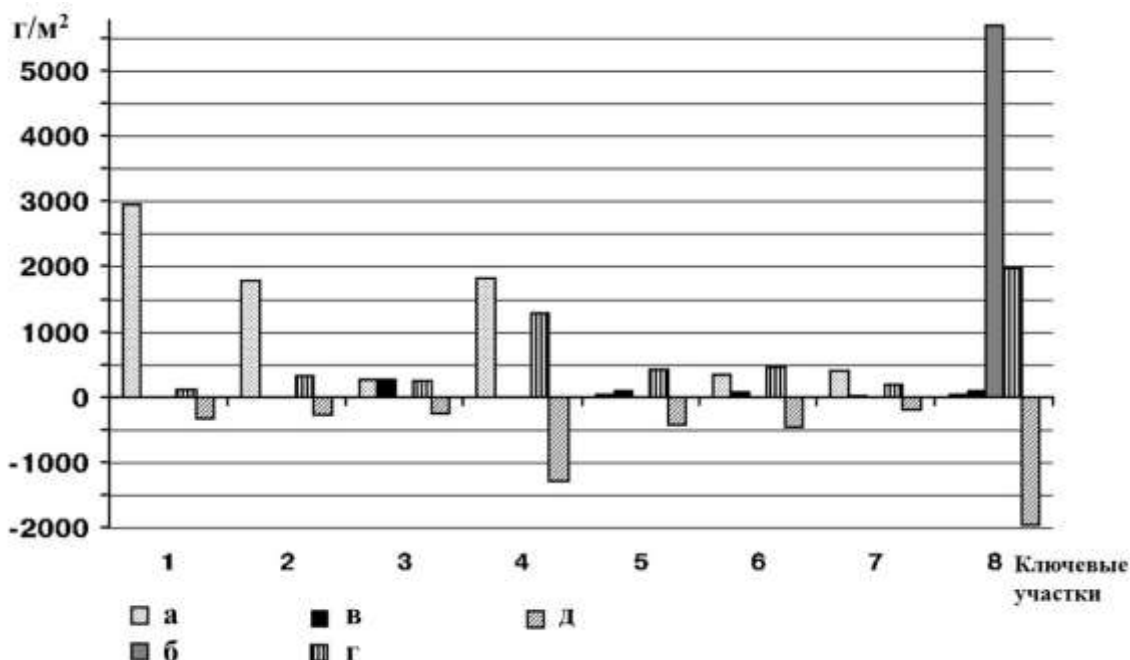
**Рис. 23.** Муйнакский профиль в приморской части дельты Амударьи от озерной депрессии к прирусловому валу (Новикова, Кузьмина, 2000). Условные обозначения: по оси  $x$  – относительная высота над урезом воды в озере, по оси  $y$  – расстояние от открытой водной поверхности в направлении канала, 1 – рельеф относительный, 2 – номера точек и названия сообществ по профилю: 1 – *Typha angustifolia*, 2 – *Phragmites australis*, 3 – *Phragmites australis*–*Tamarix ramosissima*+*T. hispida*–*Mixteherbosa*, 4 – *Salsola dendroides*, 5 – *Halostachys belangeriana*+*Tamarix hispida*+*T. ramosissima*–*Ephemerosa*, 6 – *Halostachys belangeriana*+*Tamarix hispida*+*T. ramosissima*–*Mixteherbosa*, 7 – *Tamarix hispida*+*T. ramosissima*–*Aeluropus littoralis*, 8 – *Populus ariana*–*Tamarix* spp.–*Mixteherbosa*. **Fig. 23.** Muinak profile in the littoral part of the delta of the Amu Darya River, stretching from the lake depression to the levee (Новикова, Кузьмина, 2000). Legend: the  $x$ -axis shows the relative height above the lake water edge; the  $y$ -axis shows the distance from the open water surface to the channel, 1 – relief, 2 – numbers of the key sites and communities of the profile: 1 – *Typha angustifolia*, 2 – *Phragmites australis*, 3 – *Phragmites australis*–*Tamarix ramosissima*+*T. hispida*–*Mixteherbosa*, 4 – *Salsola dendroides*, 5 – *Halostachys belangeriana*+*Tamarix hispida*+*T. ramosissima*–*Ephemerosa*, 6 – *Halostachys belangeriana*+*Tamarix hispida*+*T. ramosissima*–*Mixteherbosa*, 7 – *Tamarix hispida*+*T. ramosissima*–*Aeluropus littoralis*, 8 – *Populus ariana*–*Tamarix* spp.–*Mixteherbosa*.

Живая фитомасса формируется как за счет надземной, так и подземной составляющих. Известно (Родин, 1961; Гладышев, 1992), что в сообществах кустарниковых тугаев подземная фитомасса выше надземной. Наши данные подтвердили это. В то же время наши данные по соотношению надземной и подземной фитомассы для травяных и древесных тугаев отличаются от полученных ранее для дельты Амударьи (Родин, 1961). Тогда как для лоховых и туранговых тугаев это соотношение не превышало в прежние годы 1.04-1.2 раз, в 1993 году в туранговом сообществе Муйнакского ландшафтного профиля (уч. 8) надземная фитомасса была выше подземной в 1.6 раза. Наиболее контрастные отличия этого соотношения с результатами прошлых лет (Родин, 1961) получены нами в травяных сообществах. Так, ранее (до зарегулирования стока реки) надземная фитомасса

тростниковых сообществ в дельте Амударьи была ниже подземной не менее чем 2.5 раза, в настоящее время она оказалась выше подземной (для тростниковых и рогозовых сообществ в силу их «молодости») в 7 и 9 раз соответственно. Таким образом, данные анализа структуры фитомассы в разных тугайных сообществах еще раз подтвердили полученный иными методами вывод о том, что наибольшие структурные изменения в результате обсыхания дельты произошли в типичных древесных и травяных тугайных сообществах.



**Рис. 24.** Ионный состав солей в почвах ландшафтно-экологического профиля в Муйнакском районе осенью 1993 г.: А) горизонт 0-15см, Б) горизонт 15-50 см. **Fig. 24.** Ionic composition of salts in the soils on the key sites of the Muinak landscape-ecological profile in the autumn of 1993: А) 0-15 cm layer, Б) 15-50 cm layer.

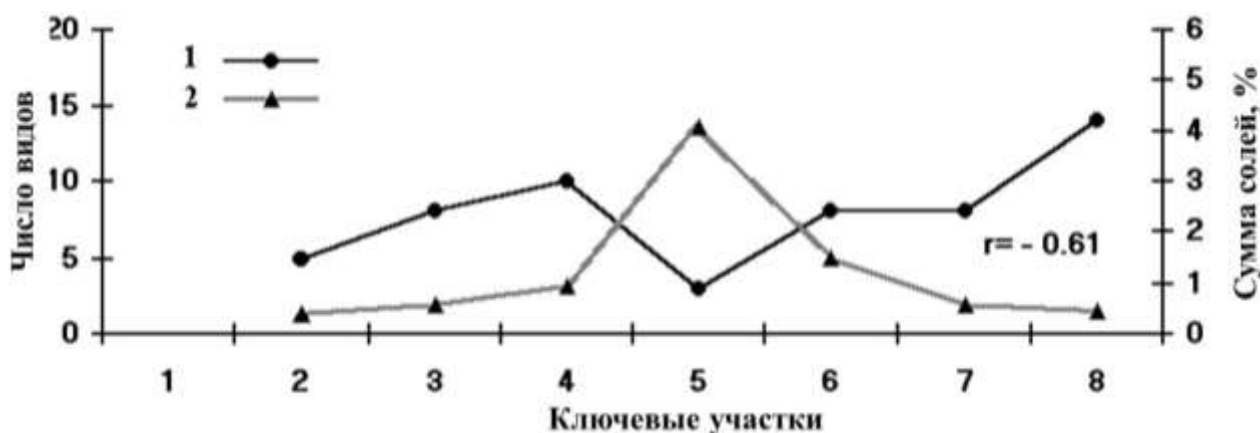


**Рис. 25.** Структура фитомассы растительных сообществ на ключевых участках Муйнакского профиля. *Условные обозначения:* а) травы, б) деревья, в) кустарники, г) мортмасса, д) подземная фитомасса корней. **Fig. 25.** Structure of phytomass of the plant communities on the key sites of the Muinak profile. *Legend:* а) herbs, б) trees, в) shrubs, г) mortality mass, д) underground roots phytomass.

Измеренные запасы зеленой фотосинтезирующей части фитомассы в определенной степени могут охарактеризовать продуктивность растительных сообществ. Мы отдаем себе отчет в том, что отклонение от реальных значений неизбежно в кустарниковых и древесных тугайных сообществах, но тем не менее, воспользуемся этой характеристикой для оценки годичного прироста фитомассы в сообществах. Наибольшие значения запасов зеленой фитомассы отмечены в травяных тугаях и в сообществе *Salsola dendroides*, что составляет соответственно 2948, 1777 и 1800 г/м<sup>2</sup>. Зеленая фитомасса в других сообществах на порядок ниже, чем в травяных, а в сообществе галофильных кустарников на солончаке ниже на два порядка и составляет 37 г/м<sup>2</sup>.

Наши исследования подтвердили известное положение о том, что в условиях лучшего обводнения запасы фитомассы выше. Наиболее высокопродуктивными являются сообщества травяных тугаев болотных местообитаний. Им уступают древесные тугаи, но запасы фитомассы последних выше. Подтверждено, что надземная фитомасса кустарников ниже подземной, а у древесных сообществ – выше (рис. 25). Впервые для дельты Амударьи показано (рис. 26), что между видовым богатством растительных сообществ и засолением почв в полуметровом слое имеется достаточно высокая обратная связь (коэффициент корреляции близок к значимому).

Антропогенный характер преобразования ландшафта и изменение направления его эволюции также подчеркивает контрастное соседство растительных сообществ, типичных для разных направлений естественных динамических преобразований растительности: в направлении «обводнения и рассоления» → *Phragmiteta australiae*; в направлении «такыризация и рассоление» → *Salsola dendroides*; «обводнение и засоление» → *Tamariceta hispidae* (рис. 23).



**Рис. 26.** Количество видов (1) и средневзвешенное содержание солей в горизонте 0-60 см (2, %) на ключевых участках Муйнакского профиля (по данным 1999 г.),  $r$  – коэффициент корреляции. **Fig. 26.** Number of species (1) and weighted average of salts in a 0-60 cm layer (2, %) on the key sites on the Muinak profile (according to the data for 1999),  $r$  – correlation coefficient.

*Топо-экологический профиль Порлытау* располагается в центре не освоенной под орошение части дельты Амударьи, на правом берегу русла Амударьи (Акдарьи) к северу от места отхождения от него рисового канала. Профиль проложен перпендикулярно руслу с запада на восток и имеет в настоящее время протяженность около 500 м (рис. 27). Он был заложен осенью 1979 г. и в это время были проведены первые наблюдения. Повторные наблюдения проводились в 1985, 1993, 1999 и 2017 гг. На профиле выделены две формы дельтового рельефа – прирусловой вал и его склон. Прирусловой вал – контур 1 на профиле,

на 1.2 м остальную часть вала и занят туранговым тугаем. Далее на профиле выделены участки на основании различия в растительности. В 1979 г. (Коршунова, Новикова, 1990) профиль начинался у уреза воды в русле Амударьи и проходил через прирусловую пойму, сложенную песчаными отложениями и занятую трехлетним тамариксово-туранговым тугаем с формирующейся аллювиально-тугайной почвой. Протяженность этого контура была 300 м. Над прирусловой поймой уступом начинался прирусловый вал со зрелым тугаем на аллювиально-луговой коркующейся почве. Видовой состав и неудовлетворительная жизненность растений свидетельствовали о неблагоприятных условиях их произрастания. Территория профиля за исключением прирусловой поймы в 1979 г. уже давно не заливалась.

За время наблюдений (38 лет) на профиле произошли антропогенно обусловленные изменения: с 1979 по 1990 г. во время паводка произошло разрушение трехлетнего тугая на низкой пойме, профиль сократился на 300 м, русло врезалось на 3 м и прирусловый вал оказался над урезом воды на высоте 6 м. К 2017 г. русло везалось еще на 6 м и к 2017 г. береговой уступ над урезом воды оказался на высоте 12 м и еще 200 м в начале профиля, занятые туранговым тугаем, были смыты рекой. В 2017 г. от турангового тугая остался участок, шириной не более 20 м. Первые три точки наблюдений исчезли из-за обрушения берега.

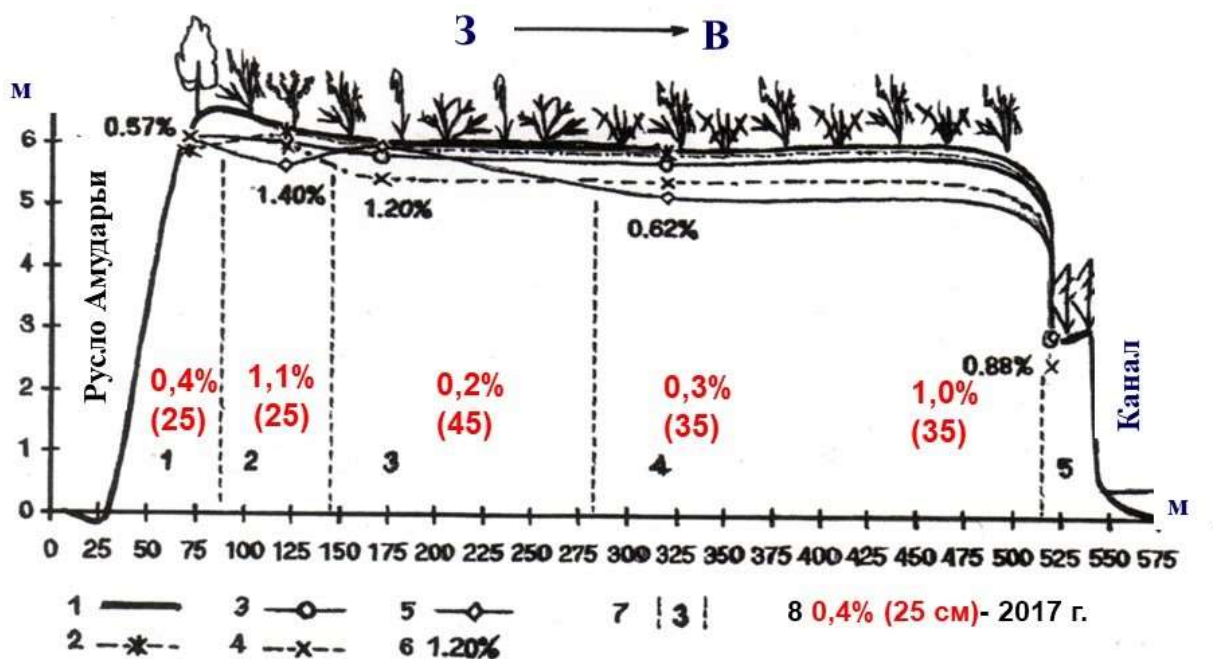
Изменения в солевом профиле почв вынесены на рисунок профиля (рис. 27). Он показывает, что горизонт максимального засоления в первые годы наблюдений был приближен к поверхности на всех точках и в последующие годы он постепенно заглублялся, и величина солей возрастала. Из-за полного прекращения стока реки в Аральское море в маловодный период (1982-1983, 1985-1986 и 1989 годы) отсутствовали паводковые разливы. В этот период в почвах по всему ландшафтному профилю Порлытау активно накапливались соли, в том числе, и гипс. В 1999 году на отдельных участках отмечалось незначительное снижение общей концентрации солей (в сравнении с 1993 годом) и гипса (в сравнении с 1979-1993 годами) в горизонтах максимального накопления водорастворимых солей.

Только между 1993 и 1999 годами произошло перемещение горизонта максимального содержания к поверхности в точке 3 с тамарисчатником, на остальных точках заглубление произошло на глубину около 1.5 м. Многие экземпляры тамарикса погибли и этот участок имеет до сих пор пустошный вид. Ранее, в 1985 г., наибольшее засоление имел участок 2 с соляноколосником. В 2017 г. мы имели возможность обследовать солевой профиль почв только на глубину до 50 см. Оказалось, что горизонт максимального содержания солей находится на участках на разной глубине: он приближен к поверхности (на глубину 25 см) в первых двух точках (туранговом тугае и кустарниковом галофильном), под тамарисчатниками находится на максимальной глубине (45 см) и под наиболее удаленными от реки точками у канала, на промежуточной глубине – 35 см. Почти во всех точках содержание солей ниже 1%, в то время как в точках 2 и 5 (под карабарак), равно 1% или несколько больше.

Изменение растительности в течение времени происходят очень медленно. Только в 1985 г. на пустошном участке между тугаем на прирусловом валу и проложенным каналом появился солеустойчивый вид карабарак (*Halostachys belangeriana*). Позже, в 1993 г. появились проростки древовидной солянки (*Salsola dendroides*), идет медленное усыхание тамариксов. В таблице 6 приведен список видового состава растительных сообществ. Выпавшие виды относятся преимущественно к мезофитам – растениям, которые были на этой территории, когда она переживала луговую стадию. Внедрились солелюбивые и солеустойчивые виды – карабарак и древовидная солянка. В 2017 г. на этом же участке было отмечено появление пустынного вида – терескена, а вблизи, но вне линии профиля – черного саксаула.

Как показали приведенные примеры наблюдений на топо-экологических профилях (рис. 23-27), они дают детальную многоплановую информацию об относительно медленно развивающихся процессах.





1



2



3



4

5

**Рис. 27.** Топо-экологический профиль Порлытау, основные данные на 1999 г., с добавлением значения глубины максимального засоления почвы в слое 0-50 см на ключевых участках в 2017 г. Условные обозначения. 1 – рельеф (над урезом воды), 2-5 – глубина залегания горизонта максимального накопления солей в разные годы (2 – 1979, 3 – 1985, 4 – 1993, 5 – 1999), 6 – максимальное содержание солей (%) в 1999, 7 – номер участка на профиле и соответствующее ему растительное сообщество в 1999 г.: 1 – *Populus ariana*–*Tamarix ramosissima*–*Mixteherbosa*, 2 – *Halostachys belangeriana*–*Tamarix ramosissima*–*Ephemerosa*, 3 – *T. ramosissima*–*Ephemerosa*, 4 – *T. ramosissima*–*Salsola dendroides*, 5 – *Calamagrostis epigeios*–*Mixteherbosa*; 8 – глубина максимального засоления почвы в прикопке в 50 см и сумма солей в % в 2017 г. **Fig. 27.** Topo-ecological profile in Porlytau, the main data for 1999, with the added value of the maximum salinity depth in the soils in a 0-50 cm layer at the key sites in 2017. **Legend.** 1 – relief (above the water edge), 2-5 – depth of the horizon of the maximum salt accumulation for different years (2 – 1979, 3 – 1985, 4 – 1993, 5 – 1999), 6 – maximum salt content (%) in 1999, 7 – a key site number on the profile and its plant community in 1999: 1 – *Populus ariana*–*Tamarix ramosissima*–*Mixteherbosa*, 2 – *Halostachys belangeriana*–*Tamarix ramosissima*–*Ephemerosa*, 3 – *T. ramosissima*–*Ephemerosa*, 4 – *T. ramosissima*–*Salsola dendroides*, 5 – *Calamagrostis epigeios*–*Mixteherbosa*; 8 – maximum salinity depth in the soils in a 50 cm layer, and the amount of salts (%) in 2017.

