

ОПУСТЫНИВАНИЕ ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ И ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ АРАЛЬСКОГО КРИЗИСА

© 2023 г. Н.М. Новикова*, Ж.В. Кузьмина*, Н.К. Мамутов**

*Институт водных проблем РАН

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

**Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

Узбекистан, 230112, Республика Каракалпакстан, г. Нукус, ул. Чаржоя Абдирова, д. 1

E-mail: nukusgiscenter@gmail.com

Поступила в редакцию 25.04.2023. После доработки 15.06.2023. Принята к публикации 01.07.2023.

Исследование выполнено по проблеме динамики экосистем и их компонентов в связи с развитием Аральского экологического кризиса. Теоретической основой работы послужило представление о том, что динамика растительности в условиях опустынивания дельтового ландшафта – антропогенно обусловленный природный гологенетический процесс смены растительности гидроморфных пойменных и плавневых биотопов растительностью полугидроморфных луговых и солончаковых биотопов, что в итоге приводит к формированию зональной растительности автоморфных биотопов. Это эндо-экогенетические смены, обусловленные направленным сокращением влагообеспеченности биотопов и сопутствующим засолением и эволюцией почв. Смены происходят как сукцессионным, так и катастрофическим путем. В северной, неосвоенной части дельты Амударьи, из-за сокращения водной поверхности моря и резкого сокращения обводненности к 1990-м годам сложились экологические условия, характерные для пустынных ландшафтов: значения и режим климатических параметров приблизились к пустынным, грунтовые воды заглубились на 5-10 м и стали недоступны корням растений. Воссоздание системы водоемов и заполнение бывших морских заливов способствуют формированию гидроморфных условий на локальных участках.

Геоботанические исследования, начатые в 1979 г. в дельте Амударьи путем маршрутных наблюдений и на топо-экологических профилях, пересекающих основные элементы дельтового рельефа (приустьевые валы, их склоны и междуречные понижения), были повторены в режиме мониторинга в 1985, 1993 и 1999 гг. Маршрутные наблюдения, проведенные в 2017 г., показали, что современный этап динамики растительности – формирование растительных сообществ пустынного типа. На большей части территории неосвоенной дельты, превратившейся в пустошь после гибели тростниковых (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) сообществ (1970-1980 гг.), идёт активное расселение черного саксаула (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Pjin), встреченного впервые в Муйнакском районе в 1993 г. Пустынный вид терескен серый (*Krashennikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.), вселившийся примерно в эти же годы в деградирующие тугаи и разреженные моноценозы солянки древовидной (*Salsola dendroides* Pall.) на отакрытых солончаках, сформировал обширные заросли к северу от Кунграда.

Наблюдения на топо-экологических профилях позволили проследить протекание частных смен и стадий более детально. На правом берегу протоки Акдарья, питающей Междуреченское водохранилище, на топо-экологическом профиле Порлытау в 3 км к юго-западу от одноименной возвышенности, почти за 40 лет наблюдений река смыла участок приустьевой поймы и приустьевую вала шириной 500 м и врезалась на 9 м при падении базиса эрозии – уровня восточной части Большого моря на 26 м. Смены растительности развиваются медленно. Они идут путем протекающей сукцессионной смены древесного лохово-тополевого тугая (*Populus ariana*+*P. pruinosa*+*Elaeagnus angustifolia*-*Mixteherbosa*) кустарниковым с тамариксом многоветвистым (*Tamarix ramosissima* Ledeb.) и завершающейся на близлежащем участке междуречного понижения катастрофической сменой – гибелью карабаракового (*Halostachys belangeriana* (Moq.) Botsch.) сообщества. Это сообщество сформировалось в 1985 г. в

результате засоления почвы на месте отмерших тростников. В 2017 г. в почве на всех точках профиля продолжается, начавшийся еще в 1993 г., процесс медленного поверхностного рассоления почвы путем иллювиирования солей из верхних горизонтов (0-10 см) в нижние. На окраине тугая в 2017 г. впервые отмечено присутствие пустынного вида терескена серого, который со временем, вероятно, расселится по всему этому участку, охарактеризованному профилем.

На северо-востоке дельты, на топо-экологическом профиле Куныдарья, начинающемся на правом берегу одноименной сухой протоки и спускающейся в юго-восточном направлении на приморскую равнину, деградирующий чингилево-туранговый тугай на приусловом валу сменяется тамариксовым, о чем свидетельствует видовой состав присутствующего сообщества *Populus diversifolia-Tamarix laxa+Halimodendron halodendron+T. ramosissima-Atriplex tatarica*. В расположенном далее по профилю на склоне приуслового вала сообществе высокорослых хорошо развитых тамариксов и сочных солянок в 2017 г. впервые встречен черный саксаул. Далее профиль переходит на приморскую солончаковую равнину с аральскоклимакоптерово-карабараковым (*Halostachys belangeriana-Climacoptera aralensis*) сообществом. Солевые профили почв под всеми растительными сообществами имеют сходство в том, что максимальное содержание солей приходится на верхнюю часть профиля 0-10 см, оно резко сокращается в горизонте 10-20 см и далее до глубины 50 см остается неизменным. Наибольшее сходство имеют солевые профили почв под двумя участками тугая. Самый верхний горизонт 0-5 см менее засолен или несколько промыт от солей, чем расположенный глубже горизонт 5-10 см с максимальным содержанием солей. В сообществе карабарака максимальное содержание солей (8.28%) находится в поверхностном горизонте почвы 0-5 см и резко снижается к горизонту 10-20 см до 2% и далее вниз уменьшается почти до 1%. Солевой профиль под сообществами тамариксов отличается от остальных тем, что он весь слабо засолен и имеет два максимума – поверхностное слабое засоление (0-5 см – 0.5%) и среднее засоление (0.8%) на глубине 20-30 см. Солевые профили почв на топо-экологическом профиле Куныдарья свидетельствует о прогрессивном засолении почв с явно выраженным поверхностно-аккумулятивным профилем под влиянием пульсирующего вторичного гидроморфизма этого участка, спровоцированным периодически появляющимся потоком воды из залива Джилтырбас в сторону моря.

В 2017 г. на небольшом участке на берегу обводнительного канала, пересекающего деградирующий тугай Еркин был охарактеризован вновь образованный молодой древесный тугай. Он отличается от описанных ранее деградирующих полночленной структурой – имеет 3 яруса, и богатством видового состава растений (12 видов). Присутствуют два вида лиан, отмечен подрост и возобновление древесных видов – доминантов сообщества. Почва под молодым тугаем аллювиально-лугово-тугайная (гидроморфная), слабо засолена (0.36%) только в приповерхностном горизонте 0-5 см.

Сопоставление данных, полученных на топо-экологических профилях с данными предыдущих наблюдений, впервые позволило считать, что, смена растительных сообществ в условиях опустынивания неосвоенной части дельты в сообществах древесных тугаев идет преимущественно сукцессионным путем, в то время как для травяных и кустарниковых сообществ, особенно галофильных их вариантов, характерны преимущественно катастрофические смены. На их месте после гибели образуются длительное время не зарастающие пустоши, на которых подготавливаются условия для вселения видов, отличающихся экологией от предшествующих. В локальных гидроморфных условиях, с поемным режимом возможно формирование и существование растительных сообществ тугайного типа. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что они характеризуют разнообразие экологических условий и процессов, протекающих в растительности и ландшафтах неосвоенной части дельты Амударьи в настоящее время, что полезно для организации и проведения практических работ по использованию природных ресурсов и сохранению биоразнообразия.

Ключевые слова: Узбекистан, Республика Каракалпакстан, освоенная и не освоенная части дельты Амударьи, опустынивание, гидроморфная, полугидроморфная, автоморфная стадии,

топо-экологические профили, наблюдения, гологенез, эндо-экогенетические сукцессии, катастрофические и сукцессионные смены растительности, солевой профиль почв, засоление и рассоление почв.

DOI: 10.24412/1993-3916-2023-4-4-20

EDN: BXJHWA

Дельта Амударьи располагается на южном побережье Аральского моря, в Южном Приаралье, и связана с морем и окружающими пустынными ландшафтами многими экологическими и биологическими связями. С ней соседствуют (рис. 1) ее древние голоценовые и позднелейстоценовые дельты Сырдарьи – Акчадарья, Даудан-Дарьялык и Жанадарья, представляющие собой пустынные глинистые и песчаные ландшафты; пески Табакум – опустыненные аллювиально-озерные равнины голоценового и позднелейстоценового возраста, Акпетки – голоценовые морские террасы, Султануиздаг – низкогорный массив.