Наблюдения проводятся в режиме мониторинга и позволяют фиксировать тонкие изменения практических всех компонентов природных комплексов. Опыт работы в не освоенной части дельты Амударьи показывает, что длительные наблюдения на протяженных профилях позволяют проследить и результаты непрекращающейся хозяйственной деятельности. Как было показано ранее, на Муйнакском профиле (рис. 23-26) обсохшие озерные понижения, превратившиеся в солончаковые пустоши, обводнялись и ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2021, том 5, № 3

восстанавливались травяные тугаи в условиях общей тенденции опустынивания дельты. На профиле Порлытау (рис. 27) под влиянием проложенного канала территория начала засоляться, появились галофитные кустарники, и в 2017 г. было зафиксировано внедрение пустынных видов.

**Таблица 6.** Видовой состав растительных сообществ на профиле Порлытау в 2017 и 1979 г.  
**Table 6.** Species composition in plant communities on the Porlytau profile in 2017 and 1997.

| Геопозиция                             | 2017 г. |      |      |      |      | 1979 г.    |
|--|---------|------|------|------|------|------------|
|  | 1(3)*   | 2(4) | 3(6) | 4(6) | 5(7) |            |
| 42,87335° с.ш., 59,22888° в.д.         | 7       | 4    | 8    | 2    |      |            |
| Число видов                            | 7       | 4    | 8    | 2    |      |            |
| Проективное покрытие, %                | 80      | 40   | 80   | 30   |      |            |
| <b>Деревья</b>                         |         |      |      |      |      |            |
| <i>Populus diversifolia</i>            | 8       |      |      |      |      | 1(3)       |
| <i>Elaeagnus angustifolia</i> **       |         |      |      |      |      | 1(3)       |
| <b>Кустарники</b>                      |         |      |      |      |      |            |
| <i>Halimodendron halodendron</i>       | 4       |      |      |      |      | 1(3)       |
| <i>Tamarix hispida</i>                 |         | 5    |      |      |      | (5)        |
| <i>Tamarix ramosissima</i>             | 15      | 1    | 6    | 15   |      | 1(3), 6(4) |
| <i>Krasheninnikovia ceratoides</i> *** |         | 1    |      |      |      |            |
| <i>Halostachys belangeriana</i>        |         | 8    |      |      | 8    |            |
| <b>Полукустарники</b>                  |         |      |      |      |      |            |
| <i>Salsola dendroides</i>              |         |      |      | Cop2 | Cop3 |            |
| <b>Многолетние травянистые</b>         |         |      |      |      |      |            |
| <i>Aeluropus littoralis</i>            |         |      |      |      |      | 1(3)       |
| <i>Alhagi pseudalhagi</i>              |         |      |      |      |      | 1(3)       |
| <i>Limonium otolepis</i>               |         |      |      |      | Sp   | 6(4)       |
| <i>Zygophyllum obtuzum</i>             | Sp      |      |      |      |      | 6(4)       |
| <i>Zygophyllum oxianum</i>             |         |      |      |      |      | 6(4)       |
| <b>Однолетники</b>                     |         |      |      |      |      |            |
| <i>Climacoptera aralensis</i>          |         | Sol  | Sol  | Sol  |      |            |
| <i>Climacoptera lanata</i>             |         |      |      |      |      | 6(4)       |
| <i>Descurainia sophia</i>              |         |      |      | Sol  |      |            |
| <i>Peganum harmala</i>                 |         | Sol  |      |      |      |            |
| <i>Salsola paulsenii</i>               | Sol     |      |      |      |      |            |
| <i>Senecio subdentatus</i>             |         |      |      |      |      | 1(3), 6(4) |
| <b>Лианы</b>                           |         |      |      |      |      |            |
| <i>Clematis orientalis</i>             |         |      |      |      |      | 1(3)       |
| <i>Cynanchum sisbiricum</i>            |         |      |      |      |      | 1(3)       |

**Примечание к таблице 6:** 1(3)\* – перед скобкой указан номер участка в 1979 г., в скобке – номер в последующие годы и на рисунке 27; \*\* – красным шрифтом указаны виды, выпавшие из состава сообщества; \*\*\* – зеленым шрифтом указаны виды, вселившиеся в сообщества. **Notes to Table 6:** 1 (3)\* – outside the brackets is the number of the site in 1979, inside is the number in next years and in the figure 27; \*\* – red font marks the species that left the community; \*\*\* – green font marks the species that entered the communities.



*Динамика животного населения.* Трансформация характерных биотопов с тугайной растительностью (массивов древесных, кустарниковых тугаев, тростниковых плавней, ведёт к сокращению видового богатства и численности фауны. По данным В.С. Залетаева и Н.М. Новиковой (1991) грандиозные тростниковые заросли занимали в дельте Амударьи более 300 тыс. га. Они служили местообитанием богатого тростникового комплекса птиц, включавшего 21 вид водоплавающих, в том числе 11 гнездящихся видов, хивинского фазана, 9 видов голенастых (в том числе колпиц), несколько видов хищных птиц и более десятка видов воробьиных. Высоких показателей численности достигла популяция кабана, обычным был камышовый кот. До конца 30-х годов в плавнях обитал среднеазиатский тигр. К середине 80-х годов площадь под тростниковыми зарослями сократилась примерно в 5 раз. А урожайность зеленой массы (достигавшая в 60-х годах 300-400 ц/га) к 80-м годам снизилась до 40-120 ц/га. Существенно сократились и популяции животных, обитавших в тростниках, например, численность кабанов уменьшилась почти в 6 раз.

В приморской части дельты на озерах Шегеколь, Машанколь, Караколь, Сапаккуль обитала большая популяция ондатры. В 70-х годах здесь ежегодно добывалось до 50 тыс. зверьков. Но уже к началу 80-х годов вся система этих озер обсохла, тугайная растительность частично погибла, охота и промысел здесь прекратились. Лишь на озерах Тогуз-Тере и Судочьем ондатра добывалась до 1987 г. в промысловых масштабах.

По информации, приведенной в сборнике «Арал и Приаралье» (2015), к 1990-м годам из 282 видов птиц, встречавшихся в дельте в 1950-х годах, 30 исчезли, а 88 теперь считаются редкими, и 22 вида внесены в Красную книгу Узбекистана как «исчезающие». Дельтовые водоемы имеют чрезвычайно важное значение для пролетных птиц. Только 57 из видов, встречающихся в дельте, живут здесь постоянно. Ранее в дельте в течение осеннего перелета насчитывали более 400 000 особей водоплавающих. В настоящее время в окрестностях оз. Судочье встречается более 35 видов, включая 11 гнездящихся здесь.

Для сохранения разнообразия биоты в нижнем течении Амударьи в последние годы был создан кластерный заповедник с двумя участками: первый – в тугайном лесном массиве Бадай-Тугай в пойме Амударьи для сохранения млекопитающих, второй – в дельте Амударьи на озере Судочье – для сохранения орнитофауны.

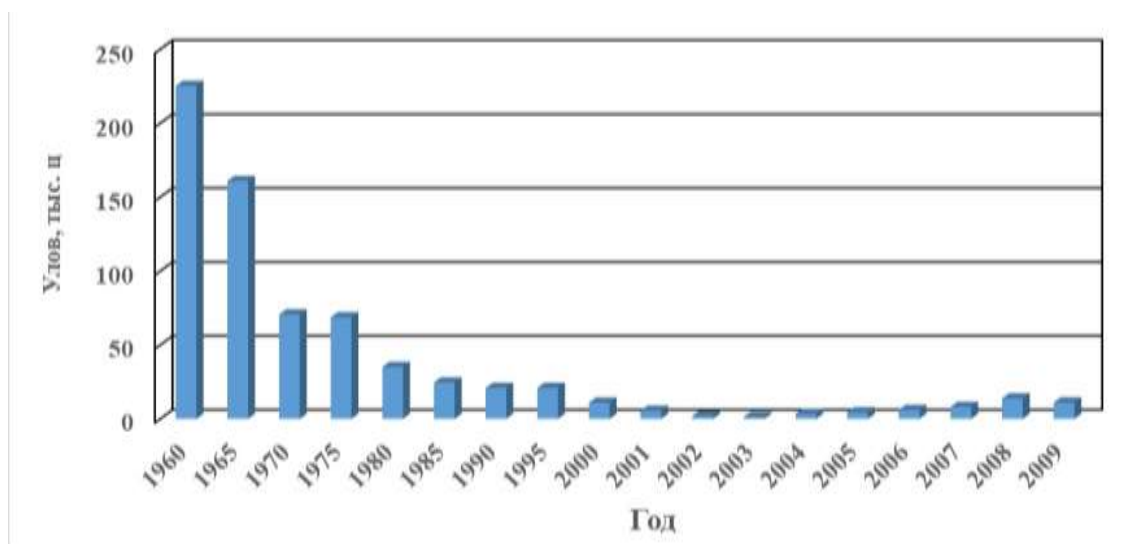
*Ихтиофауна и рыбный промысел.* В 1985 г. промысловый лов в море прекратился и остался в руслах протоков и водоемов дельты. Искусственно созданные озера в дельте Амударьи являются главным источником рыбной ловли Каракалпакстана и все еще имеют существенный потенциал, но из-за резкого сокращения объема и неравномерности поступления воды из Амударьи (рис. 10), часто эти водоемы остаются без воды, следовательно, теряют свой рыбопромысловое значение. По имеющейся информации (Арал и Приаралье, 2015; Оценка ..., 2000) в маловодные годы объем стока, поступающего в дельту, сокращается в 6-7 раз, а площади водной поверхности озер до 20 тыс. га. Сокращение объема вод сопровождается резким повышением их минерализации, что крайне отрицательно влияет на водно-солевой режим водоема.

Обводнение дельты поддержало улов рыбы в дельтовых водоемах, но не смогло стабилизировать его в намеченных проектами пределах 20-35 тыс. центнеров. Начиная с 2004 года все озера, расположенные на территории Республики Каракалпакстан, были переданы в аренду на временное пользование 80 фермерским хозяйствам (арендатором), площадь водоемов которых составляет 72 тыс. гектаров. Анализ изменения уловов (рис. 28) показывает, что наблюдавшаяся в 2003 году продуктивность водоемов в 4 кг на гектар 2008 г., выросла до 15 кг, тем не менее, осталась далеко ниже проектной в 100 кг/га. В то же время лучшие показатели в мире дают продуктивность на 1 га водоема еще выше – до 1.0-1.5 т/год (Арал и Приаралье, 2015; Оценка ..., 2000).

Сохранение биоразнообразия и повышение естественной продуктивности биоресурсов –

одна из важнейших природоохранных и социальных задач в решении Аральского кризиса. В дельте Амударьи это может быть достигнуто созданием и регулированием наполнения искусственных водоемов и формирования водных и наземных экосистем на основе.

Экосистемы дельт рек Амударьи и Сырдарьи – *тугаи*, – сложены особым, реликтовым типом пойменной растительности, включающий древесно-кустарниковые и травяные сообщества. Исследования С.Е. Трешкина и Ж.В. Кузьминой (Трешкин, 1990; 2011; Treshkin et al., 1998; Treshkin, 2000; Кузьмина, 1993, 1997б; Кузьмина, Трешкин, 1997; Kuz'mina, Treshkin, 2006) показали, что тугайная растительность, распространенная за пределами Приаралья в поймах рек Средней и Центральной Азии, в настоящее время повсеместно подвержена деградации. Основная причина – антропогенная – широкомасштабное регулирование речного стока. Гибель амударьинских тугаев, которые представляют наибольшее разнообразие растительности и животного мира, приведет к утере их видового и ценотического богатства и хозяйственной значимости. А. Бахиев, С.Е. Трешкин, Ж.В. Кузьмина (Бахиев и др., 1994; Бахиев, Трешкин, 1995; Трешкин, 1990, 2011; Кузьмина, Трешкин, 1997, 2012; Treshkin, 2000; Kuz'mina, Treshkin, 2006) и другие показали, что эта угроза вполне реальна, т.к. происходит сокращение запасов фитомассы и площади тугаев (табл. 7, рис. 28, 29).



**Рис. 28.** Вылов рыбы в Республике Каракалпакстан (Арал и Приаралье, 2015).  
**Fig. 28.** Fish catch per time in the Republic of Karakalpakstan (Арал и Приаралье, 2015).

Как видим из таблицы 7, особенность структуры фитомассы всех тугаев заключается в том, что примерно половина ее во всех типах тугайной растительности приходится на корни, а при опустынивании, максимальные потери приходятся на травяные тугаи.

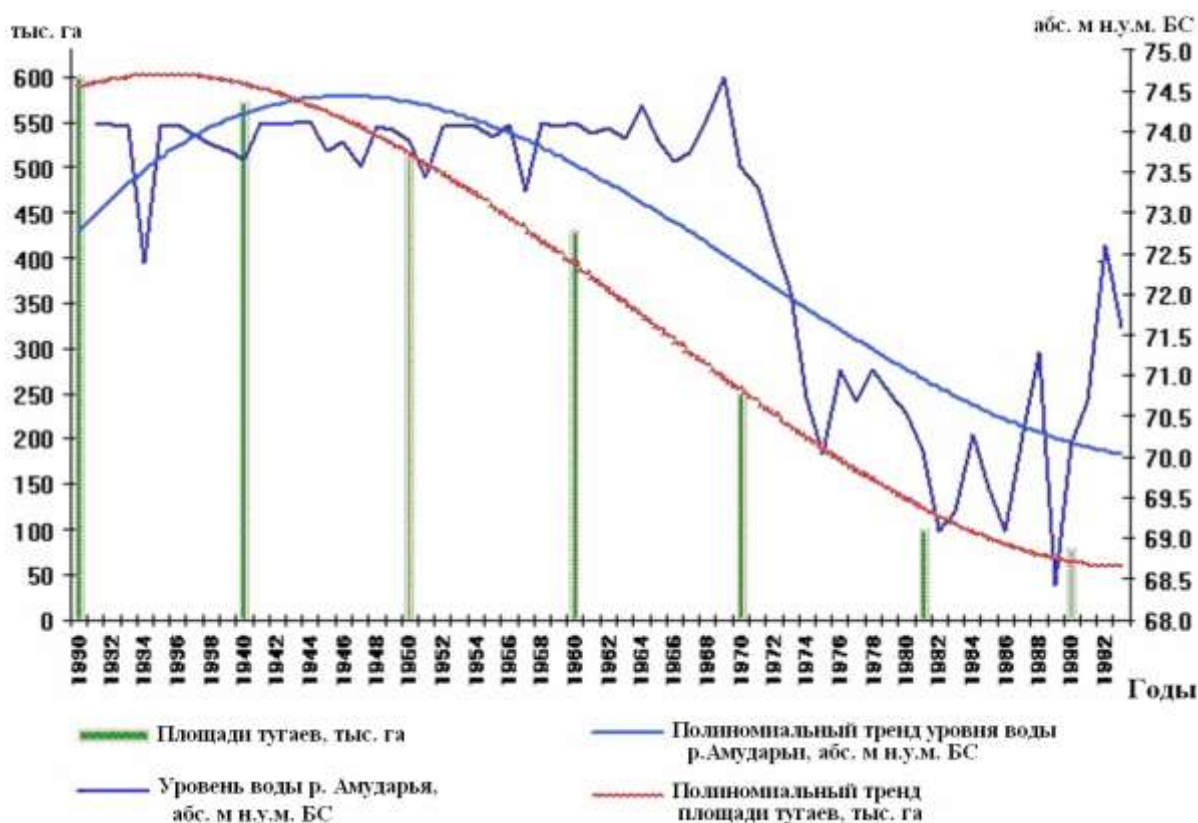
Сокращение площади тугаев (рис. 29), началось ранее начала Аральского кризиса (60-е годы). Эти изменения до 1950-х годов можно связать с освоением территории дельты под сельское хозяйство. Падение в 1930-50-х годах не превышает 10% от общей площади, а начиная с 1960-х годов – до 40% и выше.

Экосистемный подход, использованный в работах С.Е. Трешкина и Ж.В. Кузьминой (Трешкин, 1990, 2000, 2011; Kuz'mina, Treshkin, 2006; Кузьмина, Трешкин, 1997, 2009, 2012) очень важен тем, что обосновывает методы и подходы к сохранению тугайных природных комплексов, что является залогом сохранения видового и ценотического богатства тугайной растительности и фауны, имеющих важное хозяйственное значение для жизни местного

населения. Этими исследователями впервые выявлены предельно допустимые значения экологических условий (глубины залегания и засоления грунтовых вод и почв) для восстановления различных сообществ тугайного типа.

**Таблица 7.** Продуктивность тугайных сообществ в низовьях Амударьи и в дельте в 1960 и 1995 гг. (Treshkin et al., 1998). **Table 7.** Productivity of tugai communities in the lower reaches of the Amu Darya River and its delta in 1960 and 1995 (Treshkin et al., 1998).

| Тип тугая         | Единица измерения | Древесные    | Кустарниковые | Травяные     | Древесные    | Кустарниковые | Травяные     |
|-------------------|-------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
|                   |                   | 1960 год     |               |              | 1995 год     |               |              |
| Общая фитомасса   | т/га<br>100%      | 91.5         | 43.6          | 35.0         | 69.7         | 44.2          | 15.0         |
| Зеленая фитомасса | т/га<br>%         | 12.4<br>14.0 | 6.7<br>15.0   | 10.0<br>29.0 | 10.7<br>15.0 | 5.3<br>12.0   | 3.2<br>21.0  |
| Древесина         | т/га<br>%         | 29.6<br>32.0 | 9.1<br>21.0   | нет          | 19.8<br>28.0 | 8.8<br>20.0   | нет          |
| Корни             | т/га<br>%         | 49.4<br>54.0 | 27.7<br>64.0  | 25.0<br>71.0 | 39.2<br>57.0 | 30.1<br>68.0  | 12.0<br>79.0 |



**Рис. 29.** Сокращение площади тугайной растительности в дельте Амударьи (Трешкин, 2011).

**Fig. 29.** Reduction of tugai vegetation in the delta of the Amu Darya River (Трешкин, 2011).

Ими также впервые обращено внимание и доказано, что современный климат, наряду с ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2021, том 5, № 3

регулированием стока, является одной из важных причин деградации тугаев Средней Азии. Отмечаемое в последние десятилетия *аридное потепление* – повышение температур и сокращение количества осадков в теплое полугодие, а также удлинение теплового периода, способствуют сокращению влагообеспеченности пойменных биотопов, уже лишенных влагозарядки из-за отсутствия паводковых разливов в результате создания водохранилищ и изъятия воды в вегетационный период для проведения с/х поливов и промывку почв от солей за пределами пойм (Кузьмина, Трешкин, 1997, 2009, 2012, 2016). Здесь мы имеем дело с наложением однонаправленных процессов, приводящих к усилению результирующего эффекта (табл. 1; Птичников, 1991), в данном случае приводящего к ускорению иссушения пойм и деградации тугайных экосистем. Полученная закономерность характерна не только для бассейна реки Амударьи, но также и для дельты Сырдарьи и всей территории Восточного Приаралья.