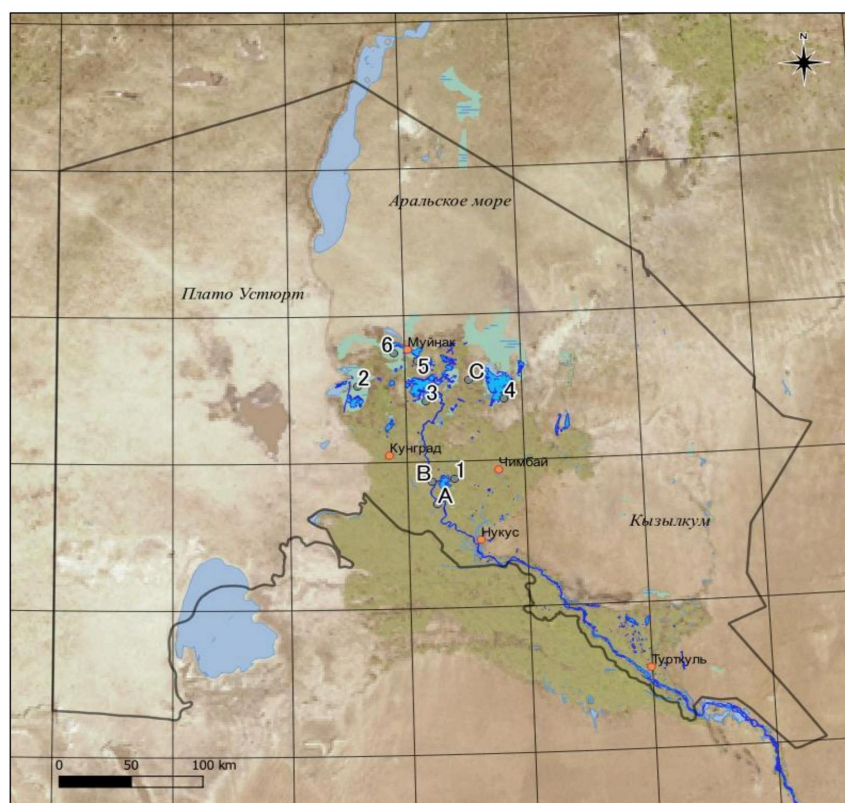


Рис. 1. Расположение дельты Амударьи в Южном Приаралье на изображении Земли из космоса (Google Earth, съемка 2021-2022 гг.). Условные обозначения. Водоемы в современной дельте Амударьи: 1 – Дауткуль, 2 – Судочье, 3 – Междуреченский. Водоемы в бывших морских заливах: 4 – Джилтырбас, 5 – Рыбачий, 6 – Муйнакский. Участки проведения полевых работ: А – Кегейли, В – Порлытау, С – Кунядарья.

Дельта Амударьи – именно та территория, на которой проявились экологические последствия падения уровня и замещения водной поверхности моря суши обсохшего дна. Под Аральским кризисом (или проблемой) понимается не столько высыхание моря, сколько обусловленные этим негативные экологические, медико-биологические, социально-экономические последствия для населения. В.М. Котляковым (1991, с. 6) дано лаконичное определение: « ... полностью осознано, что проблема Аральского моря и его бассейна – это проблема здоровья и жизни в условиях продолжающегося антропогенного опустынивания огромной территории». В этом высказывании Владимира Михайловича для нас большое значение имеет то, что 1) процесс трансформации территорий, окружающих море, определяется им как опустынивание, 2) опустынивание в

Приаралье – суть экологического кризиса, т.к. от состояния природной среды зависят и здоровье, и жизнь населения этого региона.

Понятие «опустынивание» имеет прямой и расширительный смысл. В первом случае под опустыниванием понимают антропогенную деградацию (опустошение) преимущественно зональных пустынных природных комплексов. Как справедливо отметил И.С. Зонн (1994), проблема деградации земель в пустынях не нова, но осмыслению она подверглась только в 1970-х годах прошлого столетия, когда в Найроби в 1977 г. был принят «План действий по борьбе с опустыниванием» (Report ..., 1977). В 1991 г. было дано развернутое определение этого термина (Положение с опустыниванием, 1992) – деградации земель в аридных, субаридных и засушливых субгумидных регионах в результате неблагоприятного антропогенного воздействия. В свете такого понимания понятие «земли» включает почвенные и местные водные ресурсы, растительность (или сельскохозяйственные культуры); под понятием «деградация» понимается снижение ресурсного потенциала. Во втором случае «опустыниванием» называют процессы и явления, имеющие разную природу. Со временем деградационные явления природных комплексов и в гумидных регионах стали называть опустыниванием. Так, превращение заболоченных территорий вследствие неудачной осушительной мелиорации в пустоши с массивами подвижных песков в Белоруссии также стали называть «опустыниванием», хотя они не имеют общих свойств с пустынными природными комплексами. Такие процессы и явления во всех природных зонах следует называть деградационными, а комплексы подвижных песков – пустошными.

Еще одно понимание «опустынивания» как процесса эволюции исходно гидроморфных экосистем и природных комплексов аридных территорий вследствие природно (климатогенной) или антропогенно обусловленной аридизации природной среды. Уменьшение влагообеспеченности гидроморфных и полугидроморфных биотопов и переход к зональным автоморфным условиям, характеризующимся дефицитом влаги в аридных районах, приводит к формированию экосистем зонального пустынного типа. Исходя из такого истолкования, термином «опустынивание» в условиях развития Аральского кризиса следует называть процессы изменения ландшафтов вследствие сокращения обводненности (резкого сокращения притока речных вод к дельте, высыхания дельтовых водоемов) и аридизации природной среды (прекращения паводкового обводнения, заглубления грунтовых вод, аридизации климата), а динамику экосистем и растительности в дельте Амударьи, как их основного компонента, вследствие изменения (опустынивания) окружающей среды следует рассматривать как направленный эволюционный процесс, ведущий к смене исходных биоккомплексов зональными пустынными.

За начало Аральского кризиса обычно принимают 1960 год. Показатели, которые его характеризуют и определяют развитие процесса опустынивания в дельте Амударьи, такие как уровень моря, приток воды в дельту, наличие разливов, площадь водной поверхности внутридельтовых водоемов, глубина залегания грунтовых вод, именно с этого года начали претерпевать изменения, имеющие большое экологическое значение для дельты.

Уровень моря, начиная с 1960 года, за истекший, почти сорокалетний период в районе дельты (восточная часть Большого моря) к 2009 году снизился на 26.4 м – с абсолютной отметки 53 м до 26.6 м н.у.м. БС, т.е. почти полного обсыхания. В последнее десятилетие водная поверхность имеет пульсирующий характер и в зависимости от притока со стороны дельты в многоводные годы поднимается на 3-5 м – до абсолютных отметок 30-32 м. н.у.м. БС. К сожалению, до сих пор в зоне Аральского моря отсутствует регулярный, систематический, инструментальный мониторинг как самих остаточных водоемов бывшего моря, так и всей зоны осушенного моря (Аральское море ..., 2011; Соколов, Аллабергенов, 2021; Micklin, 2014).

Приток речных вод к вершине дельты с 1960 года сократился с 43 до 4-8 км³/год. В отдельные годы (1981-1989, 2000-2001 и 2006-2009 гг.) приток в дельту был ниже 4-2 км³ или отсутствовал. В период 2011-2020 гг. в среднем поступление воды составило 5 км³/год, но в разные годы он по-прежнему был неравномерным и колебался от 0.96 км³/год в 2018 году до 10.83 км³/год в 2017 году (Курбанбаев и др., 2010; Соколов, Аллабергенов, 2021; Bortnik, 1999). Поступающая в дельту речная вода идет на наполнение водоемов и используется на обеспечение функционирования природных экосистем и орошаемых земель. Нестабильность поступления воды неблагоприятна для них. По расчетам И.А. Клюкановой и Н.Т. Кузнецова (1971), для оптимального обводнения экосистем

в дельту должно поступать не менее 8.7 км^3 воды в год. В настоящее время принят санитарный попуск, равный $4 \text{ км}^3/\text{год}$, и оптимальный, равный $8 \text{ км}^3/\text{год}$ (Будущее ..., 2018).

В период 1978-1983 гг. приток речной воды в дельту был минимальным: она, не заполняя водоемы, уходила к морю. Именно в этот период отмечалось максимальное сокращение площади водной поверхности в дельте из-за высыхания водоемов. В 1984 г. началось сооружение земляных плотин для задержания воды в дельте, и к началу 1990-х годов наиболее крупные понижения и сухие озера были заполнены. Затем были заполнены и бывшие морские заливы. Общая их площадь составила 25% от площади дельты, и обводнение приблизилось к естественному 1960-х годов, когда оно составляло 30%. Из-за неравномерного поступления воды в дельту запасы в системе воссозданных мелководных водоемов в дельте и в бывших морских заливах сильно колеблются. Сезонные разливы реки, создающие уникальный пойменный режим, который способствует поступлению питательных веществ с речными наносами, пополнению и опреснению подземных вод, вымыванию солей из почвы, произрастанию тростниковых плавней, лугов и тугаев, прекратились в 1978 г. (Будущее ..., 2018; Курбанбаев и др., 2010; Бахиев и др., 1997, 1994).