### ***Восточное Приаралье***

Значительную часть этой территории занимает дельта реки Сырдарьи. Изменение экологической обстановки в дельте Сырдарьи началось несколько раньше, чем на Амударье. Данные (Арал и Приаралье, 2015) показывают, что уже в 60-е годы коэффициент изъятия стока в бассейне Сырдарьи приближался к единице, а в 70-е годы превысил этот показатель за счет многократного использования возвратных вод. Дальнейшее увеличение изъятия речного стока сопровождалось уменьшением притока к вершине дельты. Во второй половине 70-х годов в дельту Сырдарьи поступало за год лишь 4% водных ресурсов, сформировавшихся на водосборе. Паводки на Сырдарье прекратились уже в 1971 г.

Минерализация речной воды у г. Казалинска достигала 1.5-3.0 г/л уже в начале 70-х годов. В последние годы, в связи с возросшим сбросом коллекторно-дренажных вод с орошаемых массивов Кызыл-Ординской области, отмечается увеличение загрязнения речных вод (ниже Кызыл-Орды) солями и токсичными ядохимикатами. По сравнению с 1982 г. содержание ДДТ возросло с 1 до 5 условных ПДК, достигая 49 ПДК.

Одновременно происходило стремительное падение уровня Аральского моря, что способствовало развитию опустынивания на дельтовой равнине. К 1978 г. 114 тыс. га аллювиально-луговых почв опустынилось и перешло в солончаки, 532 тыс. га болотных и лугово-болотных почв обсохло, 31 тыс. га опустынилась и 55 тыс. га трансформировалась в солончаки. При этом 732 тыс. га, по существу, вышли из сельскохозяйственного пользования. Продуктивность злаково-разнотравных и разнотравных лугов снизилась в 3 раза. Богатые в прошлом ресурсы гидрофильной растительности, служившие сенокосами и кормовыми угодьями, на большей части площади дельты погибли. Общий кормозапас сократился с 1200 до 500 тыс. т. Вдвое сократилась площадь тугайной растительности, а сохранившиеся тугаи сильно деградировали и опустынились. В дельту и пойму началась экспансия пустынных видов растений и животных, здесь формируются обедненные по составу экосистемы пустынного типа. Колониальные скопления птиц передислоцировались за пределы низовьев Сырдарьи. Промысловый потенциал болотных угодий оказался утраченным. В 50-х годах здесь заготавливалось от 70 до 230 тыс. шкурок ондатры. В 1968 г. было добыто 9 тыс. шкурок, а в 1978 г. – 72 штуки (ныне промысел ондатры не ведется).

Представление о ландшафтной структуре Восточного Приаралья и развитии процессов опустынивания в районе дельты Сырдарьи дает схема на рисунке 30 из работы Г.В. Гельдыевой с соавторами (Geldyeva et al., 1998).

Примерно в это же время нами в дельте Сырдарьи проводилось изучение природных комплексов на основе топо-экологического профилирования. Как и в дельте Амударьи, оно дает более детальное представление о состоянии тугайных пойменных комплексов (рис. 31-33).

В дельте Сырдарьи условия для произрастания сообществ тугайного типа сохраняются

только на нешироком пространстве вдоль основного русла. Их разнообразие отражают три ландшафтно-экологических профиля, заложенных на разном удалении от вершины дельты близ населенных пунктов Карашолан, Аманаткель, Бирлик.



Регионы, субрегионы и доминирующие ландшафты:

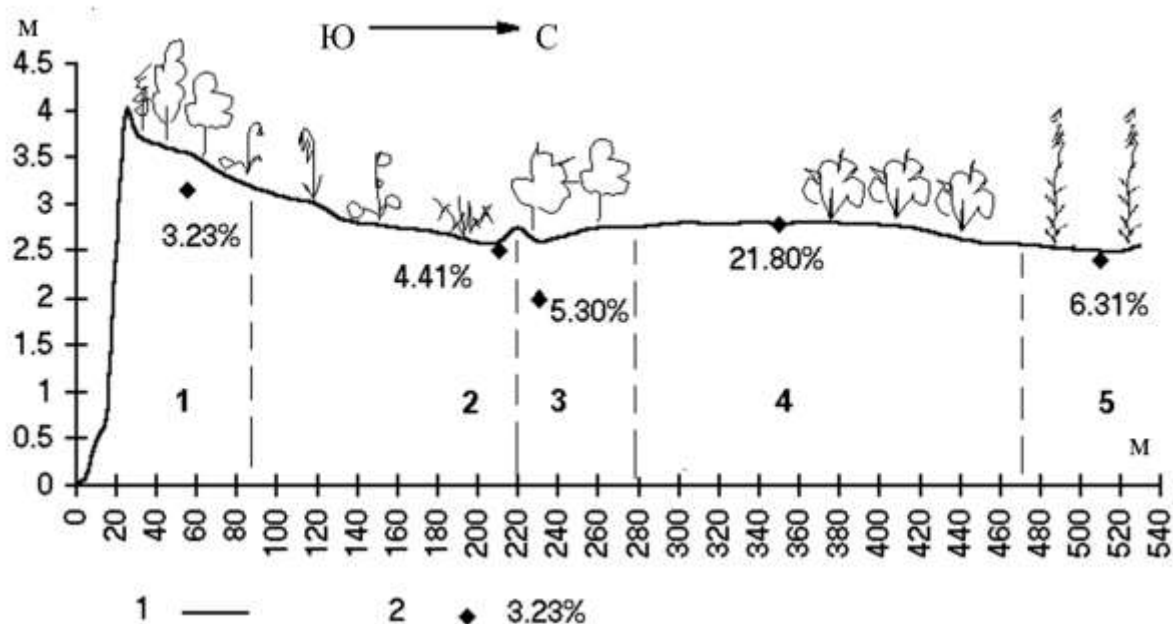
| Регион     |                              | Субрегион |            | Доминирующий тип ландшафта                              |
|------------|------------------------------|-----------|------------|---|
| <b>I</b>   | Обсохшее дно Аральского моря |           |            | Первичная морская равнина                               |
| <b>II</b>  | Бугунь                       |           |            | Морская равнина   |
| <b>III</b> | Сыр-Дарья                    | 1.        | Акколь     | Аллювиально-аккумулятивная равнина                      |
|            |                              | 2.        | Камышлыбас |   |
|            |                              | 3.        | Койгошкент |   |
|            |                              | 4.        | Бозколь    |   |
|            |                              | 5.        | Казалинск  |   |
| <b>IV</b>  | Сарькум                      |           |            | Денудационно-структурная равнина                        |
| <b>V</b>   | Уразбай                      |           |            | Денудационно-структурная, аккумулятивно-эоловая равнина |
| <b>VI</b>  | Кувандарья                   | 6.        | Сабелак    | Аккумулятивно-эоловая равнина                           |
|            |                              | 7.        | Аккудук    |   |

Экологические факторы и процессы:

|          |                                   |          |                             |
|----------|-----------------------------------|----------|-----------------------------|
| <b>A</b> | Ирригация                         | <b>H</b> | Деградация растительности   |
| <b>B</b> | Использование токсичных химикатов | <b>J</b> | Деградация почв             |
| <b>C</b> | Выпас скота                       | <b>K</b> | Эрозия                      |
| <b>D</b> | Скотоводческие фермы              | <b>L</b> | Дефляция                    |
| <b>E</b> | Загрязнение воды                  | <b>M</b> | Аккумуляция                 |
| <b>F</b> | Истощение рыбных ресурсов         | <b>N</b> | Засоление почв              |
| <b>G</b> | Деградация древесных сообществ    | <b>P</b> | Химическое загрязнение почв |

**Рис. 30.** Ландшафтно-экологическое зонирование дельты Сырдарьи в Восточном Приаралье (Geldyeva et al., 1998). **Fig. 30.** Landscape-ecological zoning of the delta of the Syr Darya River, East Aral Region (Geldyeva et al., 1998).

*Карашоланский профиль* (рис. 31) располагается на правом берегу Сырдарьи (в 100 м ниже плотины у поселка). Он проходит от вершины прируслового вала к берегу бывшего морского залива Карашолан. Падение уровня моря привело к сильному врезанию русла, поэтому верхняя точка прируслового вала (ключевой участок 1 на рис. 31) располагается на высоте более 6 м над меженным уровнем воды в реке. Это стало причиной опускания грунтовых вод и опустынивания ивово-лохового тугая (*Salix songarica*+*Elaeagnus oxycarpa*-*Tamarix ramosissima*-*Mixteherbosa*). В настоящее время тугай сильно изрежен, ряд деревьев имеет сухие вершины. В составе сообщества, насчитывающего 12 видов растений, присутствуют эфемеры и однолетние солянки. Тугай существует за счет ежегодного искусственного поверхностного обводнения, которое производится из пресного водоема, сформированного на месте бывшего морского залива. Почвы под тугаем отличаются значительной мощностью гумусового горизонта (25 см), высоким содержанием гумуса в горизонте А (1.6-9.3 %) и слабощелочной реакцией среды (рН – 7.9-8.5). Большая часть водорастворимых солей сосредоточена в нижней части почвенного профиля. Максимальное количество солей (3.23%) располагается на глубине 40-56 см. В верхнем горизонте (0-11 см) содержится минимальное количество солей (0.9%). По качественному составу преобладает Cl-SO<sub>4</sub>/Na-Mg-Ca тип засоления. Таким образом, бывшие здесь ранее аллювиальные луговые тугайные почвы на песчаных отложениях опустынившись превратились в остаточные глубокозасоленные, частично промытые с поверхности солончаки.



**Рис. 31.** Топо-экологический профиль на правом берегу Сыр-Дарьи в районе Карашолан. Условные обозначения. 1 – рельеф, 2 – максимальное содержание солей в почвенном профиле. Растительные сообщества и объекты на профиле: 1 – *Salix songarica*-*Elaeagnus oxycarpa*-*Mixteherbosa*; 2 – *Tamarix ramosissima*-*Mixteherbosa*; 3 – *Elaeagnus oxycarpa*-*Zygophyllum fabago*; 4 – *Halocnemum strobilaceum*-*Halostachys belangeriana*; 5 – *Tamarix ramosissima*-*Phragmites australis*. **Fig. 31.** Topo-ecological profile on the right bank of the Syr-Darya in the Karasholan region. Legend. 1 – relief, 2 – the maximum salt content in the soil profile. Plant communities and objects on the profile: 1 – *Salix songarica*-*Elaeagnus oxycarpa*-*Mixteherbosa*; 2 – *Tamarix ramosissima*-*Mixteherbosa*; 3 – *Elaeagnus oxycarpa*-*Zygophyllum fabago*; 4 – *Halocnemum strobilaceum*-*Halostachys belangeriana*; 5 – *Tamarix ramosissima*-*Phragmites australis*.

Склон прируслового вала, обращенный к заливу (рис. 31, точки 2 и 3) занят сообществами тамариксов и разнотравья с вкраплением куртин лоха (*Elaeagnus oxycarpa*), с общим проективным покрытием трав 15-60%. Почвы лугово-солончаковые опустынивающиеся, преимущественно суглинистые имеют незначительное содержание гумуса в горизонте А (1.0-1.5%). Тип засоления сульфатный. В точке 2 максимальное количество солей (4.41%) располагается в верхнем горизонте (0-18 см). На глубине 18-40 см отмечается минимум содержания солей (2.8%). Как и на предыдущем участке вниз по почвенному профилю количество солей вновь возрастает.

В точке 3 (рис. 31), располагающейся среди деревьев лоха, горизонт максимального накопления солей (50-70 см) находится глубже, чем в точке 2, но количество солей здесь выше – 5.3%. Минимальное количество солей (1.2%) приурочено к верхнему почвенному горизонту – 8-30 см. Большая часть солей здесь также сосредоточена в нижней части почвенного профиля.

Нижняя часть склона прируслового вала плавно переходит в побережье залива. Здесь из-за подтопления водами нового водоема сформировалась полоса мокрого солончака исключительно сильной степени засоления. Заросли маловидового сообщества *Halocnemum strobilaceum* индицируют морские отложения и участки максимального накопления солей в почвах (рис. 31, точка 4). Здесь кроме указанного вида встречаются однолетняя сочная солянка (*Climacoptera crassa*) и галофит кустарник *Halostachys belangeriana*. Засоление высокое по всей глубине почвенного профиля, но максимум солей (21.7%) находится у поверхности, где образуется солевая корочка толщиной 1 см. С глубиной засоление почвы уменьшается до 4.63% (70-100 см). По составу катионов тип засоления – Mg-Na, по составу анионов – SO<sub>4</sub>-Cl в корочке и Cl-SO<sub>4</sub> в остальной части профиля.

На дне бывшего морского залива, на прибрежном участке, периодически заливаемом и обсыхающем, формируется тростниково-тамариковое сообщество на болотно-солончаковых почвах легкого гранулометрического состава (супесчано-песчаных). Максимальное количество солей (6.3%) располагается на глубине 0-12 см. Минимальное засоление (1.3%) находится на глубине 12-36 см. В верхней части профиля тип засоления - SO<sub>4</sub>/Na-Mg-Ca и в нижней – Cl-SO<sub>4</sub>/Na-Ca.

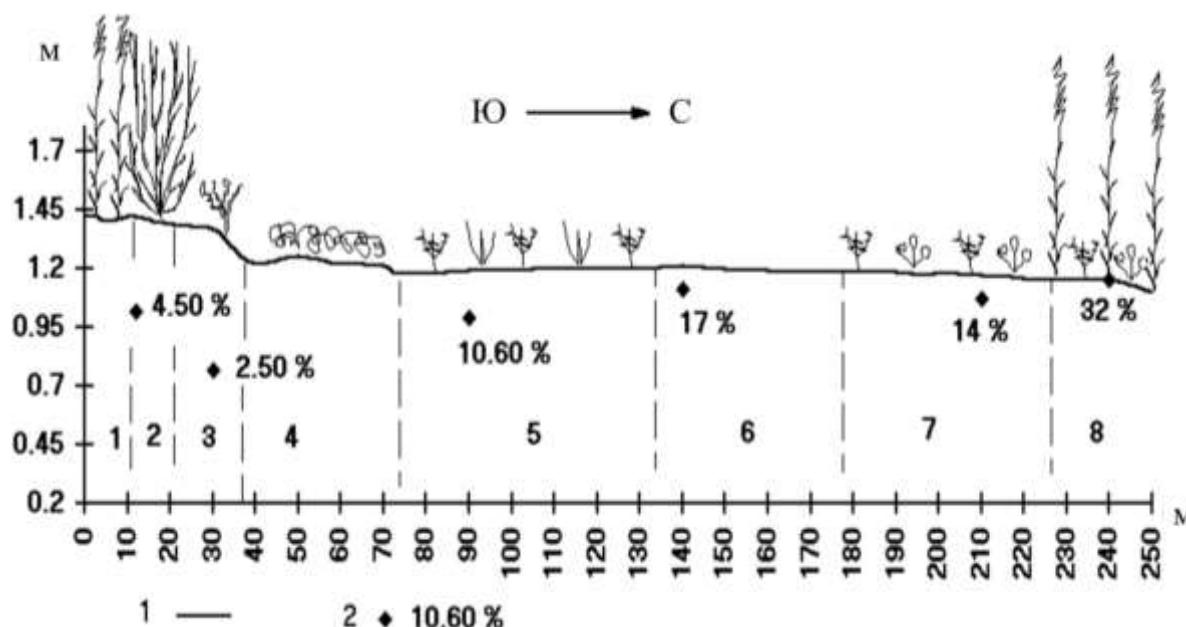
Анализ полученных данных на Карашоланском профиле показал, что все почвы сильно засолены (4-6 классы засоления). Здесь процессы современного опустынивания и рассоления почв на поверхности, сочетаются с остаточным засолением и иногда с накоплением солей в средних частях почвенных профилей (на глубине 50-70 см), из-за подтопления грунтовыми водами Карашоланского водоема. Бывшие тугайные и аллювиальные почвы ландшафтного профиля опустыниваются и переходят в полуавтоморфный режим развития. Наибольшее количество солей отмечено на поверхности голого солончака на ключевом участке 4. Здесь соли накапливаются прямо на поверхности. В почвах на побережье залива сохраняются соли остаточного морского генезиса. В аридных условиях почвообразовательный процесс и перемещение солей по профилю протекают достаточно быстро. Почвы не достигая стадии полного развития, начинают опустыниваться и засоляться, что является причиной отчетливой дифференциации растительного покрова по почвенным условиям.

Всего на профиле встречено 34 вида растений и 7 сообществ, относящихся к 4 разным формациям. Число видов на стандартных площадках изменялось от 13 до 2 (9 в среднем), что приближается к наивысшим значениям альфаразнообразия в дельте Амударьи. Обращает на себя внимание закономерное сокращение числа видов на сильно засоленных участках.

**Аманаткельский профиль.** В средней части дельты русло реки перегорожено плотинами. Уровень воды может подниматься высоко и заливать междурусловые понижения, способствуя формированию обширных зарослей тростника в мелководных водоемах, а также подпитывая тугайные сообщества прирусловых валов. Подобная ситуация отмечена в районе селения Аманаткель, где на левом берегу реки заложен ландшафтно-экологический профиль



(рис. 32). Профиль проходит от вершины прируслового вала к междурусловому понижению. Экологическая ситуация близка той, что сложилась на Карашоланском участке, но более экстремальна в связи с сильным соленакоплением в почвах из-за более близкого к поверхности залегания грунтовых вод. Вершина прируслового вала располагается на 1.5 м выше уровня воды в реке и не заливается. Воль берега протягивается узкая полоса тростников. Далее они сменяются сообществами *Salix songarica–Halimodendron halodendron–Mixteherbosa* и *Halimodendron halodendron–Mixteherbosa* (рис. 32; уч. 2, 3).



**Рис. 32.** Топо-экологический профиль на левом берегу Сыр-Дарьи в районе Аманаткель. Условные обозначения. 1 – рельеф, 2 – максимальное содержание солей в почвенном профиле. Растительные сообщества и объекты на профиле: 1 – *Phragmites australis*, 2 – *Salix songarica–Phragmites australis*, 3 – *Halimodendron halodendron*, 4 – *Salsola paulsenii*, 5 – *Lycium ruthenicum–Suaeda microphylla*, 6 – солончак, 7 – *Climacoptera lanata*, 8 – *Phragmites australis*. **Fig. 32.** Topo-ecological profile on the left bank of the Syr-Darya River in the Amanatkel Region. Legend. 1 – relief, 2 – maximum salt content in the soil profile. Plant communities and objects on the profile: 1 – *Phragmites australis*, 2 – *Salix songarica–Phragmites australis*, 3 – *Halimodendron halodendron*, 4 – *Salsola paulsenii*, 5 – *Lycium ruthenicum–Suaeda microphylla*, 6 – saline, 7 – *Climacoptera lanata*, 8 – *Phragmites australis*.

Ландшафтный профиль в средней части имеет сильно засоленные почвы и покрыт однолетнесолянковой и галофильной кустарниковой растительностью. Заканчивается профиль в междурусловом понижении с тростниковой растительностью на сильно засоленной болотной почве. Почвы ключевых участков на прирусловом валу (рис. 32; уч. 1, 2) засолены менее всего. Под тугайной растительностью максимально засолены почвы на склоне прируслового вала, особенно в средней части почвенного профиля. Любопытно, что, несмотря на интенсивное внутрипочвенное накопление солей, почвы на всех точках профиля (исключение – точка 8, вблизи воды; рис. 32) покрыты на поверхности тонкой сцементированной корочкой, содержащей соли в меньшем количестве, чем в основной почвенной толще. Это свидетельствует с одной стороны, – о начальной стадии опустынивания почв, а с другой – подтверждает достаточно глубокое залегание ГВ. Таким образом, заливание междурусловых понижений и подъем воды в реке при создании плотин при

отсутствии заливания прирусловых валов, увеличивают внутрпочвенное засоление, еще более усугубляя экстремальность существования тугайных сообществ. Видовое богатство на профиле, в связи с небольшой его протяженностью и с высоким засолением почв, ниже, чем на Карашоланском профиле (23 вида растений). На стандартных площадках количество видов растений колеблется от 12 до 2 (7.8 – в среднем), что выше среднего значения для тугайных сообществ. Поскольку состав растительности в крайних точках профиля отличается на 100%, ботаническое и синтаксономическое разнообразие здесь выше. Выделенные 6 сообществ относятся к 6 различным формациям.