Грунтовые воды к 1990 г. на большей части неосвоенной под орошение дельты заглубились до 5-10 м из-за отсутствия паводков, сокращения площади водоемов, падения уровня моря на 12 м, врезания русел. Они стали недоступными корням растений, водный режим стал автоморфным. В то же время уровень грунтовых вод вблизи воссозданных водоемов, каналов поднялся до 1-3 м (Рафиков, Тетюхин, 1981; Расулов, Тиллаева, 2019; Rafikov, 1999) и способствует формированию влаголюбивых биоконплексов.

Изменение климата, обусловленное заменой обширной водной поверхности суши обсохшего морского дна, по мнению специалистов (Чуб, 2007; Third National ..., 2014), завершилось к 1990 г. Изменения затронули территорию Приаралья в радиусе 100 км от бывшего берега моря. В дельте Амударьи эта граница проходит примерно на широте города Кунград и охватывает ее неосвоенную часть. Климат здесь стал более континентальным: годовая амплитуда среднемесячных температур увеличилась примерно на 2°C и сравнялась с амплитудой прилегающих пустынных станций. На всех метеостанциях в дельте, в Приаралье и далее отмечается повышение температуры воздуха, но это, скорее, уже обусловлено глобальным потеплением (Трешкин, Кузьмина, 2009; Кузьмина, Трешкин, 2016). В то же время в зоне орошения в результате освоения крупных массивов пустынных земель происходит некоторое смягчение климата, в первую очередь – повышение влажности воздуха, но оно охватывает локальные участки оазисов.

Как видим, к 1990-м гг. в дельте сложились неоднородные экологические условия. Большая часть территории неосвоенной дельты по условиям водного режима и климата стала соответствовать пустыне. Здесь идет перестройка экосистем, в особенности их биоты, в направлении формирования биоконплексов пустынного типа. В то же время проведенные гидромелиоративные преобразования естественной гидрографической сети на 1/4 ее площади поддерживают существование гидроморфного и полугидроморфного режима, обеспечивающего существование плавнево-болотных и тугайных экосистем благодаря существующим водоемам, обводненным руслам, каналам и подтопленным участкам вблизи них. Нестабильный водный режим и засоление оказывают негативное воздействие на развитие биоты.

Растительность – один из важнейших ресурсов дельты Амударьи. Тростниковые плавни, тугай создавали убежище и среду обитания охотничьих животных, птиц. Высокослый (до 3 м) тростник использовался как строительный материал, низкорослый на лугах вместе с разнотравьем – под сенокосы и выпас скота. Корень солодки голой – лекарственное сырье, идущее на экспорт. *Изучением растительности дельты реки Амударьи* (видовым и фитоценотическим богатством, продуктивностью, хозяйственной значимостью) длительное время занимались А.Б. Бахиев с коллегами (1977, 1987, 1994). Описание тугаев как типа растительности было сделано З. Майлун (1963). Их динамика была изучена и описана позже С.Е. Трешкиным (1990; 2011). Изучение луговой растительности и ее хозяйственной значимости выполнил Н.К. Мамутов (1991). Изменения, происходившие в растительных сообществах в дельте с начала Аральского кризиса, изучались и были проанализированы в работе А.Б. Бахиева (1985).

Заметный вклад в геоботанические исследования, анализ накопленных результатов внесли работы по проекту ЮНЕСКО (Novikova et al., 1998, 2001) и теоретическое обобщение по динамике

растительности в дельтах рек Амударья и Сырдарья данное в работе N.M. Novikova и Zh.V. Kuz'mina (2008). Эти исследования обосновали представление о том, что динамика растительности в опустынивающейся дельте Амударьи в условиях Аральского кризиса – гологенетический процесс смены всего существовавшего в 60-е годы фиторазнообразия (видового, фитоценотического и хорологического) фиторазнообразием зонального типа. В этом процессе смены растительности обусловлены изменением влагообеспеченности биотопов и проходят через гидроморфную, полугидроморфную стадии к завершающей зональной – автоморфной. На гидроморфной стадии влагообеспеченность создается за счет атмосферного увлажнения, паводковых разливов и грунтовых вод, находящихся на глубине 0.5-3.0 м. Растительность представлена сообществами видов гигро- и гигдрофитов. На полугидроморфной стадии влагообеспеченность сокращается из-за прекращения паводковых разливов. Грунтовые воды находятся на глубине 3.0-4.5 м. Растительность представлена сообществами фреатофитов и трихогидрофитов, т.е. растений, использующих в водном питании влагу грунтовых вод или капиллярной каймы. На последней стадии влагообеспеченность биотопов и водное питание растений обеспечивается только атмосферной влагой. В составе растительных сообществ присутствуют виды-омброфиты. Описанная схема усложняется из-за развития солончакообразования и поверхностного засоления почв, характерных для начала полугидроморфной стадии и эоловых процессов – при завершении полугидроморфной стадии. Кроме того, предполагалось, что смены растительных сообществ в отдельных случаях происходят не сукцессионным, а катастрофическим путем. Это более характерно для природно-антропогенных процессов, когда человек дает импульс к развитию природного процесса или является его катализатором, отчего тот протекает с повышенной скоростью. В результате появляются биотопы с экологическими условиями, к которым не приспособлены существующие виды растений. Они длительное время остаются в виде пустоши. Однако эти аспекты смен растительности пока слабо изучены. Кроме того, начиная с 2000-х годов геоботанические исследования в дельте Амударьи либо не проводились, либо не освещены в научных публикациях. В связи с этим цель данной работы – охарактеризовать особенности динамики растительности дельты Амударьи в современных условиях опустынивания 2010-2017 гг. и оценить направление современного сукцессионного процесса и типы смен растительных сообществ в разных экологических условиях.

Материалы и методы

Для решения поставленных в работе задач использовались данные собственных многолетних натурных исследований и публикаций, научные публикации других авторов по Аральской проблеме и специально проведенные в дельте наблюдения в октябре 2017 г.

Для сбора натурных данных, характеризующих современное состояние растительности и засоление почв, 26-27 октября 2017 г. были проведены полевые работы в неосвоенной под орошение части дельты Амударьи на ключевых участках и топо-экологических профилях, заложенных и обследованных ранее в разные годы.

Геоботанические описания проводились по методике, которая была использована при первом обследовании участков и в основных установках следует методикам А.Г. Воронова (1973) и А.А. Корчагина (1964). Геоботанические площадки для лесных сообществ имели площадь 20 x 20 м, для кустарниковых и луговых – 10 x 10 м. Хотя, возможно, следует согласиться с мнением А.А. Корчагина (1964) о том, что для большей сравнимости в аридных районах при малом числе видов в сообществах можно везде применять площадки одинаковой размерности 10 x 10 м. Фиксировались данные, характеризующие сообщество в целом (общее проективное покрытие, число видов, антропогенное воздействие на биотоп) и для каждого вида в отдельности: проективное покрытие, высота, фенофаза, жизненность, антропогенное воздействие, число или % отмерших экземпляров, подрост и возобновление.

Таксономическая принадлежность вида устанавливалась на основании флористических изданий (Коровина и др., 1983), латинские названия видов в статье приводятся по работе С.К. Черепанова (1995).

Для характеристики почв и оценки засоления на геоботанических площадках закладывались шурфы на глубину 50 см. При отборе проб учитывалась естественная мощность горизонтов разной литологии и выбранная последовательность: 0-5 см и далее в каждом слое в 10 см. Анализ проб

проводился в г. Нукус. Все полученные образцы прошли пробоподготовку. Они были просушены до воздушно-сухого состояния и пропущены через сито с диаметром отверстия 1 мм. В подготовленных образцах почвы засоление оценивалось по удельной электропроводности ($EC_{1:2.5}$) водной суспензии (1 : 2.5). Измерение удельной электропроводности проводилось в трехкратной повторности после осаждения твердых частиц (ГОСТ 26423-85, 2012) с помощью портативного кондуктометра Hanna HI98304 DiST 4. Для сравнения с засолением почв, полученным традиционными лабораторными методами анализа водной вытяжки и выраженным в % содержания сухого остатка от 100 г почвы, измеренные результаты экспресс-анализа делились на 2.5, что соответствует значениям засоления в % (Прокопьева, Конюшкова, 2023). Применение экспресс-анализа в данной работе допустимо, поскольку нас интересуют не столько конкретные значения, сколько тенденция их изменения в профиле почвы. Построение графиков солевого профиля почвы создает большую наглядность и сравнимость для анализа изменения засоления почв в точке, на одном и нескольких профилях. Кроме того, форма графика солевого профиля дает представление о тенденции изменения почвы: рассоления или засоления.

Сопоставление полученных данных с данными предыдущих наблюдений открывает возможность анализа пространственно-временного изменения видового состава растительных сообществ и водно-солевого режима почв, позволяет сделать вывод о тенденции развития и характере их смен.

Обобщение по проблеме динамики растительности в дельте Амударьи дано в терминах и понятиях В.Б. Сукачева (Основы лесной ..., 1964), В.Д. Александровой (1964) и Б.М. Миркина (1974), которые не противоречат друг другу.

Результаты и обсуждение

В период наблюдений в дельте Амударьи в октябре 2017 г. восточная часть Большого моря имела максимальный объём, а отметка уровня соответствовала абсолютным высотам 30-33 м н.у.м. БС. Основное русло Акдарьи в районе Порлытау, Казахдарья, основные водоемы в дельте и бывшие приморские заливы, каналы и коллекторно-сбросная система были заполнены.

Как показали наши измерения, проведенные экспресс-методом на основе электропроводности, минерализация воды в городском водопроводе и в Амударье составила 0.6, в озерах – до 2 г/л, в районных коллекторах она оказалась наиболее высокой – 3-8 г/л, а в восточную часть Большого моря вода уходит с минерализацией до 2 г/л. Таким образом, можно сказать, что в напряженный осенний период, когда идет промывка полей от солей, минерализация речной и питьевой воды остается пресной. Она может быть использована для водопоя скота, т.к. допустимая минерализация составляет 0.6 г/л. Все водоемы связаны между собой, и по специальному каналу вода отводилась в сторону современного уреза в море. Поскольку наблюдения проводились в короткий период (около трех дней), то по сути они представляют единовременный срез минерализации воды в реке, обводнительно-дренажной сети и ряде водоемов. Наши наблюдения показывают, что в многоводный год в дельте Амударьи качество воды лучше, чем среднестатистические показатели (Расулов, Тиллаева, 2019), согласно которым в верхнем течении реки минерализация составляет 0.47-0.58 г/л, у плотины Туямуюн в нижнем течении увеличивается до 0.69-0.86 г/л, а у г. Нукус (Саманбай) превышает 1.23 г/л и имеет сульфатно-хлоридно-магниево-кальциево-натриевый химизм.

Изменение растительных сообществ и их современное состояние характеризуют обследованные нами топо-экологические профили. Профиль «Порлытау» располагается на правом берегу основного рукава Амударьи – р. Акдарье, в 3 км к юго-западу от возвышенности Порлытау. Он характеризует процессы, протекающие в неорошаемой части дельты. Профиль был заложен с помощью нивелирного хода в 1979 г., тогда же были охарактеризованы 7 ключевых участков, на которых были заложены площадки и сделаны полные геоботанические описания, заложены шурфы на глубину до 1 м, отобраны почвенные образцы и проанализированы на содержание плотного остатка и химизм водорастворимых солей. Аналогичные наблюдения были проведены в 1985, 1993 и 1999 гг. Это позволило проследить трансформацию рельефа, изменение видового состава и смены растительных сообществ, засоление почв почти за 40 лет – с 1979 по 2017 гг.

В 1979 г. профиль начинался от уреза воды в реке и проходил через участок прирусловой поймы (рис. 2, точки 1 и 2) протяженностью около 300 м, сложенный песчаным аллювием и занятый трехлетним турангово-тамариковым тугаем (*Tamarix ramosissima*+*Populus ariana*+*P. pruinosa*)

на аллювиально-лугово-тугайной почве. Далее на прирусловом валу, возвышающемся над поймой на 3 м, располагался на протяжении 300 м (рис. 2, т. 3) на аллювиально-тугайной почве разнотравно-тамариксово+чингилево-туранговый тугай (*Populus ariana*+*P. pruinosa*-*Halimodendron halodendron*+*Tamarix ramosissima*-*Mixteherbosa*). Видовой состав тугая и состояние растений уже свидетельствовали о деградации: отдельные экземпляры тополей имели сухие вершины, кустарниковый ярус был сильно разрежен; из тугайного разнотравья сохранилась лишь верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi* (Bieb.) Fisch.), в травяном ярусе преобладали ажрек (*Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl.) и крестовник зубчатый (*Senecio subdentatus* Ledeb.). На склоне прируслового вала (рис. 2, т. 4) на месте обсохших плавней и погибшего тростника сформировались плотно стоящие заросли тамарикса ветвистого (*Tamarix ramosissima* Ledeb.), а ниже по склону располагался участок с отапырывающейся почвой, с корочкой на поверхности и с единичными экземплярами каперсов (*Capparis decidua* Willd.). Завершался профиль на участке с обсохшими мелкими протоками (рис. 2, т. 5), на которых находился практически погибший туранговый тугай с ажреком в травяном ярусе.

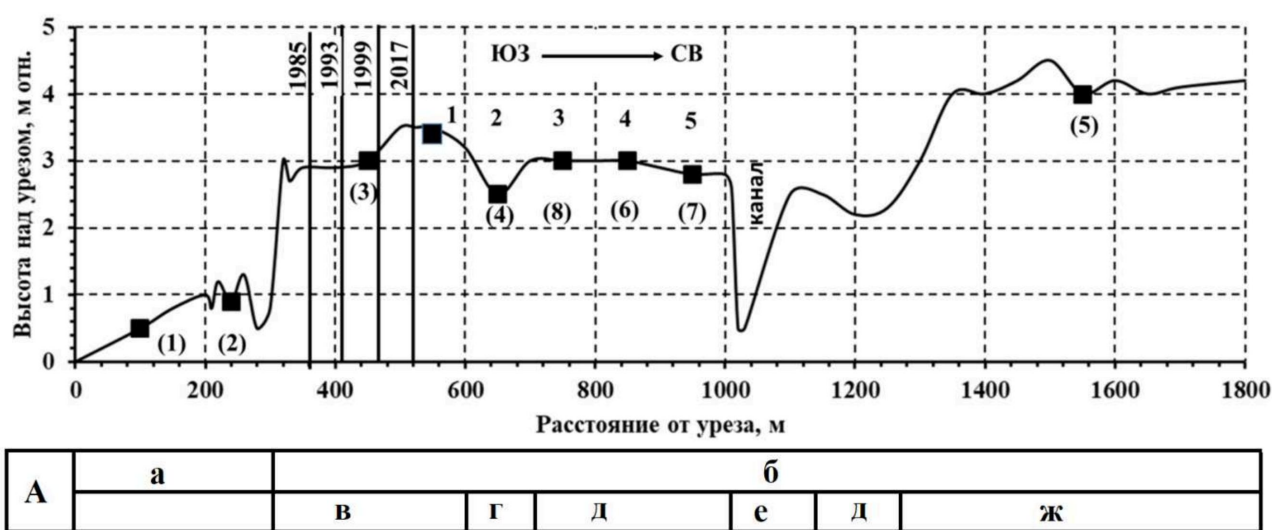


Рис. 2. Топо-экологический профиль близ возвышенности Порлытау. Условные обозначения. Точки в скобках заложены: (1)-(5) – в 1979 г., (6)-(7) – в 1993 г., (8) – в 2017 г.; 1-4 – номера точек в таблице 2 и на рисунке 3; вертикальные линии и год – положение берегового обрыва реки в конкретном году. А – рельеф: а – современная прирусловая пойма р. Амударьи; б – исторический прирусловой вал р. Амударьи; в – современный прирусловой вал; г – наложенное современное русло протоки на пологом склоне прируслового вала; д – пологий склон современного прируслового вала; е – антропогенный с/х канал на обсохшем склоне прируслового вала; ж – мелкогребистая поверхность, сформированная системой более поздних наложенных проток на погребенном выположенном склоне исторического прируслового вала.

На профиле во всех почвенных разрезах (кроме т. 1 и 2) верхние 0-10 см представлены суглинистыми отложениями, а ниже переслаиваются песчаным аллювием мощностью до 10-12 см. Засоление почв по данным анализа водно-солевой вытяжки из почвенных образцов в 1979 г. увеличивалось от реки вглубь берега от сотых долей процента на прирусловой пойме до десятых долей под тугаем на прирусловом валу и до 1.4% на гривах мелких проток (рис. 2, т. (5)). При этом верхние горизонты почв (0-10 см) были более засоленными, чем нижележащий горизонт (10-50 см) во всех разрезах кроме тугая (рис. 2, т. (3)). Засоление нетоксичное сульфатно-калиево-натриевое.

Наблюдения 1985 г. показали (Коршунова, Новикова, 1990), что молодой тугай на прирусловой пойме (рис. 2, т. (1), (2)) был смыт рекой во время попуска большого объема воды. Русло реки углубилось на 2 м. На склоне прируслового вала в 1982 г. был проложен Рисовый канал глубиной около 3 м, забирающий воду из р. Акдарьи. Участок профиля с мелкими протоками (рис. 2, т. (5)), оказавшийся на его правом берегу, был спланирован и подготовлен для с/х использования.