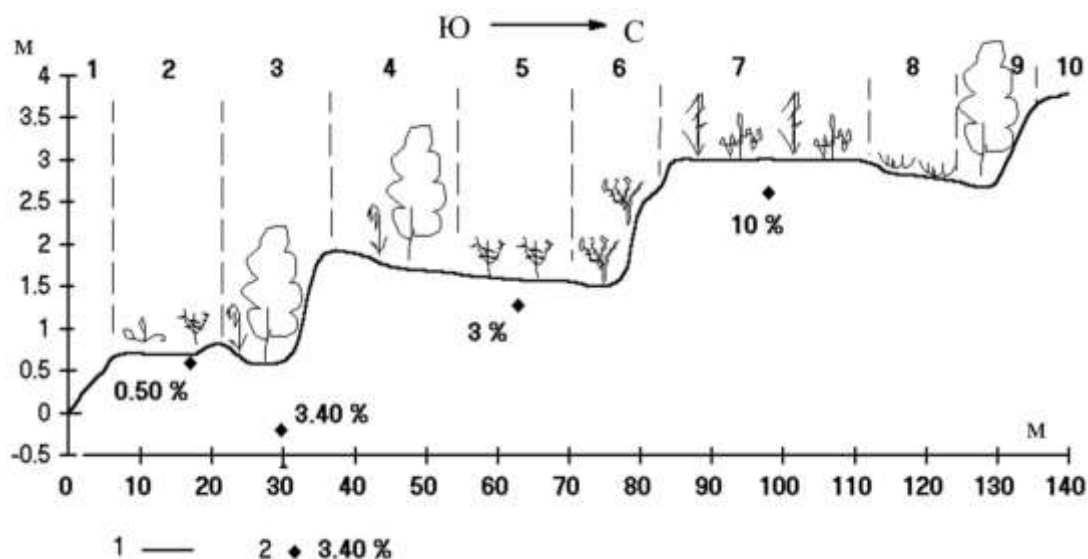
Бирликский профиль располагается в небольшом лесном массиве общей площадью 1 га на прирусловом валу, на правом берегу Сырдарьи у переправы через реку у поселка Бирлик (рис. 33). Профиль начинается от уреза воды в реке и пересекает прирусловую пойму, сформированную свежими аллювиальными наносами (точка 2; рис. 33), а также ряд террасовидных уступов на прирусловом валу. Самое низкое положение занимает молодой лоховый (*Elaeagnus oxycarpa*) тугай в притеррасном понижении (точка 3, рис. 33). На террасах располагаются фрагменты лохово – тамариксового тугаев. Особенность этого профиля заключается в том, что в результате постепенного врезания русла опустыниванию подверглись вначале участки тугая на верхней террасе (рис. 33, точки 7-10). В настоящее время, при подъеме воды в реке заливается лишь самый нижний участок с молодым тугаем (рис. 33, точки 1-3). Данные анализов показывают, что свежие аллювиальные наносы, принесенные рекой (рис. 33, точка 2) слабо засолены. Максимум солей (0.5%) располагается в верхнем горизонте 0-25 см. Поскольку возраст наноса 1-2 года, то почва и растительное сообщество здесь еще не сформированы. Проростки растений представлены экземплярами однолетней солянки *Salsola paulsenii* и солеустойчивого кустарника – *Lucium ruthenicum*.

Под молодым тугаем (рис. 33, точка 3) почва примитивная аллювиально-лугово-тугайная. Слой максимального соленакопления (3.4%) располагается на глубине 70-100 см.

Верхняя часть почвенного профиля практически не засолена, что можно объяснить периодическим поверхностным промыванием почв паводковыми водами а так же сомкнутостью крон деревьев. Тень, создаваемым сомкнутым пологом леса предотвращает повышенное испарение с поверхности почвы и накопление солей в верхнем почвенном горизонте. Самое высокое содержание солей (более 10%) отмечено в горизонте максимального соленакопления на глубине 25-50 см под сообществом *Achnatherum splendens-Pseudosophora alopecuroides* на верхней пойменной террасе (рис. 33, точка 7). Минимальное содержание солей (менее 1%), находится на глубине 75-100 см. Верхний горизонт также достаточно сильно засолен (3%). На поверхности почвы отмечены выцветы солей.

Экологические условия на данном профиле от точки к точке изменяются в меньшем диапазоне значений, чем на предыдущих профилях. На всем протяжении профиля развивается один и тот же тип аллювиально-лугово-тугайной почвы. Различие состоит в степени ее засоленности и сформированности: от не засоленных и не сформированных почв на новых отложениях речного аллювия до опустынивающихся сильно засоленных почв на верхнем уступе террасы. Поэтому видовой состав растительности на ключевых участках более однороден и однообразен: всего 17 видов растений. В геоботанических описаниях число видов колеблется от 5 до 8 или (в среднем – 6.6, – самое низкое значение для профилей на Сырдарье). Дальнейшая судьба тугайных сообществ на этом профиле представляется более благоприятной, чем на остальных.

Полевые исследования других авторов, посвященные изучению изменению почв и растительности в дельте Сырдарьи в связи с усыханием Аральского моря, с использованием метода трансект на основе инструментального топо-экологического профилирования, нам пока не известны.



**Рис. 33.** Топо-экологический профиль на левом берегу Сыр-Дарьи в районе Бирлик. Условные обозначения. 1 – рельеф, 2 – максимальное содержание солей в почвенном профиле. Растительные сообщества и объекты на профиле: 1 – русло реки, 2 – молодой аллювий с проростками, 3 – *Elaeagnus oxycarpa*–*Gramineosa*, 4 – *Elaeagnus oxycarpa*–*Tamarix ramosissima*, 5 – *Lycium ruthenicum*–*Pseudosophora alopecuroides*, 6 – *Halimodendron halodendron*–*Mixteherbosa*, 7 – *Achnatherum splendens*, 8 – *Zygophyllum fabago*, 9 – *Elaeagnus oxycarpa*, 10 – Орошаемые поля. **Fig. 33.** Topo-ecological profile on the left bank of the Syr-Darya River in the Birlik Region. Legend. 1 – relief, 2 – maximum salt content in the soil profile. Plant communities and objects on the profile: 1 – riverbed, 2 – young alluvium with seedlings, 3 – *Elaeagnus oxycarpa*–*Gramineosa*, 4 – *Elaeagnus oxycarpa*–*Tamarix ramosissima*, 5 – *Lycium ruthenicum*–*Pseudosophora alopecuroides*, 6 – *Halimodendron halodendron*–*Mixteherbosa*, 7 – *Achnatherum splendens*, 8 – *Zygophyllum fabago*, 9 – *Elaeagnus oxycarpa*, 10 – Irrigated fields.

С 70-х годов, на которые приходится начало использования материалов космических съемок для изучения развития процессов опустынивания и целей ландшафтного картографирования в Приаралье, прошло около полувека. За это время методы использования материалов дистанционного зондирования существенно совершенствовались, расширились и упростились возможности их использования. В настоящее время использование и анализ материалов космифотосъемки доступны не только ученым, но и являются неременным условием и составляют традиционный раздел в квалификационных учебных работах на звание бакалавра и магистра по направлению Географические науки и Геоэкология. Материалы дистанционного зондирования предоставляют большие возможности для использования в целях мониторинга. Методика этих работ не требует очень глубоких знаний в предметной области динамики природных комплексов и компонентов ландшафтов, и основывается на алгоритмах и методических приемах, использующих технические возможности обработки дистанционных материалов. Прекрасной демонстрацией больших достижений в использовании космических снимков для анализа процессов в Приаралье может служить выполненная в текущем, 2021 г., магистерская диссертация В.К. Кучиной (2021) из Национального Исследовательского Томского Государственного Университета (НИ ТГУ). Эта работа посвящена космическому мониторингу экосистем Арало-Сырдарьинского региона, относящегося к Северо-восточному ландшафтному району Приаралья. В этой работе автор, используя научные публикации, рассматривает природные условия и закономерности проявления процессов опустынивания,

отмечая, что оно имеет антропогенную природу. Им изучены и классифицированы современные экосистемы региона, с помощью данных дистанционного зондирования (ДДЗ), а для выявления динамики экосистем проведено картографирование двух космических снимков, выполненных для одной и той же территории повторно, с интервалом в десятилетний период – в 2010 и в 2020 гг. Сопоставление картографических материалов показало, что территория, несмотря на большое количество реализованных проектов по восстановлению экосистем за 10 лет, мало изменена и по-прежнему подвержена процессам опустынивания.

В своей работе В.К. Кучина (2021) использовала материалы и методы, разработанные Казахстанским агентством геоинформационных систем и дистанционного зондирования «КАГИС», г. Алматы. Методика, используемая в системе мониторинга, базируется на вычислении спектральных индексов, позволяющих распознавать растительные сообщества и получать объективную оценку их состояния в вегетационный период. Алгоритм работы согласно этой методике включает несколько этапов: заказ космических снимков, их предварительную обработку; расчет спектральных индексов; анализ полевых обследований; визуальное и автоматизированное дешифрирование; выделение необходимых диапазонов значений индексов; составление на основе значений индексов карт опустынивания; верификация карт по наземным данным; анализ полученных результатов. Очень важно, что методика за основу принимает реально существующую объективную реальность и данные наземных исследований, которые выступают в качестве критерия верности полученных картографических материалов.

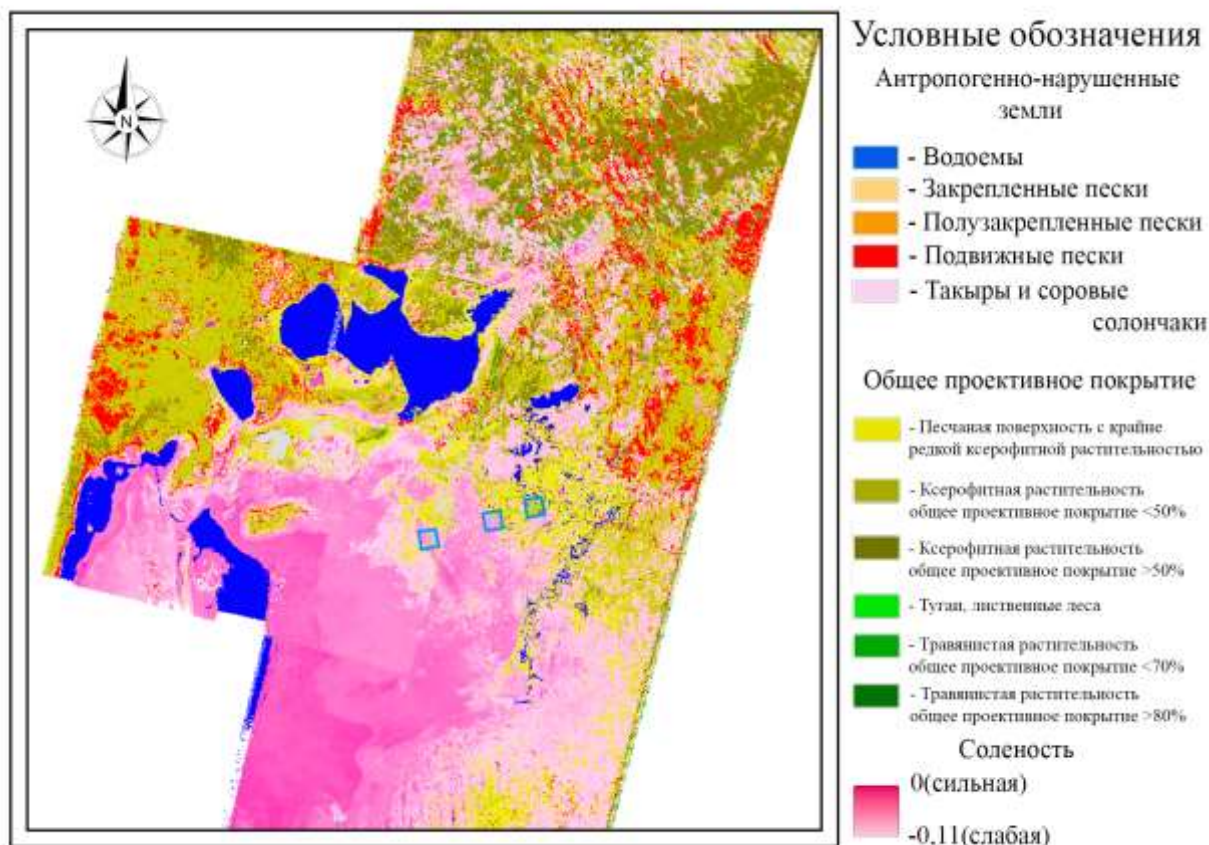
Мониторинг автором осуществлялся путем визуального сопоставления отдешифрированных снимков за два срока – 2010 и 2020 гг. (рис. 34). Анализируя схемы, В.К. Кучина (2021) сделала вывод, что позитивных изменений не много, но все же они достаточно заметны:

- 1) засоленность территории изменилась крайне мало, так же, как и водное зеркало;
- 2) достаточно сильно сократились площади подвижных песков благодаря их переходу в закрепленные и полужакрепленные; последние занимают теперь минимальные площади;
- 3) в западной части Аральского моря появилась растительность, что также свидетельствует о положительной динамике закрепления подвижного субстрата;
- 4) доминирующую часть территории занимает песчаная поверхность с крайне редкой ксерофитной растительностью; вдоль дельты реки Сырдарья начали распространяться тугаи и травянистая растительность.

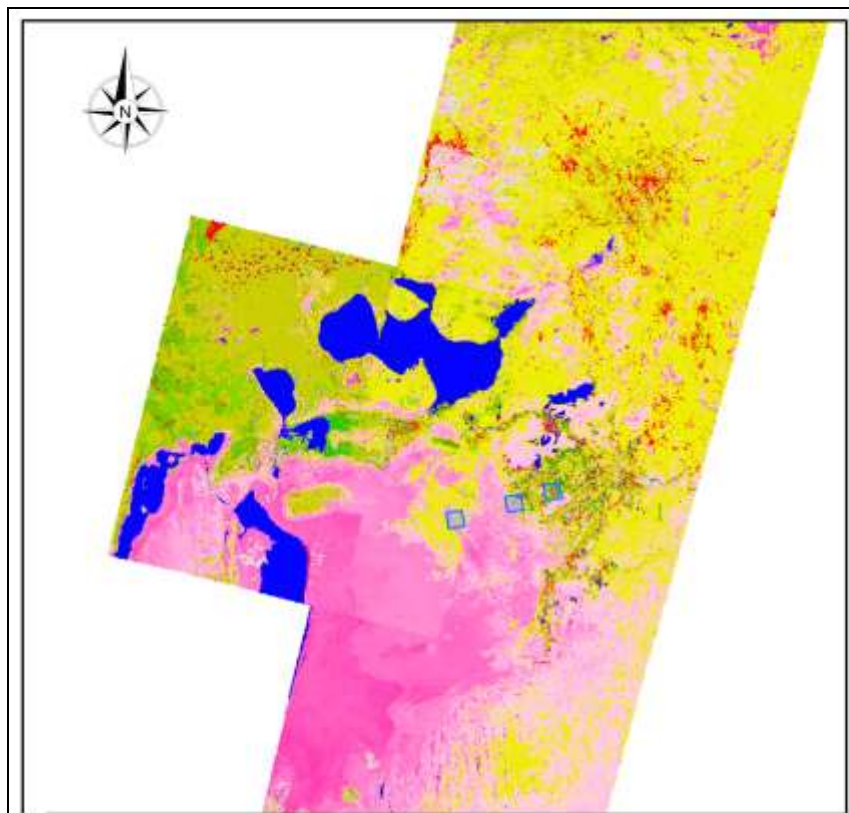
С автором можно согласиться, что на большей части территории, прилегающей к дельте, произошли позитивные изменения благодаря зарастанию подвижного субстрата, и следует отметить еще один важный положительный момент – вдоль главного русла сохраняется узкая полоса древесно-кустарниковых тугаев, которые показаны в данной работе на рисунках 31-33 и охарактеризованы в сопровождающих их текстах.

В работу включена Карта растительности современной дельты Сырдарьи и обсохшего дна Аральского моря М 1:200000 (рис. 35), и очень информативная и грамотная легенда к ней. Карта составлена по результатам детально-маршрутных полевых исследований (2019-2020 гг.). Однако в работе данные полевых исследований отсутствуют. Автор пишет, что данные были предоставлены центром зондирования и ГИС–Терра.

Автор справедливо представляет карту как картографическую модель растительности конкретной территории. Она создавалась на основе космических снимков Landsat ETM+, как методом визуального дешифрирования снимков, так и их автоматизированной классификацией с использованием специализированного программного обеспечения ENVI 4.2, ERDAS Imagine 8.3, Arc Map 9.2. Автор демонстрирует ее, чтобы показать, что «...территория имеет свои растительные сообщества, приспособленные к существованию в современных условиях» (Кучина, 2021, стр. 68).