На прирусловом валу (рис. 2, т. (3)) деградация тугая продолжилась. Отмечалось усыхание вершин у всех экземпляров тополей. В составе сообщества сократилось участие кустарника чингиля серебристого (*Halimodendron halodendron* (Pall.) Voss) и выпал травянистый многолетник – верблюжья колючка. Внедрились солевыносливые виды: кустарник дереза русская (*Lycium ruthenicum* Murr.) и однолетняя солянка климакоптера шерстистая (*Climacoptera lanata* (Pall.) Botsch.). На склоне прируслового вала (рис. 2, т. 2(4)) погибла большая часть кустов тамарикса ветвистого и получили развитие эфемеры: мортуки (*Eremopyrum* spp.) и крестовник зубчатый. Далее по склону вплоть до канала расселились галофильные кустарники карабарак (*Halostachys belangeriana* (Moq.) Botsch.) и солянка древовидная (*Salsola dendroides* Pall.), поэтому в 1985 г. были заложены дополнительно две точки – 6 и 7 (рис. 2., т. 4, 5).

Происходящие изменения в растительности можно объяснить тем, что в этот период территория вступила в полугидроморфную стадию развития. Несмотря на снижение глубины залегания грунтовых вод из-за врезания русла реки на 2 м, происходило увеличение засоления верхних горизонтов почвы за счет увеличения содержания хлоридов в связи с постоянным испарением на дневной поверхности в результате капиллярного поднятия воды из нижележащих горизонтов. Сравнение данных 1979 и 1985 гг. показало, что накопление солей в разных участках происходило по-разному. Под туранговым тугаем плотный остаток увеличился на 0.4% в верхнем суглинистом горизонте и не изменился ниже по профилю. Под погибшим тамарисчатником максимальное накопление солей было отмечено на глубине 30 см от поверхности. На участках 6 и 7, где получили распространение галофильные кустарники, засоление верхнего горизонта почвы увеличилось до 1.4 и 1.7% соответственно. К 1985 г. в составе солей сильно возросло содержание иона хлора. В 1979 г. соотношение ионов $\text{SO}_4 : \text{Cl}$ в горизонте 0-10 см было от 8 : 1 до 28 : 1, в 1985 – от 2 : 1 до 10 : 1. В горизонте 10-50 см накопление хлора шло более активно, соотношение по годам составило: от 2 : 1 до 8 : 1 в 1979 г. и от 0.6 : 1 до 0.1 : 1. Т.е. в горизонте 10-50 см в 1985 г. содержание хлора превысило содержание сульфатов. В почвах под тугаем изменение этого соотношения оказалось минимальным: здесь и в верхнем, и в нижнем горизонтах по-прежнему преобладали сульфаты. Наибольшее изменение в этом соотношении произошло на участке под погибшим тамариксом. В верхнем горизонте содержание ионов хлора и сульфатов почти сравнялось, а в нижнем содержание ионов хлора превысило содержание сульфатов в 6 раз. Экологический смысл произошедшего изменения – состав солей в почве стал более токсичным. К тому же помимо возрастания содержания хлора в почвах увеличилась концентрация ионов магния и кальция. Аналогичное изменение наблюдалось и в составе солей в речных водах, являющихся основным поставщиком солей для данного участка дельты.

Подводя итог результатам наблюдений 1979 и 1985 гг., следует сказать, что на этой территории к 1979 г. на прирусловом валу древесный тугай уже находился на стадии деградации в связи с прекращением паводкового обводнения и заглубления уровня грунтовых вод, на склоне прируслового вала завершился этап гибели тростниковых плавней, на их месте образовалась пустошь. Прокладка оросительного канала в 1982 г. способствовала развитию засоления почв на склоне прируслового вала и переходу этой территории к солончаковой стадии развития с формированием галофильных вариантов кустарниковых тугаев. Дальнейшие наблюдения (1993, 1999, 2017 гг.) показали, что с последовательным заглублением русла на 6, 9, 12 м и прекращением функционирования обводнительного канала в 1993 г. эта территория вступила в этап опустынивания. В почвах начался процесс рассоления. Соли стали перемещаться из верхних горизонтов в нижележащие и сейчас концентрируются в суглинистых прослоях на глубине от 10 до 40 см (рис. 3, т. 2-5). Процесс этот протекает медленно, под влиянием атмосферного увлажнения, поэтому изменение галофильных сообществ идет медленно, через гибель кустарников вот уже почти 20 лет. Появление участков новой пустоши характеризуется дополнительно заложённой точкой (табл. 1, рис. 2, т. 3(8)), где в растительности присутствуют единичные экземпляры климакоптеры шерстистой. Почва здесь рассолилась до 20 см, а глубже, до 50 см, засоление возрастает до слабого (до 0.5%). В 2017 году в составе растительного сообщества на прирусловом валу зафиксировано внедрение пустынного вида терескена серого (*Krashennikovia ceratoides* (L.) Gueldenst.) (табл. 1, рис. 2, т. 2). Благодаря появлению этого растения можно предположить, что здесь смена растительных сообществ пойдет сукцессионным путем. В то же время на последней точке перед

каналом галофильное сообщество, в котором доминируют карабарак (*Halostachys belangeriana*) и древовидная солянка (*Salsola dendroides*) высотой до 1.5-2 м, имеет высокую жизненность, в нем отмечено единичное возобновление доминанта (*Salsola dendroides*) и тамарикса шерстистого (*Tamarix hispida*). Это сообщество находится в небольшом понижении, туда поступает дополнительная влага поверхностного стока, что, в свою очередь, улучшает водный режим участка.

Древесный тугай на прирусловом валу почти исчез из-за размыва рекой и вырубki погибших деревьев. Оба вида тополя (*Populus ariana* и *P. pruinosa*) все еще сохраняются в небольшом количестве благодаря порослевому возобновлению. Протяженность сообщества на профиле к 2017 г. сократилась до нескольких метров, т.е. с 1979 г. на этом участке река за 40 лет разрушила и унесла вниз по течению 500 м берега. Этот естественный процесс миграции русла реки и разрушения (дейгиша) берега был усилен деградацией древесного тугая.

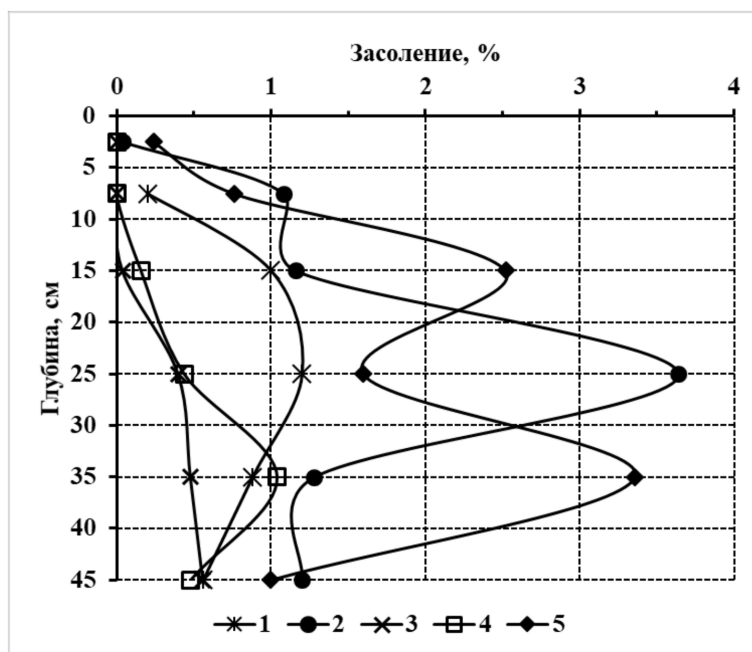


Рис. 3. Содержание водорастворимых солей в почве ключевых участков профиля Порлытау (2017 г.). Условные обозначения: 1-5 – номера точек наблюдения (табл. 1).

Дальнейшее развитие территории всего профиля при условии отсутствия прямого вмешательства человека и продолжения рассоления почвы в существующих автоморфных условиях направлено на замещение тугайных кустарниковых экосистем солончакового типа, сложившихся на полугидроморфной стадии развития ландшафта, экосистемами пустынного типа с господством терескена серого (*Krashennikovia ceratoides*).

Топо-экологический профиль Кунядарья располагается на северо-востоке дельты Амударьи на конусе нарастания, сформированном одноименной протокой в 1970-е годы, сразу после начала падения уровня моря. Конус сложен преимущественно суглинистым аллювием с песчаными прослоями. Русло обсохло в 1980-е годы. Профиль начинается на береговом валу, на правом берегу протоки (табл. 2, точка 1) в деградирующем татарсколебедово-кустарниково-разнолистнотополевом (*Populus diversifolia*-*Tamarix laxa*+ *Halimodendron halodendron*+*Tamarix ramosissima*-*Atriplex tatarica*) сообществе на опустынивающейся аллювиально-тугайной почве. В составе древостоя еще остаются усыхающие, редко стоящие экземпляры тополя разнолистного (*Populus diversifolia*) и чингиля серебристого. Присутствие в кустарниковом ярусе двух видов тамариксов (рыхлого – *Tamarix laxa* Willd., ветвистого – *T. ramosissima* Ledeb.) и древовидной солянки свидетельствуют о сильном засолении почвы. В травяном ярусе господствует сорнотравье: лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.) и дескурайния Софии (*Descurainia sophia* (L.) Webb. ex Prantl). Почва сильно засолена с поверхности (рис. 4, т. 1), максимум засоления (4.5%) находится на глубине 5-10 см. Ниже по профилю

содержание солей резко снижается на глубине 15 см и сохраняется на уровне среднего засоления (< 1%) до глубины 40-50 см.

Таблица 1. Видовой состав растительных сообществ на ключевых участках топо-экологического профиля Порлытау (2017 г.).

Показатели сообщества, виды растений		Ключевые участки				
		1(3)	2(4)	3(8)	4(6)	5(7)
Географические координаты, градусы	с.ш.	42.87335	42.87316	42.8726	42.87242	42.87237
	в.д.	59.22888	59.2298	59.23125	59.23178	59.23331
Число видов		5	5	2	4	3
Проективное покрытие, %		80	60	40	60	80
Деревья						
<i>Populus ariana</i> Dode		3*	–	–	–	–
<i>Populus pruinosa</i> Schrenk		5*	–	–	–	–
Кустарники						
<i>Krashennikovia ceratoides</i> (L.) Gueldenst.		–	1	–	–	–
<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss		4	–	–	–	–
<i>Halostachys belangeriana</i> (Moq.) Botsch.		–	8	–	–	8
<i>Tamarix hispida</i> Willd.		–	–	–	7	–
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.		15	5	6	–	–
Полукустарники						
<i>Salsola dendroides</i> Pall.		–	–	–	Cop2	Cop3
Многолетние травы						
<i>Limonium otolepis</i> (Schrenk) O. Kuntze		–	–	–	–	Sp
<i>Zygophyllum fabago</i> L.		Sp	–	–	–	–
Однолетники						
<i>Climacoptera lanata</i> (Pall.) Botsch.		–	Sol	Sol	Sol	–
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb. ex Prantl		–	–	–	Sol	–
<i>Peganum harmala</i> L.		–	Sol	–	–	–
<i>Salsola paulsenii</i> Litv.		Sol	–	–	–	–

Примечание к таблице 1: * – погибающие и погибшие деревья, затем срубленные и оставшиеся в виде пней.

Далее на склоне берегового вала обширная территория занята сочносолянково-тамариковым сообществом (*Tamarix ramosissima*-*Salsolopoiosa*) на отакыренной тугайной почве (табл. 2, т. 2). Сочные солянки представлены двумя видами – климакоптерой аральской (*Climacoptera aralensis*) и солянкой облиственной (*Salsola foliosa* (L.) Schard.). Общее проективное покрытие низкое, обширные пространства между высокими кустами тамарикса, достигающего в высоту 2.5-3 м, лишены растительности и покрыты уплотненной корочкой. На одном из таких участков встречен экземпляр плодоносящего черного саксаула (*Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Pjin) высотой 1.5 м. Засоление почвы на этом участке самое низкое (ниже 1% по всему почвенному профилю). В приповерхностном горизонте 0-5 см и на глубине 10-40 см почва имеет среднее засоление (более 0.6%), с максимумом на глубине 20-30 см (0.72%). В подкорковом горизонте (5-10 см) и на глубине 40-50 см засоление слабое (0.28%).

Следующий участок на склоне прирусового вала протягивается неширокой полосой (до 10-15 м) параллельно руслу и, вероятно, представляет собой один из сохранившихся прирусовых валов блуждавшей протоки Кунядаря. Растительность представлена однолетнесолянково-чингилово-

туранговым тугайным сообществом (*Populus diversifolia*-*Halimodendron halodendron*-*Salsolapioiosa*; табл. 2, т. 3). В травяном ярусе преобладают однолетние солянки, но присутствуют и не встреченные на предыдущих участках эфемеры – крестовник зубчатый и мортук (*Eremopyrum triticeum* (Gaertn.) Nevski), сохранившиеся после весенней вегетации в сухом состоянии. Солевой профиль почвы на этом участке (рис. 4, т. 3) повторяет распределение солей на участке тугая на прирусловом валу в точке 1, но величина засоления здесь заметно ниже. Приповерхностное сильное засоление (1.92%) в горизонте 0-5 см возрастает до очень сильного (2.88%) в следующем горизонте 5-10 см и затем резко снижается до среднего (1%) в горизонте 10-30 см и далее к 50 см снижается до слабого засоления (0.5%). На этом участке отмечено по 3 усохших куста *Lycium turcomanicum* и *Tamarix ramosissima*.

Таблица 2. Видовой состав растительных сообществ на ключевых участках топо-экологического профиля Кунядарья (2017 г.).

Показатели сообщества, виды растений		Точки наблюдения			
		1	2	3	4
Географические координаты, градусы	с.ш.	43.51267	43.51522	43.51577	43.51149
	в.д.	59.46674	59.46794	59.46821	59.4754
Абсолютная высота, м н.у.м. БС.		56	56	51	50
Количество видов		7	4	8	2
Проективное покрытие, %		80	40	80	30
Деревья					
<i>Populus diversifolia</i> Schrenk		4	–	1	–
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin		–	1	–	–
Кустарники					
<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss		3	–	3	–
<i>Halostachys belangeriana</i> (Moq.) Botsch.		–	–	–	13
<i>Tamarix laxa</i> Willd.		6	–	–	–
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.		1	3	–	–
Полукустарники					
<i>Salsola dendroides</i> Pall.		2	–	–	–
Однолетники					
<i>Atriplex tatarica</i> L.		Cop2	–	Sp gr	–
<i>Climacoptera aralensis</i> (Iljin) Botsch.		–	Sp-Cop	Sp-Cop gr	Sol-Sp
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb. ex Prantl		Sp	–	–	–
<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski		–	–	Un	–
<i>Peganum harmala</i> L.		–	–	Sol	–
<i>Salsola foliosa</i> (L.) Schard.		–	Sp	–	–
<i>Salsola paulsenii</i> Litv.		–	–	Sol	–
<i>Senecio subdentatus</i> Ledeb.		–	–	Sol	–

Кунядарьинский профиль завершается на приморской равнине, представляющей собой солончак с выпотами солей на поверхности и фитогенными буграми, образованными кустарником карабараком (*Halostachys belangeriana*), выдерживающим очень сильное засоление – растительным сообществом аральскоклимакоптерово-карабараковым (*Halostachys belangeriana*-*Climacoptera aralensis*). Из 13 экземпляров карабарака, встреченных на геоботанической площадке, 6 оказались усохшими. Карабарак – самый солевыносливый вид в Приаралье и его гибель можно объяснить только периодическим заливанием водами, направляющимися из залива Джилтырбас к морю. Это подтверждается и относительно невысоким засолением почвы – до 2% в почвенной толще и исключительно сильным до 8.28% солей на поверхности. Затопление приводит к гибели карабарака,

но промывает почву от солей, а близко расположенные к поверхности грунтовые воды способствуют активному накоплению солей на поверхности почвы в годы без затопления.

Сравнение растительности на двух рассмотренных топо-экологических профилях (Порлытау и Кунядарья) позволяет нам сделать вывод, что происходящие на них смены в условиях опустынивания ландшафта дельтовой равнины отличаются друг от друга. На первом подготавливается смена существующих сообществ пустынным видом – терескеном серым, на втором – черным саксаулом. Различие направленности процессов, протекающих на этих участках, раскрывает рассмотрение солевых профилей их почв. Профили засоления в Порлытау указывают на то, что это в целом опресняющийся участок, т.к. профили засоления относятся к элювиальному или элювиально-иллювиальному типу с менее засоленными поверхностными горизонтами (до 10-20 см) и увеличением засоления с глубиной, что говорит, о вымывании солей с поверхности вглубь. В почвах Кунядарьинского профиля, наоборот, идет накопление солей. Особенно активно этот процесс проявляется на последнем участке профиля, на приморской равнине. Можно предположить, благодаря вторичному гидроморфизму грунтовые воды поднялись на глубину 3 (5) м, подтягивание их к поверхности способствует аккумуляции солей благодаря «фитильному» засолению.