2010 год

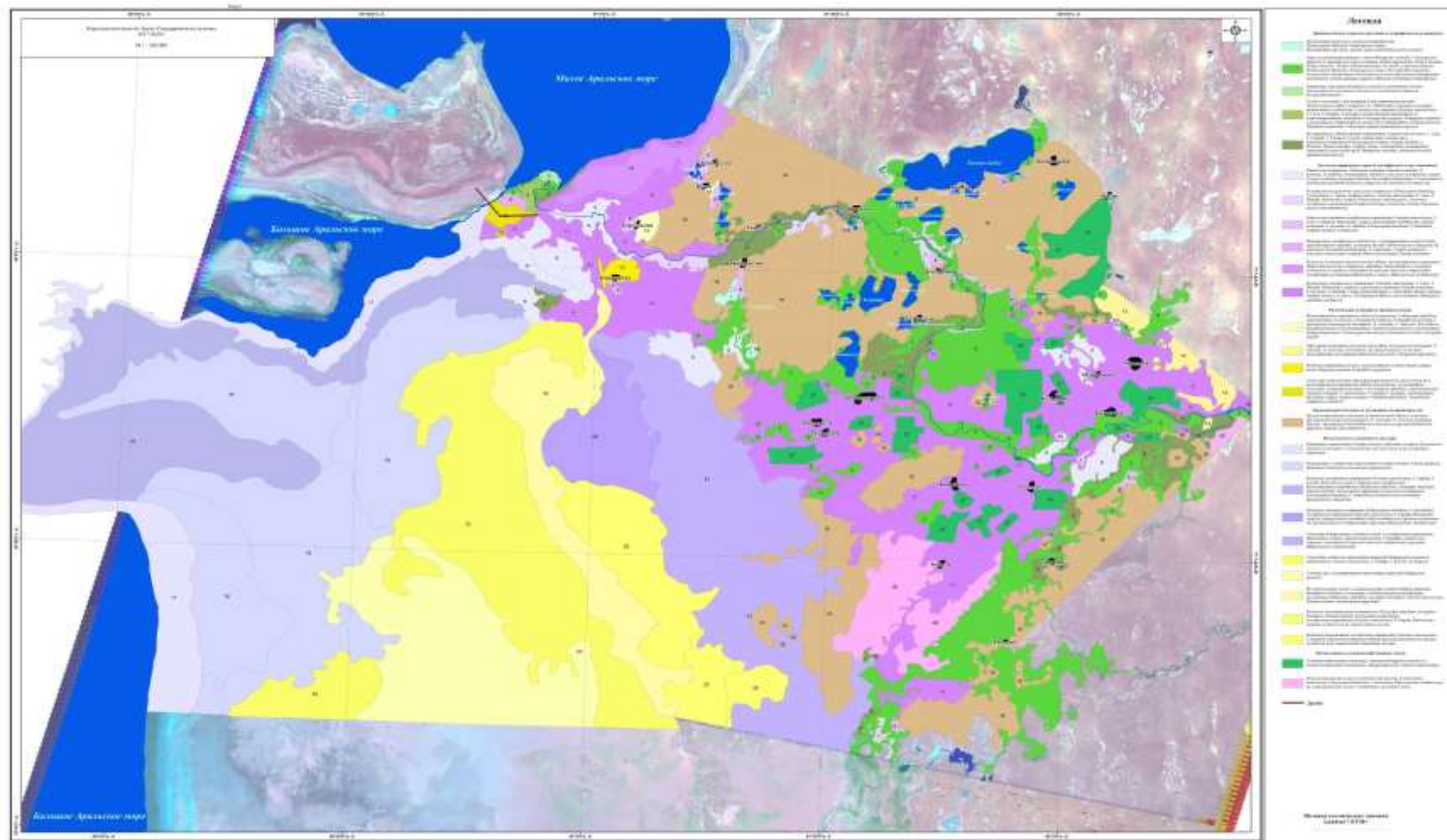


2020 год

**Рис. 34.** Картограмма дешифрирования растительности космического снимка за разные годы (Кучина, 2021).

**Fig. 34.** Schematic map of vegetation, decrypted on a satellite image for different years (Кучина, 2021).





**Рис. 35.** Карта растительности дельты Сырдарьи и прилегающих районов М 1:200000 составлена на основе дешифрирования КС Landsat 7 ETM (Кучина, 2021). **Fig. 35.** The vegetation map of the Syr Darya Delta and its adjacent areas. Scale 1:200,000, compiled on the basis of the decryption of the Landsat 7 (Кучина, 2021).

*Условные обозначения.* **A. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ДЕЛЬТОВОЙ РАВНИНЫ. I. Травяные болота (заросли тростника и гидрофитов на мелководье)** – светло-зеленые тона. 1. Мелководные водоемы с водными макрофитами (*Potamogeton filiformis*, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum spicatum*, *Zostera minor*, *Hydrocharis morsus-ranae*). 2. Заросли длиннокорневищных злаков (*Phragmites australis*, *Calamagrostis epigeios*) и травянистых многолетников (*Typha angustifolia*, *Scirpus litoralis*, *Scirpus lacustris*, *Scirpus Tabernaemontani*), местами с участием водных (*Potamogeton filiformis*, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum spicatum*, *Zostera minor*, *Hydrocharis morsus-ranae*) и воздушно-водных (*Sparganium stoloniferum*, *Alisma plantago-aquatica*, *Butomus umbellatus*) макрофитов. 3. Единичные тростник (*Phragmites australis*) и гребенщик (*Tamarix ramosissima*) по песчаным отмелям и аллювиальным наносам без растительности. **II. Туган в сочетании с настоящими и опустыненными лугами** – темно-зеленые тона. 4. Лохово-ивовые (*Salix songoorica*, *S. wilhelmsiana*, *Elaeagnus oxycarpa*) разреженные сообщества с участием кустарников (*Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *T. elongata*, *Halimodendron halodendron*) и длиннокорневищно-злаковым (*Calamagrostis epigeios*, *Phragmites australis*) с разнотравьем (*Sphaerophyza salsula*, *Glycyrrhiza glabra*, *Lythrum salicaria*, *Xanthium strumarium*, *Calystegia sepium*) травянистым ярусом. 5. Кустарниковые (*Halimodendron halodendron*, *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *T. elongata*, *Lycium ruthenicum*) сообщества с однолетнесолянковым (*Climacoptera brachiata*, *Suaeda linifolia*, *S. prostrata*, *Bassia sedoides*, *Atriplex nitens*, *Chenopodium acuminatum*), злаковым (*Leymus multicaulis*, *Phragmites australis*, *Aeluropus litoralis*) травянистым ярусом. **III. Луга и кустарниковые заросли (галофитные и опустыненные)** – сиреневые тона. 6. Однолетнесолянковые (*Salicornia europaea*, *Suaeda acuminata*, *S. prostrata*, *S. linifolia*, *Chenopodium rubrum*) с участием галофитных злаков (*Crypsis aculeata*, *Aeluropus litoralis*, *Puccinellia dolicholepis*, *P. tenuissima*). 7. Галофитнокустарниково-однолетнесолянковые (*Climacoptera brachiata*, *C. obtusifolia*, *C. lanata*, *Atriplex tatarica*, *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*) с участием галофитного разнотравья (*Frankenina hirsuta*, *Limonium otolepis*, *Saussurea amara*, *Inula britannica*). 8. Однолетнесолянково-галофитнокустарниковые (*Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*, *Suaeda acuminata*, *S. prostrata*, *S. linifolia*, *Climacoptera brachiata*, *C. obtusifolia*, *Atriplex tatarica*) сообщества. 9. Разреженные галофитные сообщества с доминированием многолетних трав (*Phragmites australis*, *Aeluropus litoralis*, *Bolboschoenus compactus*, *B. maritimus*, *Puccinellia dolicholepis*, *P. tenuissima*, *Crypsis aculeata*) и участием однолетних солянок (*Salicornia europaea*, *Suaeda prostrata*). 10. Комплекс полынных (*Artemisia terrae-albae*), псаммофитнокустарниковых (*Haloxylon persicum*, *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron eversmanii*) сообществ, и соровых солончаков без растительности в обрамлении галофитных кустарников (*Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*). 11. Комплексы галофитнокустарниковых (*Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *Halostachys caspica*), однолетнесолянковых (*Suaeda acuminata*, *S. prostrata*, *S. linifolia*, *Climacoptera brachiata*, *C. obtusifolia*, *Bassia sedoides*, *Atriplex tatarica*, *A. nitens*, *Chenopodium album*), тростниковых (*Phragmites australis*) сообществ. **IV. Растительность бугристо-грядовых песков** – ярко-желтые тона. 12. Псаммофитнокустарниковые (*Haloxylon persicum*, *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron eversmanii*, *Astragalus brachypus*) со *Stipagrostis pennata* и эфемерами (*Eremopyrum buonaparte*, *E. orientale*, *E. triticeum*, *Poa bulbosa*, *Koelpinia linearis*) и гребенщикове (*Tamarix ramosissima*) с разнотравьем (*Alhagi kirghisorum*, *Ceratocarpus utriculosus*, *Goraninovia ulicina*, *Acroptilon repens*). 13. Эфемерово-полынные (*Artemisia terrae-albae*, *Eremopyrum buonaparte*, *E. orientale*, *E. triticeum*, *Poa bulbosa*, *Koelpinia linearis*) с участием псаммофитных. 14. Разбитые (барханные) пески с разреженными сообществами сорных видов (*Peganum garmala*, *Euphorbia segguriana*). 15. Сочетание антропогенно-трансформированных без растительности и псаммофитнокустарниковых (*Haloxylon persicum*, *Ammodendron eversmanii*, *Astragalus brachypus*, *Eremosparton aphyllum*), гребенщикове (*Tamarix elongata*, *T. ramosissima*, *T. hispida*, *T. gracilis*) с разнотравьем (*Karelinia caspica*, *Senecio noeanus*, *Chondrilla pauciflora*, *Tournefortia sogdiana*) сообществ. **V. Зональная растительность останцовых возвышенностей** – коричневые тона. 16. Полукустарничковые полынные (*Artemisia terrae-albae*) с участием эфемеров (*Eremopyrum buonaparte*, *E. orientale*, *E. triticeum*, *Koelpinia linearis*), эфемероидов (*Poa bulbosa*) и иногда кустарников (*Haloxylon aphyllum*, *Salsola arbusculiformis*). **Legend. A. PLANTS OF DELTA PLAIN. I. Grass bogs (reeds and hydrophytes in shallow water)** – light green. 1. Shallow reservoirs with water macrophytes (*Potamogeton filiformis*, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum spicatum*, *Zostera minor*, *Hydrocharis morsus-ranae*). 2. Long-rooted cereals (*Phragmites australis*, *Calamagrostis epigeios*) and herbaceous perennials (*Typha angustifolia*, *Scirpus litoralis*, *Scirpus lacustris*, *Scirpus Tabernaemontani*), sometimes with water (*Potamogeton filiformis*, *Potamogeton crispus*, *Myriophyllum spicatum*, *Zostera minor*, *Hydrocharis morsus-ranae*) and air-water macrophytes (*Sparganium stoloniferum*, *Alisma plantago-aquatica*, *Butomus umbellatus*). 3. Single units of *Phragmites australis* and *Tamarix ramosissima* on sandy shoals and alluvial sediments without vegetation. **II. Tugai communities with true and desert meadows** – dark green. 4. *Salix songoorica*, *S. wilhelmsiana*, *Elaeagnus oxycarpa* sparse communities with *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *T. elongata*, *Halimodendron halodendron* and *Calamagrostis epigeios*, *Phragmites australis*, with *Sphaerophyza salsula*, *Glycyrrhiza glabra*, *Lythrum salicaria*, *Xanthium strumarium*, *Calystegia sepium* in the grass. 5. *Halimodendron halodendron*, *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *T. elongata*, *Lycium ruthenicum* communities with *Climacoptera brachiata*, *Suaeda linifolia*, *S. prostrata*,



*Bassia sedoides*, *Atriplex nitens*, *Chenopodium acuminatum*, with *Leymus multicaulis*, *Phragmites australis*, *Aeluropus litoralis* in the grass layer. **III. Meadows and bushes (halophytic and desertified)** – violet. 6. *Salicornia europaea*, *Suaeda acuminata*, *S. prostrata*, *S. linifolia*, *Chenopodium rubrum* communities with *Crypsis aculeata*, *Aeluropus litoralis*, *Puccinellia dolicholepis*, *P. tenuissima*. 7. *Climacoptera brachiata*, *C. obtusifolia*, *C. lanata*, *Atriplex tatarica*, *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum* communities with *Frankenia hirsuta*, *Limonium otolepis*, *Saussurea amara*, *Inula britannica*. 8. *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *Halostachys caspica*, *Halocnemum strobilaceum*, *Suaeda acuminata*, *S. prostrata*, *S. linifolia*, *Climacoptera brachiata*, *C. obtusifolia*, *Atriplex tatarica* communities. 9. *Phragmites australis*, *Aeluropus litoralis*, *Bolboschoenus compactus*, *B. maritimus*, *Puccinellia dolicholepis*, *P. tenuissima*, *Crypsis aculeata* sparse communities with *Salicornia europaea*, *Suaeda prostrata*. 10. Complex of *Artemisia terrae-albae* and *Haloxylon persicum*, *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron eversmanii* communities and salines without vegetation, fenced with bushes of *Halostachys caspica* and *Halocnemum strobilaceum*. 11. Complexes of *Tamarix ramosissima*, *T. laxa*, *T. hispida*, *Halostachys caspica*, and *Suaeda acuminata*, *S. prostrata*, *S. linifolia*, *Climacoptera brachiata*, *C. obtusifolia*, *Bassia sedoides*, *Atriplex tatarica*, *A. nitens*, *Chenopodium album*, and *Phragmites australis* communities. **IV. Vegetation of hilly-ridgy sands** – bright yellow. 12. *Haloxylon persicum*, *Calligonum aphyllum*, *Ammodendron eversmanii*, *Astragalus brachipus* communities with *Stipagrostis pennata* and *Eremopyrum buonaparte*, *E. orientale*, *E. triticeum*, *Poa bulbosa*, *Koelpinia linearis*, and *Tamarix ramosissima* with *Alhagi kirghisorum*, *Ceratocarpus utriculosus*, *Goraninovia ulicina*, *Acroptilon repens*. 13. *Artemisia terrae-albae*, *Eremopyrum buonaparte*, *E. orientale*, *E. triticeum*, *Poa bulbosa*, *Koelpinia linearis* communities with psammophytes. 14. Dune sands with sparse communities of *Peganum garmala*, *Euphorbia segguriana*. 15. Combination of anthropogenically transformed communities without vegetation and communities of *Haloxylon persicum*, *Ammodendron eversmanii*, *Astragalus brachipus*, *Eremosparton aphyllum*, *Tamarix elongata*, *T. ramosissima*, *T. hispida*, *T. gracilis* with *Karelinia caspica*, *Senecio noeanus*, *Chondrilla pauciflora*, *Tournefortia sogdiana*. **V. Zonal vegetation of remnant uplands** – brown. 16. *Artemisia terrae-albae* with *Eremopyrum buonaparte*, *E. orientale*, *E. triticeum*, *Koelpinia linearis*, with *Poa bulbosa* and sometimes with *Haloxylon aphyllum*, *Salsola arbusculiformis*.

Критическое рассмотрение магистерской работы В.К Кучиной, 2021 не вызывает сомнений в корректности представленных картографических материалов с участием ГИС-Терра, однако текст и выводы из работы, действительно, соответствуют уровню ученической работы. Карта растительности и Легенда к ней, составленные на период 2017-2019 гг. разработаны очень грамотно, представляют несомненный научный интерес, и исключительно полезны для продолжения ведения мониторинга природных комплексов на этой территории в районе дельты Сырдарьи.

*Природоохранительная тематика* в дельте Сырдарьи, как и на Амударье, продолжает развиваться. Ученые внимательно следят за изменением экологической ситуации в Приарале и пытаются использовать возникающие благоприятные условия для поддержания, сохранения или воссоздания биоккомплексов тугайного типа. Международный Фонд спасения Арала нередко поддерживает проекты с подобной тематикой.

Так, в 2011 году, в рамках проекта ОБСЕ/МФСА «Внедрение систем Интегрированного управления водными ресурсами в казахстанской части бассейна Аральского моря: практические шаги на национальном уровне», разрабатывался раздел «Мониторинг водно-болотных угодий». Согласно программе исследований было проведено по первичное обследование биоразнообразия водно-болотных угодий авандельты Сырдарьи и на основании полученных данных была дана оценка значимости экосистем и рекомендации по их сохранению. Территория обследования охватывала авандельту реки Сырдарьи, Малое Аральское море и прилегающие к ним территории (рис. 36).

Проведенные полевые исследования выявили высокое разнообразие экосистем, включающих редкие, эндемичные, уязвимые и исчезающие виды из Красной Книги Казахстана. В списке, *сосудистых растений*, включающем 112 видов из 82 родов и 35 семейств, присутствуют виды, нуждающимся в охране: редкие (3), исчезающие (2), реликтовые (1) и эндемичные (5). В составе *зоопланктона* авандельты р. Сырдарьи и прилегающей акватории Малого Аральского моря было выявлено 85 таксонов (коловраток 52, ветвистоусых 7, веслоногих 15, факультативных планктеров 9). Здесь также выявлены 4

редких и 2 эндемичных вида. *Насекомые и ракообразные* представлены 172 видами из 13 отрядов. Среди них присутствуют 20 редких, 4 эндемичных и 3 краснокрижных и 27 фоновых вида. Среди *рыб* присутствуют 3 редких вида: усач аральский – *Barbus brachycephalus* (2 категория); шемая аральская – *Chalcalburnus chalcoides aralensis*; белоглазка аральская – *Abramis sapa aralensis*. Промысловая ихтиофауна Малого Аральского моря представлена 18 видами рыб.



**Рис. 36.** Малое Аральское море и авандельта Сырдарьи. *Условные обозначения:* 1 – Кокаральская плотина, 2 – авандельта Сырдарьи, 3 – русло Сырдарьи. **Fig. 36.** The Small Aral Sea and the avandelta of the Syr Darya River. *Legend:* 1 – Kokaral dam, 2 – avandelta, 3 – the Syr Darya riverbed.

Малое Аральское море играет важнейшую роль в качестве места отдыха и остановок на миграционном пути *птиц*, связывающем Сибирь с местами их зимовок в Южной и Передней Азии и Африке. В настоящее время оно уже включено в международный список ключевых орнитологических территорий Казахстана (ИВА). На этой территории в период миграции останавливается 20-50 тыс. водоплавающих и околоводных птиц, поэтому она соответствует международным критериям (A1, A4i b A4ii), в соответствии с которыми Малый Арал можно считать глобально значимым для птиц. Из числа глобально угрожаемых видов *птиц*, занесенных в Красный список МСОП (IUCN), здесь встречаются 13 видов. 10 видов отнесены к ключевым индикаторным: розовый пеликан – *Pelecanus onocrotalus*; кудрявый пеликан – *Pelecanus crispus*; большой баклан – *Phalacrocorax carbo*; большая белая цапля – *Egretta alba*; обыкновенный фламинго – *Phoenicopterus roseus*; серый гусь – *Anser anser*; лебедь-шипун – *Cygnus olor*; красноносый нырок – *Netta rufina*; лысуха – *Fulica atra*; фазан – *Phasianus colchicus*. На обследованной территории встречается 14 видов млекопитающих, среди них отсутствуют виды, занесенные в Красную книгу, но зато присутствуют наиболее типичные представители пустынных и тугайных сообществ. К числу ключевых индикаторных отнесено 5 видов млекопитающих: кабан – *Sus scrofa*; волк – *Canis lupus*; лисица – *Vulpes vulpes*; корсак – *Vulpes corsac*; заяц-песчаник – *Lepus tolai*.

По критериям Рамсарской конвенции биоразнообразие обследованных водно-болотных угодий интегрально может быть оценено как глобально значимое. Однако, в настоящее

время ВБУ являются активным местом хозяйственной деятельности человека (рыболовство, охота, выпас скота, заготовка сена и др.). Такой интенсивный антропогенный пресс может привести к необратимым процессам деградации природных экосистем. Возникла необходимость управления аквально-прибрежными экосистемами согласно принципам ведения устойчивой хозяйственной деятельности и подготовки соответствующих материалов, обосновывающих их включение в Рамсарский список глобально значимых ВБУ с приданием им статуса Международного значения.

Участники проекта пришли к выводу о создании особо охраняемой природной территории – кластерного участка «Авандельта Сырдарьи» в составе «Государственного природного заповедника «Барсакельмесский». Площадь предлагаемого кластерного участка «Авандельта Сырдарьи» составляет 5770 га, сама авандельта Сырдарьи (по материалам космоснимков) в настоящее время занимает площадь в 4074 га. Кластерный участок ООПТ совпадает с зоной, где рыболовство запрещается в течение года. С организацией заповедной зоны повысятся возможности естественного воспроизводства промысловых видов рыб. Это важное мероприятие, поскольку в настоящее время уловы сокращаются в сравнении с уловами в первые годы после строительства дамбы, когда казалось, что запасы рыбы неистощимы. Это связано с состоянием нерестилищ и нарушением норм ловли. Создание благоприятных условий для гнездования, линьки и кормежки водоплавающих птиц особенно важно для сохранения редких и глобально угрожаемых видов.

Таким образом, авторы справедливо считают, что в результате восстановления акватории Малого Арала, улучшения социально-экономических и экологических условий появились объективные предпосылки для регулирования природоохранной деятельности и устойчивого развития в Северо-Восточном Приаралье. Безусловно, функционирование заповедника все еще может осложняться нестабильностью гидрологических условий этой территории. Так, годовой сток Сырдарьи в 1960-х годах составлял 22.5-45.4 км<sup>3</sup>/год. Начиная с 1974 г. сток по р. Сырдарья сократился до 1.3 км<sup>3</sup>/год, а в отдельные годы (1984 и 1986 гг.) практически отсутствовал. В последние годы приток речной воды к устью колеблется около 5 км<sup>3</sup>/год при запланированных 8 км<sup>3</sup>.

### Выводы

Проведенные научные исследования в Приаралье оказались весьма результативными в научном и практическом плане.

Прежде всего, они расширили представление об Аральском кризисе и выявили основные положения его развития.

- Экологическое содержание Аральского кризиса составляет процесс перехода всей биогеосистемы Приаралья из одного относительно устойчивого состояния в другое. Этот процесс исследователями однозначно рассматривается как опустынивание, поскольку изменение идет под влиянием сокращения влагообеспеченности в аридных условиях в направлении формирования пустынных природных комплексов зонального типа.

- Особенность развития Аральского кризиса как экологического явления выражается в том, что изменения в природных комплексах осуществляются через экологические связи, в качестве ответной реакции на воздействия факторов среды. Изменения идут по цепочке: трансформация одних природных комплексов создает условия для формирования других, трансформация одних компонентов (к примеру – растительности), подготавливает изменение других (почв). По этой причине Аральский кризис получил название «ползучего».

- Опустынивание природных комплексов в условиях Аральского кризиса – антропогенно обусловленный гидродинамический процесс, но он повторяет направление и этапность их естественной эволюции. Скорость его развития зависит от скорости изменения и направления действия антропогенных факторов. Искусственное обводнение

опустынивающихся дельт на основе заполнения высохших озер, создание полей, каналов, способствует стабилизации этого процесса и даже возвращению к начальным стадиям развития гидроморфных природных комплексов. В то же время, наложение антропогенных процессов, имеющих тот же экологический эффект сокращения влагообеспеченности (прекращение паводковых разливов, падение уровня моря, сокращение площади водной поверхности моря), на естественную тенденцию сокращения влагообеспеченности, характерную для их эволюции, ускоряет протекание опустынивания в разы. Предположительно, отмеченное Ж.В. Кузьминой и С.Е. Трешкиным (Кузьмина, Трешкин, 2009, 2016; Трешкин, 2011) в последние десятилетия аридное потепление климата в Средней Азии будет также способствовать усилению уже имеющегося опустынивания в Приаралье.

Ведущим фактором динамики природных комплексов Приаралья выступает водный – через изменение влагообеспеченности территории. На градиенте его изменения в сторону уменьшения, выделяют три стадии: гидроморфную, полугидроморфную и автоморфную. В каждом ландшафте существуют соответствующие инвариантные состояния, составляющие гидродинамический или эколого-генетический ряд.

Разделение территории Приаралья на ландшафтные районы оказалось удобным для проведения сравнительно-географических исследований и обобщений. Среди выделенных пяти ландшафтных районов Устюрт, Северное и Юго-восточное Приаралье представляют пустынные ландшафты. Южное и Северо-восточное Приаралье – ландшафтные районы, включающие дельты рек Амударьи и Сырдарьи.

Проведенные исследования динамики природных комплексов в Приаралье многочисленны. Большая их часть приходится на период 1980-1990 гг. По охвату территории их можно разделить на общие, *региональные*, включающие всю или большую часть территории Приаралья на суше, прилегающую к береговой линии 60-х годов и частные или *локальные*, рассматривающие динамику только одного из ландшафтных районов или его участков.

По содержанию исследования различаются на комплексные (ландшафтные, экосистемные) и покомпонентные (почвы, растительность, животный мир и др.). Многие исследования направлены на изучение и оценку состояния природных комплексов, имеют инвентаризационный, разовый характер. Исследования, повторяющиеся во времени, имеющие характер мониторинга, представлены небольшим числом и разной длительностью и повторностью наблюдений.

По итогам проводившихся исследований были получены достаточно полные характеристики всех компонентов природных комплексов Приаралья. На их основе были разработаны и созданы базы данных и геоинформационные системы. Разрабатывались системы эколого-биологического мониторинга, в которых использовались электронные версии баз данных. Наиболее глубоко и всесторонне изученными оказались природные комплексы (экосистемы) дельты Амударьи. В настоящее время центром сбора и обобщения доступной информации по Аральской проблеме является Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии, сотрудничающий с Международным фондом спасения Арала по новым проектам.

Проведенные исследования показали, что к 1990-м годам, вслед за окончательной перестройкой климата Приаралья в климат, присущий окружающим пустыням, завершились изменения ландшафтов в пустынных ландшафтных районах (Устюрт, Северное и Юго-восточное Приаралье). Здесь оно носило характер климатогенного – из-за снижения амплитуды температур и влагосодержания микроклиматических условий, поддерживаемых ранее полноводным Аралом и негативных изменений климата в Средней Азии в направлении

аридного потепления, а также импัลверизации солей с обсыхающего дна моря. Изменения затронули лишь отдельные компоненты ландшафта, – преимущественно растительность. Однако это мнение, высказанное С.К. Кабуловым (1995), не поддерживается рядом исследователей (Рафиков, Тетюхин, 1981; Акрамов, Рафиков, 1990, Птичников, 1991), которые склонны считать, что деградационные процессы (ветровая эрозия, обеднение видового состава растительных сообществ, снижение урожайности) в пустынных районах Приаралья следует связывать с перевыпасом и транспортным сбоем. По-видимому следует считать, что на этот вопрос окончательный ответ пока не получен.

В Северо-восточном и Южном Приаралье, на территории дельт рек Амударья и Сырдарья опустынивание сопровождалось совместным воздействием ряда факторов и проявлялось в развитии процессов обсыхания, иссушения и засоления. Здесь трансформация проявилась на уровне ландшафтов и преимущественно в восточной части Амударьи и в северной – на Сырдарье. Но на Амударье опустынивание было приостановлено гидромелиоративными преобразованиями и сохранением пойменно-аллювиальных процессов на локальных участках. Здесь динамическое состояние природных комплексов зависит от экологических условий, определяемых новыми водными объектами.

Исследования (Птичников, 1991; Рафиков, Тетюхин, 1981) показали, что несмотря на обводнение, наиболее глубоко трансформированными оказались территории неорошаемых частей речных дельт Амударьи и Сырдарьи. Природные комплексы межрусловых понижений прошли стадии обсыхания, луговую, солончаковую, рассоления и в настоящее время находятся на стадии опустынивания. Она характеризуется трансформаций почв в такырные и серо-бурые и постепенным отмиранием растительных сообществ с преобладанием галофильных видов и вселением пустынных видов (черкеза Рихтера, черного саксаула, полыни белоземельной).

Природные комплексы прирусловых валов, представленные древесными и кустарниковыми тугаями, после стадии обсыхания биотопов и олуговения, вступили в стадию опустынивания, миновав солончаковую стадию. Показателями этого процесса можно считать выпадение тугайных видов (ив, лоха, чингиля) сначала вдали от протоков и вселение пустынных кустарников (терескена).

Научная значимость выполненных исследований связана с развитием теоретических представлений об эколого-генетических и эколого-динамических рядах, основанных на теории литоморфопедогенеза. Практическое использование таких рядов перспективно и уже применялось при разработке на основе ГИС Карт состояния и Карт динамики ландшафтов, опустынивания, растительности (Птичников, 1991; Куст, 1999, Новикова, 2000; Geldyeva et al., 1998, 2000 и др.).

При проведении исследований использовались самые современные методы и получали развитие существующие. А.В. Птичников (1991) расширил возможности метода ландшафтно-индикационного картографирования с применением космических снимков, предложив использование эолого-генетических рядов ландшафтов для изучения динамики, Г.С. Куст (1999) разработал эколого-динамические схемы эволюции и трансформации растительности и почв для основных морфологических элементов дельтового ландшафта с учетом масштаба (силы) и скорости изменения экологических факторов и также применил эти результаты для картографирования опустынивания в Приаралье и на других территориях. С.Е. Трешкин и Ж.В. Кузьмина (Трешкин, 2011; Кузьмина, Трешкин, 2009, 2012; Kuzmina, Treshkin, 2006, 2012) обосновали возможность восстановления тугаев галофильной экологии на сильно засоленных и опустыненных битопах, предложили методику таких работ. Разработано представление о фиторазнообразии как многоуровневой (таксономической, синтаксономической и хорологической) динамической (эволюционной) системе, базирующейся на ландшафтном разнообразии (Novikova, Kouz'mina, 2008).

Можно считать, что исследования и полученные результаты, вскрывшие закономерности динамики природных комплексов дельтовых равнин дали научное основание для подхода к решению научно-практической задачи по управлению гидрологическим режимом дельт и созданию искусственной гидрографической сети, включающей основное русло, отходящие каналы, искусственные водоемы, и обширную коллекторно-дренажную сеть. Эта система служит для практического использования населением, в природоохранных целях в дельте и неиспользованную и оставшиеся водные ресурсы направляются к Восточной части Большого моря, периодически наполняя его.

При этом важно помнить, что равновесное состояние экосистемы дельты сохраняется при условии, что каждый конкретный участок находится на своей, отличной от прочих, стадии развития. При отсутствии динамики природные комплексы пройдут небольшой путь эволюции и завершат его формированием галофильных биотических и абиотических комплексов. Эта проблема поддержания динамического равновесия экосистем дельт – современная важная задача в управлении развитием Аральского кризиса.

Проанализированные исследования и последнее личное посещение дельты Амударьи позволяют сделать вывод, что не орошаемую часть дельты пока нельзя считать завершившей трансформацию в природный комплекс пустынного типа. Этот процесс идет на локальных участках в неорошаемой части дельты. На большей же части этой территории опустынивание тормозится созданной системой искусственных водоемов. Поэтому блок трансформации природных комплексов в рамках Аральского кризиса еще не завершен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Абдреймов Т. 1981. Птицы тугайных лесов и прилегающих пустынь в низовьях Амударьи. Ташкент: Фан. 100 с.</li> <li>2. Аметов М. 1981. Птицы Каракалпакии и их сохранение. Нукус: Академия наук Каракалпакстана. 138 с.</li> <li>3. Акрамов З., Рафиков А. 1990. Прошлое, настоящее и будущее Аральского моря. Ташкент: Механат. 144 с.</li> <li>4. Аральское море и Приаралье. Обобщение работ НИЦ МКВК по мониторингу состояния и анализу ситуации. 2015. Ташкент: Научно-информационный центр Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии Центральной Азии (МКВК). 109 с.</li> <li>5. Аральское море в начале XXI века: физика, биология, химия. 2012 / Ред. П.О. Завьялов. М.: Наука. 229 с.</li> <li>6. Аширова А.А. 1971. Растительность долины и дельты Амударьи и её</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abdreimov T. Birds of tugai forests and adjacent deserts in the lower reaches of the Amu Darya [<i>Ptitsy tugaynykh lesov i prilegayushchikh pustyn' v nizov'yakh Amudar'i</i>]. Tashkent: Fan, 1981:100.</li> <li>2. Ametov M. Birds of Karakalpakstan and their conservation [<i>Ptitsy Karakalpakii i ikh sokhraneniye</i>]. Nukus: Academy of Sciences of Karakalpakstan, 1981:138.</li> <li>3. Akramov Z, Rafikov A. Past, present and future of the Aral Sea [<i>Proshloye, nastoyashcheye i budushcheye Aral'skogo morya</i>]. Tashkent: Mekhanat, 1990:144.</li> <li>4. The Aral Sea and the Aral Sea region. Summarizing the work of the Scientific Information Center of the Interstate Coordination Commission for Hydroeconomic of Central Asia on monitoring the state and analyzing the situation [<i>Aral'skoye more i Priaral'ye. Obobshcheniye rabot NITS MKVK po monitoringu sostoyaniya i analizu situatsii</i>]. Tashkent: Nauchno-informatsionnyy tsentr Mezghosudarstvennoy koordinatsionnoy vodokhozyaystvennoy komissii Tsentral'noy Azii (MKVK). 2015:109.</li> <li>5. The Aral Sea at the beginning of the XXI century: physics, biology, chemistry [<i>Aral'skoye more v nachale XXI veka: fizika, biologiya, khimiya</i>] /</li> </ol> |
|--|--|

- хозяйственное использование. Кн. 1. Ашхабад: Ылым. 312 с.
7. *Аширова А.А.* 1976. Растительность долины и дельты Амударьи и её хозяйственное использование. Кн. 2. Ашхабад: Ылым. 324 с.
  8. *Бахиев А.Б.* 1985. Экология и смена растительных сообществ низовьев Амударьи. Ташкент: Фан. 192 с.
  9. *Бахиев А.Б., Бутов К.Н., Таджитдинов М.Т.* 1977. Динамика растительных сообществ юга Приаралья в связи с изменением гидрорежима Аральского бассейна. Ташкент: Фан. 84 с.
  10. *Бахиев А.Б., Бутов К.Н.* 1976. Современное состояние растительности южных берегов Аральского моря // Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции по комплексному изучению и освоению пустынных территорий СССР. Секция III. Ашхабад: Ылым. С. 67-68.
  11. *Бахиев А.Б., Трешкин С.Е.* 1995. Динамика продуктивности тугайных сообществ в дельте Амударьи в условиях изменяющегося гидрологического режима территории // Экология. № 2. С. 19-22.
  12. *Бахиев А., Трешкин С.Е., Кузьмина Ж.В.* 1994. Современное состояние тугаев Каракалпакстана и их охрана. Нукус: Каракалпакстан. 72 с.
  13. Биоразнообразие водно-болотных угодий авандельты реки Сырдарья. 2012 / Ред. М.О. Оспанов, К.Ж. Стамкулова. Алматы: МФСА. 65 с.
  14. *Бултеков Н.У., Семенов О.Е., Шапов А.П.* 2012. Дисперсный и солевой состав доггых алевритовых отложений осушенной части дна Большого Арала // Гидрометеорология и экология. № 3. С. 18-28.
  15. *Бондаренко О.Н.* 1964. Определитель высших растений Каракалпакии. Ed. P.O. Zavyalov. Moscow: Nauka, 2012:229.
  6. *Ashirova AA.* Vegetation of the Amu Darya valley and delta and its economic use [*Rastitel'nost' doliny i del'ty Amudar'i i yeyo khozyaystvennoye ispol'zovaniye*] Book 1. Ashgabat: Ylym, 1971:312.
  7. *Ashirova AA.* Vegetation of the Amu Darya valley and delta and its economic use [*Rastitel'nost' doliny i del'ty Amudar'i i yeyo khozyaystvennoye ispol'zovaniye*]. Book 2. Ashgabat: Ylym, 1976:324.
  8. *Bakhiyev AB.* Ecology and change of plant communities in the lower reaches of the Amu Darya [*Ekologiya i smena rastitel'nykh soobshchestv nizov'yev Amudar'i*]. Tashkent: Fan, 1985:192.
  9. *Bakhiyev AB, Butov KN, Tadzhitdinov MT.* The dynamics of plant communities in the south of the Aral Sea region in connection with the change in the hydro-regime of the Aral Basin [*Dinamika rastitel'nykh soobshchestv yuga Priaral'ya v svyazi s izmeneniyem gidrorezhima Aral'skogo basseyna*]. Tashkent: Fan, 1977:84.
  10. *Bakhiyev AB, Butov KN.* The current state of vegetation on the southern shores of the Aral Sea [*Sovremennoye sostoyaniye rastitel'nosti yuzhnykh beregov Aral'skogo morya*] Abstracts of the All-Union Scientific Conference on the Comprehensive Study and Development of the Desert Territories of the USSR, Section III [*Tezisy докладов Vsesoyuznoy nauchnoy konferentsii po kompleksnomu izucheniyu i osvoyeniyu pustynnykh territoriy SSSR, sektsiya III*]. Ashkhabad: Ylym, 1976:67-68.
  11. *Bakhiyev AB, Treshkin SYE.* Productivity dynamics of tugai communities in the Amu Darya delta under the conditions of the changing hydrological regime of the territory [*Dinamika produktivnosti tugaynykh soobshchestv v del'te Amudar'i v usloviyakh izmenyayushchegosya gidrologicheskogo rezhima territorii*] *Ecology*. 1995;2:19-22.
  12. *Bakhiyev A, Treshkin SE, Kuzmina ZhV.* The current state of the tugays of Karakalpakstan and their protection [*Sovremennoye sostoyaniye tugayev Karakalpakstana i ikh okhrana*]. Nukus: Karakalpakstan, 1994:72.
  13. Biodiversity of wetlands in the delta of the Syr Darya River [*Bioraznoobraziye vodno-bolotnykh*



- Ташкент: Фан. 175 с.
16. *Гладышев А.И.* 1992. Тугайная растительность Амударьи. Ашхабад: Ылым. 166 с.
  17. *Духовный В.А.* 2019. Арал и Приаралье – немного истории и много о будущем // Вторая Международная конференция по проблемам Аральского моря, посвященной 30-летию создания Лаборатории солоноватоводных исследований Зоологического института РАН, 15-18 ноября 2019. Санкт-Петербург. 34 стр.
  18. *Егоров В.В.* 1959. Почвообразование и условия проведения оросительных мелиораций в дельтах Арало-Капической низменности. М.: АН СССР. 243 с.
  19. *Ешимбаев Д.* 1975. Гидрохимическое состояние водоемов Каракалпакии в условиях водохозяйственных мероприятий в бассейне Амударьи. Ташкент: Фан. 88 с.
  20. *Жоллыбеков Б.* 1995. Изменение почвенного покрова и ландшафтов Южного Приаралья в связи с антропогенным воздействием. Нукус: БИЛИМ. 244 с.
  21. *Жоллыбеков Б.* 1987. Трансформация почвенного покрова приморской части дельты Амударьи в связи с изменением природных условий // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 7-12.
  22. *Жалгасбаев Ж., Жоллыбеков Б., Козлова Т.С., Новикова Н.М., Шенкарева М.Б.* 1981. Применение метода эколого-динамических рядов при изучении динамики природного комплекса дельты Амударьи // Вестник Каракалпакского филиала Академии Наук Узбекистана. № 3. С. 18-23.
  23. *Жалгасбаев Ж., Жоллыбеков Б., Козлова Т.С., Новикова Н.М., ugodiy avandel'ty reki Syr Dar'ya]* / eds. M.O. Ospanov, K.Zh Stamkulova. Almaty: MFSA, 2012:65.
  14. Bultekov NU, Semenov OE, Shapov AP. Disperse and salt composition of doggy aleurite sediments of the dried part of the bottom of the Big Aral Sea [Dispersnyy i solevoy sostav doggykh alevritovykh otlozheniy osushennoy chasti dna Bol'shogo Arala]. *Hydrometeorology and Ecology [Gidrometeorologiya i ekologiya]*. 2012;3:18-28.
  15. Bondarenko ON. Keys to higher plants of Karakalpakstan [*Opredelitel' vysshikh rasteniy Karakalpakii*]. Tashkent: Fan, 1964:175.
  16. Gladyshev AI. Tugai vegetation of the Amu Darya [*Tugaynaya rastitel'nost' Amudar'i*]. Ashkhabad: Ylym, 1992:166.
  17. Dukhovnyy VA. The Aral Sea and the Aral Sea Region – a little history and a lot about the future [*Aral i Priaral'ye – nemnogo istorii i mnogo o budushchem*]. *Second International Conference on Aral Sea Problems, dedicated to the 30th anniversary of the establishment of the Laboratory of Brackish Water Research of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, November 15-18, St. Petersburg [Vtoraya konferentsiya po problemam Aral'skogo morya, posvyashchennoy 30-letiyu sozdaniya Laboratorii solonovатоводных issledovaniy Zoologicheskogo instituta RAN]*. 2019:34.
  18. Yegorov VV. Soil formation and conditions for irrigation reclamation in the deltas of the Aral-Kapiskaya lowland [*Pochvoobrazovaniye i usloviya provedeniya orositel'nykh melioratsiy v del'takh Aralo-Kapiskoy nizmennosti*]. Moscow: AN SSSR, 1959:243.
  19. Yeshimbayev D. Hydrochemical state of water bodies of Karakalpakstan under conditions of water management in the Amu Darya basin [*Gidrokhimicheskoye sostoyaniye vodoyemov Karakalpakii v usloviyakh vodokhozyaystvennykh meropriyatiy v basseyne Amudar'i*]. Tashkent: Fan, 1975:88.
  20. Zhollybekov B. Changes in the soil cover and landscapes of the Southern Aral Sea region due to anthropogenic impact [*Izmeneniye pochvennogo pokrova i landshaftov Yuzhnogo Priara v svyazi s antropogennym vozdeystviyem*]. Nukus: BILIM, 1995:244.