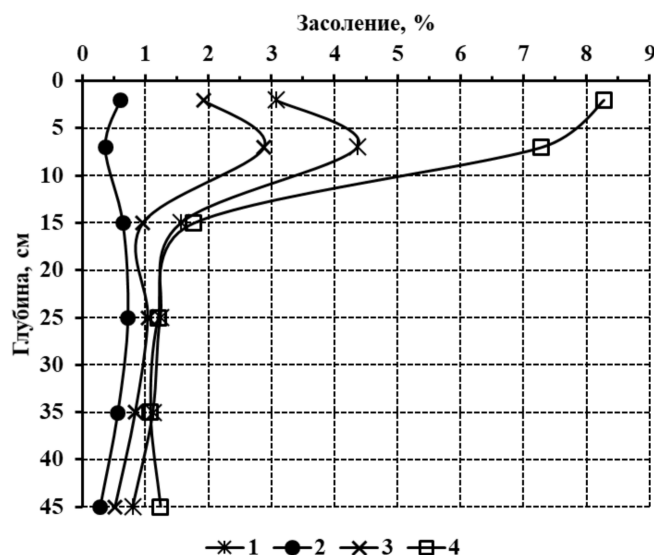


Рис. 4. Засоление почв на ключевых участках топо-экологического профиля Кунядарья. Условные обозначения: 1-4 – точки наблюдения из таблицы 2.

Тугай Еркин располагается к югу от озера Дауткуль на границе орошаемой части дельты. В настоящее время этот тугай усыхает из-за отсутствия заливания и заглубления уровня грунтовых вод. Нами обследован участок, расположенный в его западной части, на берегу канала, питающего озеро Дауткуль. Благодаря разнообразию мезорельефа на берегу канала сформировалось несколько вариантов турангового тугая. В растительном сообществе, расположенном непосредственно на берегу канала (табл. 3, т. 1), находится молодой тугай.

В нем сохраняется ярусность древесно-кустарникового тугая: верхний ярус – древесный, высотой 3-5 м, в который входят тополь разнолистный или туранга (*Populus divesifolia* Schrenk), лох длиннолистный (*Elaeagnus angustifolia* L.); средний ярус – кустарниковый (1.5-2 м), его слагает чингиль серебристый (*Halimodendron halodendron*); нижний – травяной (0.5-0.8 м), в него входят вейник сомнительный (*Calamagrostis dubia* Bunge), солодка голая (*Glycyrrhiza glabra* L.). Вершины деревьев оплетены лианами: ломоносом восточным (*Clematis orientalis* L.) и ластовнем сибирским (*Cynanchum sibiricum* Willd.). Присутствие солеустойчивых видов (*Karelinia caspia* (Pall.) Less., *Suaeda altissima* (L.) Pall.) в составе сообщества может быть объяснено сезонным поверхностным засолением почв. Древесный и кустарниковый ярусы имеют высокую сомкнутость, близкую к 1, проективное покрытие трав достигает 50-60%, число видов достигает 12. Древостой относительно молодой, имеется подрост доминирующих древесных видов и порослевое возобновление тополя

разнолистного. Почва аллювиально-лугово-тугайная, слабо засоленная (0.3% и 0.5%) в суглинистых горизонтах на глубине 0-10 см и 25-30 см и не засоленная в опесчаненных горизонтах на глубине 10-20 м 30-40 см. Солевой профиль показывает, что при близко залегающих к поверхности грунтовых водах, подпитываемых водой канала, идет слабое подтягивание и накопление солей в верхних горизонтах.

Таблица 3. Видовой состав растительных сообществ в тугае Еркин (октябрь 2017 г.).

Показатели сообщества, виды растений	Точки наблюдения		
Обобщенные географические координаты: 42.85292°с.ш., 59.38319° в.д., абсолютная высота местности – 74 м н.у.м. БС	1	2	3
Число видов	12	5	7
Проективное покрытие, %	60	40	60
Деревья			
<i>Populus diversifolia</i> Schrenk	4	6	4
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	2	–	–
Кустарники			
<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss	Cop ³	–	–
<i>Halostachys belangeriana</i> (Moq.) Botsch.	–	–	1
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	–	3	2
Многолетние травы			
<i>Calamagrostis dubia</i> Bunge	Sp	–	Sp gr
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Sol	Sp	Cop gr
<i>Limonium otolepis</i> (Schrenk) O. Kuntze	Un	–	–
Однолетники			
<i>Atriplex tatarica</i> L.	–	Sol	–
<i>Karelinia caspia</i> (Pall.) Less.	Un	–	–
<i>Lepidium obtusum</i> Baisn.	Sp	–	Sp gr
<i>Polygonum</i> sp.	Sol	–	–
<i>Suaeda altissima</i> (L.) Pall.	Sp	Sol	Sol
Лианы			
<i>Clematis orientalis</i> L.	Sp	–	–
<i>Cynanchum sibiricum</i> Willd.	Sol	–	–

В расположенном в 10 м от предыдущей точки участке (табл. 3, т. 2), возвышающемся над ней на 70-90 см в виде вала, на поверхности заметны следы поверхностного засоления. Видовой состав произрастающего здесь гладкосолодково-ветвистотамариксово-турангового (*Populus diversifolia-Tamarix ramosissima-Glycyrrhiza glabra*) сообщества наиболее обеднен, насчитываются только 5 видов, общее проективное покрытие самое низкое. Помимо доминантов единично встречены лебеда татарская и шведка длиннолистная. Сообщество имеет парковый облик из-за разреженно располагающегося тополя.

В наиболее удаленном от канала участке располагается гладкосолодково+наземноейниково-туранговое (*Populus diversifolia-Calamagrostis dubia-Glycyrrhiza glabra*) растительное сообщество (табл. 3, т. 3). Число видов увеличилось на 2 вида по сравнению с предыдущим сообществом за счет участия в одном экземпляре куста карабарака и спорадически распространенного лепидиума (*Lepidium obtusum*). Высокое общее проективное покрытие достигается за счет солодки голой.

Описанные растительные сообщества (табл. 3, т. 1-3) выстраиваются в ряд по убыванию увлажнения и возрастанию засоления почвы, о чем свидетельствует их видовой состав. На всех участках присутствуют характерные для тугайных сообществ тополь разнолистный, солодка голая и

шведка длиннолистная (*Suaeda longifolia*). С сокращением обводнения и увеличением засоления почв в составе сообществ на точках 2 и 3 отсутствуют чингиль и лианы, но от точки 1 к точке 3 возрастает участие солеустойчивых видов кустарников ($0 \rightarrow 1 \rightarrow 2$), увеличивается проективное обилие солодки ($Sol \rightarrow Sp \rightarrow Cor$). Эта ситуация объясняется тем, что грунтовые воды приречной полосы и протоков менее минерализованы, чем в междуречных понижениях, где они могут застаиваться и засолиться, а в близости к водотокам не токсичны, т.к. имеют гидрокарбонатно-кальциевый химизм (Расулов, Тиллаева, 2019).

Видовое богатство (7-12 видов), характерное для деградирующих древесных тугаев, высокая жизненность растений, наличие возобновления и подроста доминантов, свидетельствуют о том, что этот участок Еркин тугая находится в удовлетворительном состоянии, и позволяют сделать вывод, что, несмотря на процесс опустынивания, характерный для территории дельты, существование тугайных экосистем с ограниченным видовым разнообразием может воспроизводиться в гидроморфных условиях.

Описание, сделанное в деградирующем тугае в автоморфных условиях на прирусловом валу с навесным песком в Муйнакском районе – на территории, охваченной опустыниванием неосвоенной части дельты, – демонстрирует начало процесса смены тугайного сообщества, пустынным (табл. 4). В сообществе 14 видов. Большая часть (10), в т.ч. доминанты, тополь разнолистный, кустарники, верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi*) и однолетники представлены типично тугайными видами. Помимо черного саксаула еще два вида – каперсы листопадные (*Capparis decidua* Willd.) и парнолистник (*Zygophyllum oxianum*) – характерны для пустынных сообществ.

Таблица 4. Видовой состав растительных сообществ в деградирующем тугае (октябрь 2017 г.).

Показатели сообщества, виды растений	Значения
Географические координаты	43.17464° с.ш., 59.98397° в.д.,
Абсолютная высота, м н.у.м БС	61
Число видов	14
Проективное покрытие, %	60
Деревья	
<i>Populus diversifolia</i> Schrenk	1
<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkw.) Iljin	1
Кустарники	
<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss	2
<i>Lycium depressum</i> Stocks	1
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	4
Полукустарники	
<i>Salsola dendroides</i> Pall.	2
Многолетние травы	
<i>Alhagi pseudalhagi</i> (Bieb.) Fisch.	Sol
<i>Capparis deciduas</i> Willd.	Sol
<i>Zygophyllum oxianum</i> Boriss.	Sol
Однолетники	
<i>Atriplex tatarica</i> L.	Sol
<i>Peganum harmala</i> L.	Sol
<i>Salsola foliosa</i> (L.) Schard.	Sol
<i>Salsola australis</i> R.Br.	Sol
<i>Suaeda altissima</i> (L.) Pall.	Sol

Выводы

В неосвоенной части дельты Амударьи в растительности продолжается гологенетический процесс смены растительных сообществ, характерных для пойменных условий растительными сообществами, характерными для зональных условий пустыни.