- Шенкарева М.Б. 1980. Структура современных ландшафтов и сукцессионные процессы на осушающемся побережье Аральского моря в районе дельты Амударьи // Вестник Каракалпакского филиала Академии Наук Узбекистана. № 2. С. 20-25.
24. Залетаев В.С., Новикова Н.М. 1991. Биота Аральского региона // Вестник Академии Наук СССР. № 10. С. 57-67.
25. Зонн И.С., Гланц М.Г. 2008. Аральская энциклопедия. М.: Международные отношения. 256 с.
26. Кабулов С.К. 1990. Изменение фитоценозов пустынь при аридизации. Ташкент: ФАН. 240 с.
27. Ковда В.А. 1947. Происхождение и режим засоленных почв. Т. 2. М.: АН СССР. 256 с.
28. Коршунова В.С., Новикова Н.М. 1990. Динамика солей дельты Амударьи в процессе опустынивания // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 43-49.
29. Котляков В.М. 1991. Аральский кризис – научное и общественное звучание проблемы // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. № 4. С. 5-7.
30. Кузьмина Ж.В. 1993. Динамика растительности речных пойм сухих субтропиков Туркменистана и вопросы ее охраны. Автореф. ... дис. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
31. Кузьмина Ж.В. 1997а. Классификация растительности дельты Амударьи // Ботанический журнал. № 1 (82). С. 86-101.
32. Кузьмина Ж.В. 1997б. Экотонные экосистемы тугай-пустыня // Экотон в биосфере. С. 131-137.
33. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 1997. Засоление почв и динамика пойменной-тугайной растительности (на примере регионов Юго-
21. Zhollybekov B. Transformation of the soil cover of the coastal part of the Amu Darya delta in connection with changes in natural conditions [Transformatsiya pochvennogo pokrova primorskoy chasti del'ty Amudar'i v svyazi s izmeneniyem prirodnykh usloviy] *Problems of deserts development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1987;2:7-12.
22. Zhalgasbayev ZH, Zhollybekov B, Kozlova TS, Novikova NM, Shenkareva MB. Application of the method of ecological-dynamic series in the study of the dynamics of the natural complex of the Amu Darya delta [Primeneniye metoda ekologo-dinamicheskikh ryadov pri izuchenii dinamiki prirodnogo kompleksa del'ty Amudar'i] *Herald of the Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of Uzbekistan [Vestnik Karakalpakskogo filiala Akademii Nauk Uzbekistana]*. 1981;3:18-23.
23. Zhalgasbayev ZH, Zhollybekov B, Kozlova TS, Novikova NM, Shenkareva MB. The structure of modern landscapes and succession processes on the draining coast of the Aral Sea in the Amu Darya delta [Struktura rayona sovremennykh landshaftov i suksessionnyye protsessy na osushayushchemsya poberezh'ye Aral'skogo morya v del'ty Amudar'i] *Herald of the Karakalpak Branch of the Academy of Sciences of Uzbekistan [Vestnik Karakalpakskogo filiala Akademii Nauk Uzbekistana]*. 1980;2:20-25.
24. Zaletayev VS, Novikova NM. Biota of the Aral region [Biota Aral'skogo regiona] *Herald of the Academy of Sciences of the USSR [Vestnik Akademii Nauk SSSR]*. 1991;10:57-67.
25. Zonn IS, Glants MG. Aral Encyclopedia [Aral'skaya entsiklopediya]. Moscow: Mezhdunarodnyye otnosheniya, 2008:256.
26. Kabulov SK. Changes in desert phytocenoses during aridization [*Izmeneniye fitotsenozov pustyn' pri aridizatsii*]. Tashkent: FAN, 1990:240.
27. Kovda VA. Origin and regime of saline soils [*Proiskhozhdeniye i rezhim zasolennykh pochv*]. Moscow: AN SSSR, 1947;(2):256.
28. Korshunova VS, Novikova NM. Salt dynamics of the Amu Darya delta in the process of desertification [Dinamika soley del'ty Amudar'i v protsesse opustynivaniya] *Problems of the desert development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1990;2:43-49.
29. Kotlyakov VM. The Aral Sea Crisis – Scientific

- Восточного Прикаспия и Приаралья // Почвоведение. № 6. С. 726-735.
34. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2009. Формирование растительности на солончаках обсохшего дна Аральского моря в изменяющихся климатических условиях // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. № 1. С. 32-35.
  35. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2012. Тугаи и возможности их восстановления в современный период // Аридные экосистемы. Т. 18. № 3 (52). С. 44-59.
  36. Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2016. Климатические изменения в Приаралье и Средней Азии // Аридные экосистемы. Т. 22. № 4 (69). С. 5-20.
  37. Курочкина Л.Я., Вухрер В.В., Макулбекова Г.Б., Димеева Л.А. 1991. Состояние растительности осушенного дна и побережья Аральского моря // Известия РАН. Серия географическая. № 4. С. 76-88.
  38. Курочкина Л.Я., Ишанкулов М.Ш., Корниенко В.А. 1979. О границах влияния снижения уровня Аральского моря на окружающую среду // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 25-33.
  39. Куст Г.С. 1999. Опустынивание: принципы эколого-генетической оценки и картографирования. М.: МГУ. 362 с.
  40. Кучина В.К. 2021. Мониторинг экосистем Арало-Сырдарьинского региона с использованием ДЗЗ. Магистерская диссертация по специальности 05.04.02. География. Томск: НИ ТГУ. 92 с.
  41. Лопатин Г.В., Деньгина Р.С., Егоров В.В. 1958. Дельта Амударьи. М.-Л.: АН СССР. 159 с.
  42. Майлун З.А. 1973. Тугайная растительность // Растительный покров Узбекистана. Т. 2. Ташкент: and Public Sounding of the Problem [Aral'skiy krizis – problemy nauchnogo i obshchestvennogo zvuchaniya] *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR [Izvestiya Akademii nauk SSSR] Geographic Series [Seriya geograficheskaya].* 1991;4:5-7.
  30. Kuzmina ZhV. Dynamics of vegetation of river floodplains in dry subtropics of Turkmenistan and issues of its protection [*Dinamika rastitel'nosti rechnykh poym sukhikh subtropikov Turkmenistana i voprosy yeye okhrany*]. Abstract of the Ph.D. dissertation in Biology. Moscow, 1993:24.
  31. Kuzmina ZhV. Classification of vegetation in the Amu Darya delta [Klassifikatsiya rastitel'nosti del'ty Amudar'i] *Botanical Journal.* 1997a;1 (82):86-101.
  32. Kuzmina ZhV. Ecotonic ecosystems of the tugai-desert [Ekotonnyye ekosistemy tugay-pustynya]. *Ecotones in the Biosphere [Ekotony v biosfere].* 1997b:131-137.
  33. Kuzmina ZhV, Treshkin SE. Soil Salinization and Dynamics of Tugai Vegetation in the Southeastern Caspian Sea Region and in the Aral Sea Coastal Region [Zasoleniye pochv i dinamika poymennoy-tugaynoy rastitel'nosti (na primere regionov Yugo-Vostochnogo Prikaspiya i Priaral'ya)]. *Eurasian Soil Science [Yevraziyskoye pochvovedeniye].* 1997;(30) 6:642-649.
  34. Kuzmina ZhV, Treshkin SE. Formation of Vegetation on Solonchaks of the Dried Aral Sea Bed under Changing Climate Conditions [Formirovaniye rastitel'nosti na solonchakakh obsokhshego dna Aral'skogo morya v izmenyayushchikhsya klimaticheskikh usloviyakh]. *Proc. of the Russian Agricultural Sciences [Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaysvennykh nauk].* 2009;(35)1:37-41.
  35. Kuzmina ZhV, Treshkin SE. Riparian Forests and the Possibility of Their Modern Restoration. *Arid Ecosystems.* 2012;(2) 3:165-176.
  36. Kuzmina ZhV, Treshkin SE. Climate Changes in the Aral Sea Region and Central Asia. *Arid Ecosystems.* 2016;(6) 4:227-240.
  37. Kurochkina LYa, Vukhrer VV, Makulbekova GB, Dimeyeva LA. State of the vegetation of the drained bottom and the coast of the Aral Sea [Sostoyaniye rastitel'nosti osushennogo dna i poberezh'ya Aral'skogo morya] *Bulletin of the*

- ФАН. С. 303-375.
43. Мамутов Н.К. 1991. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. М.: Московский педагогический государственный университет им. В.И. Ленина. 17 с.
  44. Никитин А.М., Бондарь В.А. 1975. О динамике озер дельты р. Амударьи // Труды САРНИГМИ. Вып. 25 (106). Л.: Гидрометеиздат. 130 с.
  45. Новикова Н.М. 2020. Эколого-географический аспект Аральского кризиса. Ч. 2. Исследование динамики климата и изменений обсохшего дна моря // Экосистемы: экология и динамика. № 2. С. 96-120.
  46. Новикова Н.М., Альдякова О.А. 2003. Картографирование динамики ландшафтов приморской части Амударьи на основе космической информации // Аридные экосистемы. Т. 9. № 18. С. 5-15.
  47. Новикова Н.М., Маркова Л.Е., Бахиев А.Б., Жалгасбаев Ж. 1981. О карте современного растительного покрова дельты Амударьи и его динамике в связи с зарегулированием речного стока // Проблемы освоения пустынь. № 5. С. 21-28.
  48. Оценка социально-экономических последствий экологического бедствия – усыхания Аральского моря. 2000. Промежуточный отчет по проекту INTAS/РФФИ-1733. 80 с.
  49. Попов В.А. 1990. Проблемы Арала и ландшафты дельты Амударьи. Ташкент: ФАН. 110 с.
  50. Попов В.Г., Сектименко В.Е., Турсунов А.А. 1982. К вопросу об эволюции и систематике почв нижней части дельты Амударьи // Труды института почвоведения и агрохимии УзССР. Вып. 22. С. 89-128.
  51. Птичников А.В. 1994. *Academy of Sciences of the USSR [Izvestiya Akademii nauk SSSR] Geographic Series [Seriya geograficheskaya]*. 1991;4:76-88.
  38. Kurochkina LYa, Ishankulov MSh, Kornienko VA. On the boundaries of the impact of lowering the level of the Aral Sea on the environment [O granitsakh vliyaniya snizheniya urovnya Aral'skogo morya na vsyu sredu]. *Problems of deserts development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1979;2:25-33.
  39. Kust GS. Desertification: Principles of Environmental Genetic Assessment and Mapping [*Opustynivaniye: printsipy ekologo-geneticheskoy otsenki i kartografirovaniya*]. Moscow: MGU, 1999:362.
  40. Kuchina VK. Monitoring of ecosystems of the Aral-Syr Darya region using remote sensing data. [*Monitoring ekosistem Aralo-Syrdar'inskogo regiona s ispol'zovaniyem DZZ*]. Ph.D. dissertation in geography. Tomsk: NI TGU, 2021:92.
  41. Lopatin GV, Dengina RS, Yegorov VV. Delta of the Amu Darya [*Del'ta Amudari*]. Moscow-Leningrad: AN SSSR, 1958:159.
  42. Maylun ZA. Tugai vegetation [*Tugaynaya rastitel'nost'*]. *Vegetation cover of Uzbekistan [Rastitel'nyy pokrov Uzbekistana]*. Tashkent: FAN, 1973;(2):303-375.
  43. Mamutov NK. Abstract of the Ph.D. in biology. Moscow: Moskovskiy pedagogicheskiy gosudarstvennyy universitet imeni V.I. Lenina, 1991:17.
  44. Nikitin AM, Bondar VA. On the dynamics of lakes in the delta of the Amu Darya river [O dinamike ozer del'ty r. Amudar'i] *Proceedings of Central Asian Regional Research Institute for Hydrometeorology [Trudy SARNIGMI]*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1975;25 (106):130.
  45. Novikova NM. Ecological and geographical aspect of the Aral Sea crisis. Part 2. Study of climate dynamics and changes in the dried seabed [Ekologo-geograficheskiy aspekt Aral'skogo krizisa. Ch. 2. Issledovaniye dinamiki klimata i izmeneniya obsokhshego dna morya] *Ecosystems: Ecology and Dynamics*. 2020;(4) 2:96-120.
  46. Novikova NM, Aldyakova OA. Mapping the dynamics of landscapes in the coastal part of the Amu Darya on the basis of space information [Kartografirovaniye dinamiki landshaftov primorskoj chasti Amudar'i na osnove

- Региональные особенности динамики пустынных ландшафтов Приаралья в условиях опустынивания // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 3-9.
52. *Птичников А.В.* 1991. Динамика опустынивания ландшафтов Приаралья за последние 15 лет (с использованием материалов космических методов исследований). Дисс. ... канд. геогр. наук. М. 130 с.
53. *Птичников А.В., Сабуров М.* 1990. Трансформация тугайных ландшафтов в дельте Амударьи под воздействием опустынивания (на примере заповедника Бадай-Тугай) // Вестник Каракалпакского филиала Академии наук Узбекской ССР. № 2. С. 48-57.
54. *Рафииков А.А., Тетюхин Н.Ф.* 1981. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. Ташкент: Фан. 200 с.
55. *Реимов Р.* 1985. Млекопитающие Южного Приаралья (экология, охрана и хозяйственное использование). Ташкент: Фан. 95 с.
56. *Рогов М.М.* 1957. Гидрология дельты Амударьи. Л.: Гидрометеиздат. 238 с.
57. *Рогов М.М., Ходкин С.С., Ревина С.К.* 1968. Гидрология устьевой области Амударьи. М.: Гидрометеиздат. 267 с.
58. *Родин Л.Е.* 1961. Динамика растительности пустынь (на примере Западной Туркмении). М-Л.: Наука. 227 с.
59. *Семенов О.Е., Шапов А.П., Галаева О.Е., Идрисова В.П.* 2006. Ветровой вынос и песчано-солевые выпадения с осушенной части дна Аральского моря // Аридные экосистемы. № 1 (29). Т. 12. С. 47-58.
60. Третье национальное сообщение республики Узбекистан по kosmicheskoy informatsii]. *Arid Ecosystems*. 2003;(9) 18:5-15.
47. *Novikova NM, Markova LE, Bakhiev AB, Zhalgasbaev J.* On the map of the modern vegetation cover of the Amu Darya delta and its dynamics in connection with regulation of river flow [O karte sovremennogo rastitel'nogo pokrova del'ty Amudar'i i yego dinamike v svyazi s zaregulirovaniyem rechnogo stoka]. *Problems of deserts development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1981;5:21-28.
48. Assessment of the socio-economic consequences of the ecological disaster - the desiccation of the Aral Sea [Otsenka sotsial'no-ekonomicheskikh posledstviy ekologicheskogo bedstviya – usykhaniya Aral'skogo morya]. *Interim report on the INTAS / project No. RFBR-1733 [Promezhutochnyy otchet po proyektu INTAS / RFFI-1733]*. 2000:80.
49. *Popov VA.* Problems of the Aral Sea and landscapes of the Amu Darya delta [*Problemy Arala i landshafty del'ty Amudar'i*]. Tashkent: Fan, 1990:110.
50. *Popov VG, Sektimenko VE, Tursunov AA.* On the evolution and taxonomy of soils in the lower part of the Amu Darya Delta [*K voprosu ob evolyutsii i sistematike pochv nizhney chasti del'ty Amudar'i*]. *Proc. of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the UzSSR [Trudy instituta pochvovedeniya i agrokhimii UzSSR]*. 1982;22:89-128.
51. *Ptichnikov AV.* Regional features of the dynamics of the desert landscapes of the Aral Sea region under conditions of desertification [Regional'nyye osobennosti dinamiki pustynnykh landshaftov Priaral'ya v usloviyakh opustynivaniya] *Problems of the deserts development [Problemy osvoyeniya pustyn']*. 1994;2:3-9.
52. *Ptichnikov AV.* The dynamics of desertification of the Aral Sea landscapes over the past 15 years (using the material of space research methods) [*Dinamika opustynivaniya landshaftov Priaral'ya za 15 let (s ispol'zovaniyem instrumentov kosmicheskikh metodov issledovaniy)*]. Ph.D. dissertation in geography. Moscow, 1991:130.
53. *Ptichnikov AV, Saburov M.* Transformation of tugai landscapes in the Amu Darya delta under the influence of desertification (on the example of the Badai-Tugai reserve) [Transformatsiya tugaynykh