Как показали длительные наблюдения на топо-экологических профилях, с 1979 года смена древесных тугайных сообществ, происходит сукцессионным путем, а травяных и кустарниковых – катастрофическим. После гибели двух последних образуются длительно не зарастающие пустошные участки.

В настоящее время на пустоши, образовавшейся в 1980-х годах к северу от Кунграда и Казахдарьи вплоть до береговой линии 1960-х годов, идет активное расселение черного саксаула (*Haloxylon aphyllum*), а терескена серого (*Krashennikovia ceratoides*) – по деградирующим тугаям.

Современные экологические условия в дельте разнообразны благодаря различиям в водном режиме биотопов и сопровождающим их процессам засоления-рассоления почв. Это наглядно видно при сопоставлении профиля засоления почв на топо-экологических профилях Порлытау и Куныдарья. Порлытау в целом – опресняющийся участок, т.к. профили засоления относятся к элювиальному или элювиально-иллювиальному типу с менее засоленными поверхностными горизонтами (до 10-20 см) и увеличением засоления с глубиной. Профиль Куныдарья в целом – засоляющийся участок, т.к. в солевом профиле в верхних горизонтах (0 (0.5)-20 см) идет активное соленакопление.

Полученные данные по засолению почв (солевые профили) дают нам основание считать, что основное поступление солей в настоящее время идет не из атмосферы, а из близко залегающих к поверхности грунтовых вод.

Благодарности. Авторы признательны к.с./х.н. М.В. Конюшковой за помощь в организации и проведении полевых работ в 2017 г., обработке и анализе почвенных данных.

Финансирование. Экспедиционные работы проведены при финансовой поддержке Регионального представительства Международного Центра сельскохозяйственных исследований в засушливых регионах – ИКАРДА, г. Ташкент (руководитель проекта К. Тодерич), анализ материалов и написание статьи выполнено в рамках темы № FMWZ-2022-0002 «Исследования геоэкологических процессов в гидрологических системах суши, формирования качества поверхностных и подземных вод, проблем управления водными ресурсами и водопользованием в условиях изменений климата и антропогенных воздействий» (№ государственной регистрации: 122041100236-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова В.Д. 1964. Изучение смен растительного покрова // Полевая геоботаника / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Т. III. М.-Л.: Наука. С. 300-447.
- Аральское море в начале XXI века. Физика, биология, химия. 2011 / Ред. П.О. Завьялов. М.: Институт океанологии им. Ширшова РАН. 252 с.
- Бахиев А.Б. 1985. Экология и смены растительных сообществ низовьев Амударьи. Ташкент: ФАН. 192 с.
- 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.
- Бахиев А.Б., Новикова Н.М., Шенкарева М.Е. 1987. Изменение хозяйственной значимости растительных ресурсов при сокращении обводняемости дельтовых равнин Каракалпакии // Водные ресурсы. № 2. С. 167-169.
- Бахиев А., Трёшкин С.Е., Кузьмина Ж.В. 1994. Современное состояние тугаев Каракалпакстана и их охрана. Нукус: Каракалпакстан. 72 с.
- Будущее бассейна Амударьи в условиях изменения климата. 2018 / Ред. В.А. Духовный. Ташкент: НИЦ МКВК Центральной Азии. 328 с.
- Воронов А.Г. 1973. Геоботаника. М.: Высшая школа. 384 с.
- ГОСТ 26423-85. 2012. Почвы: методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ. 6 с.
- Зонн И.С. 1994. Толковый словарь по опустыниванию. М.: Наука. 118 с.
- Клюканова И.А., Кузнецов Н.Т. 1971. Содержание элементов питания растений в новейших отложениях в дельте Амударьи и развивающихся на них почвах // Известия АН СССР. Серия географическая. № 12. С. 79-86.

- Коровина О.Н., Бахиев А., Таджитдинов М.Т., Сарыбаев Б. 1983. Иллюстрированный определитель высших растений Каракалпакии и Хорезма. Ташкент: Фан. Т. 1. 216 с.; Т. 2. 214 с.
- Корчагин А.А. 1964. Видовой (флористические) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника / Ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагин. Т. III. М.-Л.: Наука. С. 39-62.
- Котляков В.М. 1991. Аральское море – научное и общественное звучание проблемы // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. № 4. С. 5-8.
- Кузьмина Ж.В., Трешкин С.Е. 2016. Климатические изменения в Приаралье и Средней Азии // Аридные экосистемы. Т. 22. № 4 (69). С. 5-20. [Kuzmina Zh.V., Treshkin S.E. 2016. Climate Changes in the Aral Sea Region and Central Asia // Arid Ecosystems. Vol. 6. No. 4. P. 227-240.]
- Майлун З.А. 1963. Тугайная растительность // Растительный покров Узбекистана. Т. 2. Ташкент: ФАН. С. 303-375.
- Мамутов Н.К. 1991. Трансформация луговой растительности дельты Амударьи в условиях аридизации. Автореферат дис. ... канд. биол. наук. М.: Педагогический Государственный университет им. В.И. Ленина. 17 с.
- Миркин Б.М. 1974. Закономерности развития растительности речных пойм. М.: Наука. 174 с.
- Коришанова В.С., Новикова Н.М. 1990. Динамика солей дельты Амударьи в процессе опустынивания // Проблемы освоения пустынь. № 2. С. 43-49.
- Положение с опустыниванием и осуществление плана действий ООН в борьбе с опустыниванием. 1992. Найроби: UNEP/GCSS, III/3. 130 с.
- Прокопьева К.О., Конюшкова М.В. 2023. гармонизация результатов химического исследования засоленности почв // Аридные экосистемы. Т. 29. № 3. С. 24-35. [Prokopyeva K.O., Konyushkova M.V. Harmonization of the Results of Soil Salinity Chemical Study // Arid Ecosystems. Vol. 29. No. 3. P. 257-266.]
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья. 992 с.
- Чуб В.Е. 2007. Изменение климата и его влияние на гидрометеорологические процессы, агроклиматические и водные ресурсы Республики Узбекистан. Ташкент: Узгидромет. 135 с.
- Расулов Б.О., Тиллаева З.У. 2019. Гидроэкологический мониторинг качества речных вод бассейна реки Амударьи в пределах Узбекистана // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. № 4. С. 99-102.
- Соколов В., Алабергенев Р. 2021. Водообеспеченность Южного Приаралья [Электронный ресурс <https://shorturl.at/cpzDU> (дата обращения 15.04.2023)].
- Основы лесной биогеоценологии. 1964 / Ред. В.Н. Сукачев, Н.В. Дылис. Л.: Наука. 574 с.
- Рафиков А.А., Тетюхин Г.Ф. 1981. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. Ташкент: Фан. 200 с.
- 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. 23 с.
- Трешкин С.Е. 2011. Деградация тугаев Средней Азии и возможности их восстановления. Дис. ... докт. с/х наук. Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский институт агролесомелиорации. 47 с.
- Трешкин С.Е., Кузьмина Ж.В. 2009. Тенденции изменения основных метеорологических характеристик в Приаралье // Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве / Ред. Иванов А.Л., Кирюшин В.И. М.: Россельхозакадемия. С. 467-476.
- Micklin P. 2014. Ch. 5: Aral Sea Basin Water Resources and the Changing Aral Water Balance // The Aral Sea. The Devastation and Partial Rehabilitation of a Great Lake / eds. P. Micklin, N.V. Aladin, I. Plotnikov. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. P. 111-135.
- 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-Dar'ya and Syr-Dar'ya River Deltas // Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. UNESCO Aral Sea Project, 1992-1996. Final Scientific Reports. Paris: UNESCO. P. 55-80.
- Novikova N., Kuz'mina Zh. 2008. Monitoring of the Vegetation in Conditions of the Aral Sea Ecological Crisis. М.: RAAS. 218 p.
- Novikova N.M., Kuz'mina J.V., T.V. Dikareva, G.Yu. Trofimova. 2001. Preservation of the Tugai Biocomplexes Diversity within the Amudarya and Syrdarya Deltas in Aridization Conditions // Ecological Research and Monitoring of the Aral Sea Deltas. A Basis for Restoration. B. 2. UNESCO Aral Sea Project, 1997-2000. Final Scientific Reports. Paris: UNESCO. P. 155-188.
- Rafikov A. 1999. Ch. 4: Desertification in the Aral Sea Region // Creeping Environmental Problems and Sustainable Development in the Aral Sea Basin / ed. M. Glantz. UK: Cambridge University Press. P. 66-85.
- Report of the United Nations Conference on Desertification, 29 August – 9 September. 1977. Nairobi. 139 p.
- Third National Communication of the Republic of Uzbekistan on the UN Framework Convention on Climate Change. 2013. Tashkent: Uzgidromet. 246 p.