- рамочной конвенции ООН об изменении климата. 2013. Ташкент: Узгидромет. 246 с.
61. Трешкин С.Е. 1990. Структура и динамика древесно-кустарниковых сообществ тугайных лесов низовьев Амударьи в связи с антропогенным воздействием. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
62. Трешкин С.Е. 2011. Деграция тугаев Средней Азии и возможности их восстановления. Автореферат дис. ... докт. с/х наук. Волгоград: ГНУ ВНИАЛМИ. 45 с.
63. Трофимова Г.Ю. 2003. Эколого-географическая база данных Южного Приаралья (дельта Амударьи и обсохшее дно Аральского моря). М.: РАСХН. 17 с.
64. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. С-Пб.: Мир и семья. 992 с.
65. Чуб В.Е. 2007. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент: Узгидромет. 135 с.
66. Шербаев Б.Ш. 1988. Флора и растительность Каракалпакии. Нукус: Каракалпакстан. 304 с.
67. Aladin N.V., Filippov A.A., Plotnikov I.S., Egorov A.N., Piriulin D.D., Smurov A.O. 2001. Modern Ecological State of the Small Aral Sea // Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. Book 2. UNESCO Aral Sea Project 1997-2000. Final Scientific Reports. P. 73-82.
68. Geldyeva G.V., Budnikova T.I., Gubernik I.A., Dimeeva L.A., Ogar N.P., Evstifeev Iu.G., Los V.L., Skorintzeva I.B., Geldyev B. 1998. Assessment of Desertification landshaftov v del'te Amudar'i pod vozdeystviyem opustynivaniya (na zapovednika Baday-Tugay)] *Bulletin of the Karakalpak branch of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR [Vestnik Karakalpakskogo filiala Akademii nauk Uzbekskoy SSR]*. 1990;2:48-57.
54. Rafikov AA, Tetyukhin NF. Decrease in the level of the Aral Sea and changes in the natural conditions of the lower reaches of the Amu Darya [Snizheniye Aral'skogo morya i izmeneniye prirodnykh urovney kachestva nizov'yev Amudar'i]. Tashkent: Fan, 1981:200.
55. Reimov R. Mammals of the Southern Aral region (ecology, protection and economic use) [Muchayushchiye Yuzhnogo Priaral'ya (ekologiya, okhrana i khozyaystvennoye ispol'zovaniye)]. Tashkent: Fan, 1985:95.
56. Rogov MM. Hydrology of the Amu Darya delta [Gidrologiya del'ty Amudar'i]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1957:238.
57. Rogov MM, Khodkin SS, Revina SK. Hydrology of the Amu Darya estuary area [Gidrologiya ust'yevoy oblasti Amudar'i]. Moscow: Gidrometeoizdat, 1968:267.
58. Rodin LYe. Dynamics of desert vegetation (on the example of Western Turkmenistan) [Dinamika rastitel'nosti pustyn' (na primere Turkmenii)]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1961:227.
59. Semenov OE, Shapov AP, Galaeva OE, Idrisova VP. Wind carryover and sand-salt fallout from the drained part of the bottom of the Aral Sea [Vetrovoy vynos i peschano-solevyeye vypadeniya s osushennoy chasti dna Aral'skogo morya]. *Arid Ecosystems*. 2006;(12) 1:47-58.
60. Third National Communication of the Republic of Uzbekistan on the UN Framework Convention on Climate Change [Tret'ye natsional'noye soobshcheniye respubliki Uzbekistan po ramochnoy konventsii OON ob izmenenii klimata]. Tashkent: Uzgidromet, 2013:246 s.
61. Treshkin SE. The structure and dynamics of tree and shrub communities of tugai forests in the lower reaches of the Amu Darya due to anthropogenic impact [Struktura i dinamika drevesno-kustarnikovykh soobshchestv tugaynykh lesov nizov'yev Amudar'i v svyazi s antropogennym vozdeystviyem]. Abstract of the Ph.D. dissertation in biology. Moscow, 1990:24.
62. Treshkin SYe. Degradation of the Central Asian

- Processes in Natural Complexes of the Syr-Dar'ya Delta // *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final Scientific Reports*. P. 15-42.
69. Geldyeva G.V., Ogar N.P., Skorintzeva I.B., Geldyev B.V., Budnikova T.I., Dimeeva L.A. 2000. Monitoring and Modeling of Desertification Processes in the Syr Dar'ya and Amu Dar'ya Deltas for GIS // *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final Scientific Reports*. P. 119-154.
70. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.Y. 2006. Assessment of Effects of Discharged Waters upon Ecosystems // *Ecology and Ecosystems* / Ed. S.Z. Igor. Springer Science. Part III. Anthropogenic Development, Geology and Ecosystems. P. 149-160.
71. Kuzmina Zh.V., Treshkin S.Ye. 2012. Phytomelioration of Solonchaks in the Uzbekistan Pre-Aral Region under Recent Climate Change // *Aralkum – a Man-Made Desert. The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia)* / Eds. S.-W. Breckle, W. Wucherer, L. Dimeeva, N.P. Ogar. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg. P. 407-429.
72. Novikova N. 1999. Aral Sea Ecosystems and Creeping Environmental Changes in the Aral Sea // *Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin* / Ed. M. Glantz. UK, Cambridge: Cambridge University Press. P. 100-127.
73. Novikova N., Aldjakova O. 2008. Map of vegetation. M. P. 212-216.
74. Novikova N., Kuzmina Zh. 2008. Monitoring of the Vegetation in Conditions of the Aral Sea Ecological Crisis. M.: Russian Academy of tugays and the possibilities of their restoration [*Degradatsiya tugayev Sredney Azii i vozmozhnosti ikh vosstanovleniya*]. Abstract of the Ph.D. Dissertation in agriculture. Volgograd: GNU VNIALMI, 2011:45.
63. Trofimova GYu. Ecological-geographic database of the Southern Aral Sea region (Amu Darya delta and dried bottom of the Aral Sea) [*Ekologo-geograficheskaya baza dannykh Yuzhnogo Priaral'ya (del'ta Amudar'i i obsokhsheye dno Aral'skogo morya)*]. Moscow: RASKHN, 2003:17.
64. Cherepanov SK. Vascular Plants of Russia and Neighboring States [*Sosudistyye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv*]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995:992.
65. Chub VE. Climate change and its impact on hydrometeorological processes, agroclimatic and water resources of the Republic of Uzbekistan [*Izmeneniye klimata i yego vliyaniye na gidrometeorologicheskiye protsessy, agroklimaticheskiye i vodnyye resursy Respubliki Uzbekistan*]. Tashkent: Uzgidromet, 2007:135.
66. Sherbaev BSh. Flora and vegetation of Karakalpakstan [*Flora i rastitel'nost' Karakalpakii*]. Nukus: Karakalpakstan, 1988:304.
67. Aladin NV, Filippov AA, Plotnikov IS, Egorov AN, Piriulin DD, Smurov AO. Modern Ecological State of the Small Aral Sea. *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. Book 2. UNESCO Aral Sea Project 1997-2000. Final Scientific Reports*. 2001:73-82.
68. Geldyeva GV, Budnikova TI, Governik IA, Dimeeva LA, Ogar NP, Evstifeev IuG, Los VL, Skorintzeva IB, Geldyev B. Assessment of Desertification Processes in Natural Complexes of the Syr-Dar'ya Delta. *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final Scientific Reports*. 1998:15-42.
69. Geldyeva GV, Ogar NP, Skorintzeva IB, Geldyev BV, Budnikova TI, Dimeeva LA. Monitoring and Modeling of Desertification Processes in the Syr Dar'ya and Amu Dar'ya Deltas for GIS. *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final Scientific Reports*. 2000:119-154.
70. Kuzmina ZhV, Treshkin SY. Assessment of



- Sciences, Water Problems Institute. 218 p.
75. Novikova N.M., Kust G.S., Kouzmina J.V., Trofimova G.Ju., Dikareva T.V. 1998. Contemporary Plant and Soil Cover Changes in the Amu Darya and Syr Darya River Deltas // *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final Scientific Reports*. P. 55-80.
76. Rafikov A.A. 1999. Desertification in the Aral Sea Region // *Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin* / Ed. M. Glantz. UK, Cambridge: Cambridge University Press. P. 66-85.
77. Treshkin S.E. 2000. Transformation of the Tugai Ecosystems in the Floodplains of the Lower Reaches and Delta of the Amu Dar'ya and their Protection Conditions // *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. Book 2. UNESCO Aral Sea Project 1997-2000. Final Scientific Reports*. P. 189-202.
78. Treshkin S.E., Kamalov S.K., Bachiev A., Mamutov N.K., Gladishev A.I., Ambetov I. 1998. Assessment of the Tugai Forests in the Lower Amu-Dar'ya Basin and Problems of their Protection and Restoration // *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final SCIENTIFIC REPORTS*. P. 43-54.
- Effects of Discharged Waters upon Ecosystems. Ecology and Ecosystems / ed. S.Z. Igor. Springer Science. Part III. Anthropogenic Development, Geology and Ecosystems, 2006:149-160.
71. Kuzmina ZhV, Treshkin SYe. Phytomelioration of Solonchaks in the Uzbekistan Pre-Aral Region under Recent Climate Change. Aralkum – a Man-Made Desert. The Desiccated Floor of the Aral Sea (Central Asia) / eds. S.-W. Breckle, W. Wucherer, L. Dimeeva, N.P. Ogar. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2012:407-429.
72. Novikova N. Aral Sea Ecosystems and Creeping Environmental Changes in the Aral Sea. *Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin* / Ed. M. Glantz. UK, Cambridge: Cambridge University Press, 1999:100-127.
73. Novikova N, Aldjakova O. Map of Vegetation. Moscow, 2008:212-216.
74. Novikova N, Kuzmina ZhV. Monitoring of the Vegetation in Conditions of the Aral Sea Ecological Crisis. Moscow: Russian Academy of Sciences, Water Problems Institute, 2008:218.
75. Novikova NM, Kust GS, Kouzmina JV, Trofimova GJu, Dikareva TV. Contemporary Plant and Soil Cover Changes in the Amudarya and Syr Darya River Deltas. *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final Scientific Reports*. 1998:55-80.
76. Rafikov AA. Desertification in the Aral Sea Region. *Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin* / Ed. M. Glantz. UK, Cambridge: Cambridge University Press, 1999:66-85.
77. Treshkin SE. Transformation of the Tugai Ecosystems in the Floodplains of the Lower Reaches and Delta of the Amu Dar'ya and their Protection Conditions. *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. Book 2. UNESCO Aral Sea Project 1997-2000. Final Scientific Reports*. 2000:189-202.
78. Treshkin SE, Kamalov SK, Bachiev A, Mamutov NK, Gladishev AI, Ambetov I. Assessment of the Tugai Forests in the Lower Amu-Dar'ya Basin and Problems of their Protection and Restoration. *Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. UNESCO Aral Sea Project 1992-1996. Final SCIENTIFIC REPORTS*. 1998:43-54.

**ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ASPECTS OF THE ARAL SEA CRISIS.  
PART 3. RESEARCHES OF THE DYNAMICS OF THE NATURAL COMPLEXES  
OF THE ARAL SEA REGION**

© 2021. N.M. Novikova

*Water Problems Institute Russian Academy of Sciences  
Russia, 119333, Moscow, 3 Goubkina str. E-mail: nmnovikova@gmail.com*

Received August 10, 2021. After revision September 01, 2021. Accepted September 01, 2021.

This chapter of our article is devoted to the study of transformation processes of the natural complexes in the Aral Sea Region, due to the decreasing level of the sea and reduction of its water surface area. This territory was influenced by the development of the Aral Crisis. The anthropogenic transformation of natural complexes, considered to be a desertification, caused losses in their resource potential, and influenced the development of the medico-biological and socio-economic components of the problem. The article includes a review and discussion of the studies that were carried out on the dynamics of natural complexes by different authors, the novelty and originality of their approaches and methods, the scientific and practical significance of the results, and the contribution they did for further understanding of the development of the Aral Crisis. First, we consider the complex landscape studies, then we discuss the studies of individual landscapes components, such as soils, vegetation, avifauna and animal population. We discuss the studies of the dynamics of the said territory and its individual 5 landscape regions (Ustyurt, Northern, Eastern, South-Eastern and Southern Aral Sea). The main works and scientific publications were written about the Southern Aral Sea Region, especially its part of the delta of the Amu Darya River that has not been developed for irrigation use. All authors agree that the dynamics of the local natural complexes is a desertification process, caused by a reduction in the moisture supply of the territory in the arid climate. *Landscape studies* of the region (V.A. Popov (1990), A.V. Ptichnikov (1991), A.A. Rafikov and N.F. Tetyukhin (1981), G.V. Geldyeva et al. (1989, 2000)) were aimed at its spatial structure, identification of the processes and forms of desertification in different types of landscapes and landscape areas. It is shown that the modern landscapes of the Aral Sea Region are of different genesis, age and conditions. Therefore, the smallest changes in the conditions of the Aral Crisis are common for the older, desert landscapes, while the most severe are common for the youngest ones. A.V. Ptichnikov (1991) revealed that changes of *individual components* (such as vegetation, mainly) occurred in Ustyurt on the elevated plateaus of the Northern Aral Sea Region, and in the Kyzylkum. The changes of *facies* are common for a wide (up to 120 km) strip of ancient aluvial-delta plains and in a narrower (up to 20 km along the seashore) strip of sandy deserts in the Eastern Aral Sea Region, as well as on the chinks of the Ustyurt and the plateau of the Eastern Aral Sea. Changes in the *tracts* happen in the rivers floodplains and on the dried-up seabottom, as well as in the coastal strip of the ancient aluvial-delta takir plain of Akchadarya, 20-60 km from the coast of the 1960s. Changes in the morphological landscape units of *complex tracts and areas* are common for the non-irrigated parts of deltas, with the exception of floodplains adjacent to the main riverbeds. The highest rank of changes (change of landscapes) in the Aral Sea region occurred in the non-irrigated parts of the Amu Darya and Syr Darya deltas, as well as in the dried-up strip of the sea floor. In these studies, new remote sensing materials were used at that time, mapping methods were developed using them. The obtained results are reflected in various cartographic materials, their analysis shows that, unlike desert landscape areas, the modern dynamics of natural complexes of deltas is distinguished by the fact that they are under the influence of several factors and they are characterized by spatio-temporal heterogeneity. The scientific significance of the obtained results lies in the development of a theoretical understanding of the ecological and genetic series of delta landscapes as an evolutionary system that develops during the natural development of the territory in the direction of the formation of zonal variants. It is shown that the dynamics of landscapes in the conditions of the Aral crisis differs from the natural one by accelerating processes and skipping stages. The landscapes of the modern deltas of the Amu Darya and Syr Darya, having a natural tendency to desertification genetically determined and enhanced by the fall of sea level and the drying

of the water mirror of the sea, are at different stages of this process, depending on the conditions of the water regime maintained by man when creating an artificial hydrographic network (a system of reservoirs and channels). The current soil cover and soil dynamics of the Aral Sea Region were studied in more details in the Amu Darya Delta during field observations by B. Zhollybekov from 1980 to the present day. They are reflected in a number of his publications (Zhollybekov, 1987, 1995). He studied and characterized the modern soil cover, formed an idea of the variants of transitions from one soil to another, and proposed a forecast of their development after 1990. Special attention in his research was paid to the processes of salinization-brining. In the studies of G.S. Kust (1999), the theory of litomorphopedogenesis was further developed in relation to the modern conditions of the Amu Darya and Syr Darya deltas. A proof illustration of this theory is the schemes of soil dynamics, vegetation and the main soil-forming processes developed by him for genetically different landscapes at different rates of change in moisture availability and salinity. It is shown that the takir-like and takir-like soils of the ancient delta plains of the Aral Sea (Akchadarya, Zhanadarya) are not the final stage of the development of initially hydromorphic alluvial-delta soils, since they are also a stage in the process of long-term evolution into gray-brown soils. Vegetation is one of the most important resources of the Aral Sea region, creating the economic well-being of the population and favorable living conditions. Therefore, when studying the dynamics of vegetation, in addition to traditional botanical indicators, species (floral) and phytocenotic richness, vitality, renewal, etc., economically significant indicators (aboveground and underground phytomass), the ratio of the species composition of plants of different economic groups were necessarily studied. A.B. Bakhiev (1985) and his colleagues (Bakhiev et al., 1977, 1994; Bakhiev, Butov, 1976; Bakhiev, Treshkin, 1995) studied the vegetation of the Amu Darya River delta (changes in its species richness and diversity) for a long time. N.K. Mamutov (1990) carried out a study of meadow vegetation and its economic significance in the Amu Darya Delta. As part of the UNESCO project (Novikova et al., 1998), an inventory of phyto-diversity (taxonomic and phytocenotic richness) was carried out, a modern classification was developed, the ecology of communities was characterized, and their dynamic state was evaluated. The scientific significance of these studies is associated with the development of theoretical ideas about phyto-diversity as a multi-level (taxonomic + syntaxonomic + chorological) dynamic (evolutionary) system associated with landscape diversity. This is illustrated by the model of dynamic relationships of plant communities. The practical way out of geobotanical studies is that the assessment of the state of vegetation cover in the modern Amu Darya delta for the mid-1990s is given, it is shown which groups of communities at the formation level have died, are at the stage of dying off, or have a tendency to expand. In addition, the results of the study provide a scientific justification for carrying out practical hydro-reclamation works that provide a variety of environmental conditions by the nature of humidification and salinization to preserve the entire variety of biotopes and biota. In these works it was proved for the first time that calculating the water balance of the territory of the Amu Darya Delta, biocomplexes should be taken into account as an independent separate water consumer. The vegetation of the Amu Darya and Syr Darya is tugai deltas, which is a special relict type of floodplain vegetation, with tree, shrub and grass communities. Studies by S.E. Treshkin and Zh.V. Kuzmina (Treshkin, 1990; 2011; Treshkin et al., 1998; Treshkin, 2000; Kuzmina, 1993, 1997b; Kuzmina, Treshkin, 1997a; Kuzmina, Treshkin, 2006) have shown that tugai vegetation, which is widespread outside the Aral Sea region in the floodplains of rivers in Central and Central Asia, is currently subject to degradation everywhere. The main reason is of anthropogenic kind; it is the regulation of dams and the reuse of river flow. The death of the Amu Darya tugai in the delta, which represent the greatest diversity and occupy vast areas in the basin, will lead to the loss of the species and phytocenotic richness of this type of vegetation. The ecosystem approach to the analysis of the dynamics of tugai was allowed by S.E. Treshkin and Zh.V. Kuzmina (Treshkin, 2011; Kuzmina, Treshkin, 2012) to substantiate the possibility and methods for their preservation. The existence of tugai communities is a guarantee of the preservation of the diversity of their animal population and species richness. This was confirmed by the works of T. Abdreimov (1981) and M. Ametov (1981) on inventory, as well as the work of R. Reimov (1985) on dynamics of the avifauna of mammals. After the researches that have been conducted since the late 1960s in the Aral Sea region and its individual landscape regions, the new knowledge about the ecological crisis and the features of its development was obtained, which can be represented as a chain of ecologically conditioned, consistently

developing processes leading to the formation of natural complexes of the desert type. The studies have shown that by the 1990s, following the final transformation of the climate in the Aral Sea region, the landscape changes in the desert regions (Ustyurt, Northern and Southeastern Aral Sea region) were completed. In the North-Eastern and Southern Aral Sea Regions, in the territory of the deltas of the Amu Darya and Syr Darya Rivers, the desertification process has been suspended by hydro-reclamation transformations and the preservation of floodplain-alluvial processes in the local areas. The dynamic state of their natural complexes depends on the environmental conditions, determined by new water reservoirs. However, the existing systems do not provide the need for the development of floodplain complexes, which is the main ecological condition for their development. So, the stability of the delta ecosystem is preserved, provided that each site is at its own, different stage of development. In the absence of dynamics, the natural complexes will overgo a short evolution and complete it with the formation of halophilic biotic and abiotic complexes. This problem of maintaining the dynamic balance of delta ecosystems is an important task for management of the development of the Aral Crisis, therefore it is necessary to direct the geoecologists' efforts to help with its solution. This article is relevant, because in a brief form and for the first time it reviews the studies on the dynamics of natural complexes and components of ecosystems under conditions of the developing Aral Ecological Crisis; their scientific novelty and theoretical significance for crisis understanding are assessed as well.

*Keywords:* Aral Sea Region, landscape areas, natural complexes, landscapes, soils, vegetation, avifauna, wildlife, processes, dynamics, evolution, desertification, water regime, ecological-dynamic, ecological-genetic series, biodiversity, economic significance, hydro-reclamation projects.

**DOI: 10.24412/2542-2006-2021-3-60-155**