

Духовный В.А.
Стулина Г.В.
Кенжабаев Ш.М.
Заитов Ш.Ш.
Ганиев М.Ш.
Эшчанов О.И.
Шеримбетов С.
Есенбаев Г.Р.
Идирисов К.
Рузиев И.И.
Лоу Ф.

О результатах экспедиций по осушенному дну Аральского моря в 2019-2020 гг.

Краткое изложение результатов проекта
«Решение насущных проблем человеческой безопасности
в регионе Приаралья путем содействия устойчивому
сельскому развитию»



Ташкент
2021

16 декабря 2020 года состоялся круглый стол «Итоги и выводы двух экспедиций НИЦ МКВК на осушенное дно Аральского моря в 2019-2020 гг.», организованный ПРООН в онлайн формате. Эти экспедиции были проведены в рамках совместного проекта ПРООН и ЮНЕСКО «Решение насущных проблем человеческой безопасности в регионе Приаралья путем содействия устойчивому сельскому развитию», финансируемого со стороны Многопартнёрского Трастового Фонда ООН по человеческой безопасности для региона Приаралья (МПТФ) в Узбекистане. Встречу открыли заместитель Постоянного представителя ПРООН в Республике Узбекистан Дойна Мунтяну и первый заместитель Председателя Совета Министров Республики Каракалпакстан Жусипбек Казбеков.

С докладами выступили директор НИЦ МКВК профессор В.А. Духовный, руководитель экспедиции доктор Г.В. Стулина, заместитель директора НИЦ МКВК доктор Ш.М. Кенжабаев – руководитель работ по дистанционным измерениям, участники экспедиции.



Начало всех работ по осушенному дну моря было заложено решением Глав государств Центральной Азии от 11 января 1994 года, которым была утверждена «Программа конкретных действий по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря на ближайшие 3-5 лет с учетом социально-экономического развития региона». В пункте 4 этой программы указывалось:

«Выполнить соответствующие исследования и проработки по выбору варианта инженерных решений, обеспечить затем составление проектов и осуществить работы по созданию на территории дельт Амударьи и Сырдарьи и прилегающих к ним участках осушенного дна Аральского моря искусственно обводненных ландшафтных экосистем, провести здесь необходимые мелиоративные мероприятия с целью восстановления естественно-исторического экологического режима и оздоровления этих территорий».

В результате были начаты работы по созданию устойчивого состояния озера Судочьего, после чего разработан проект обводнения всей дельты Амударьи, кото-

рый был оценен в 90 млн. долларов США. Для доказательства целесообразности этих расходов НИЦ МКВК с партнёрами при поддержке Евросоюза выполнил исследования оценки ущерба, который был получен Узбекистаном как следствие снижения уровня моря и практически потерей его экологического и социально-экономического значения. Прямые потери в зоне Южного Приаралья составили 144,83 млн. долларов в год, в том числе в сельском хозяйстве 58,68 млн. долларов и 40,6 млн. долларов – в промышленности. Косвенные и социальные потери составили соответственно 16,74 млн. долларов и 28,81 млн. долларов.

Принятое решение правительства о строительстве комплекса водных сооружений дельты Амударьи за счёт собственных средств растянуло его выполнение на 15 лет и практически подошло к концу только в 2020 году после вмешательства Президента Ш.М. Мирзиёева, инициировавшего программу превращения осушенного дна моря в зону экологических инноваций.

Всё это время, начиная с 2004 года, НИЦ МКВК осуществлял космический мониторинг состояния обводнения дельты и систематически публиковал результаты на своём портале. Учитывая недостаточность такой оценки состояния осушенного дна моря, в 2005 году были начаты за счёт GTZ (ФРГ) совместные экспедиционные работы по дну моря, которые продлились до 2011 года. Проведено 9 экспедиций, пройдено более 10 тысяч км маршрута, обследовано 800 стоянок и вскрыто 300 почвенных разрезов. Это позволило получить динамику состояния дельты за 7 лет, оценить состояние посадок на площади 240 тысяч га с приживаемостью в 70 %, обнаружить самозаращение дна на площади 200 тысяч га, создать классификацию ландшафтов по степени экологических рисков, установить закономерности развития почвообразовательного процесса на осушенном дне, создать почвенные, гидрогеологические и дендро карты осушенного дна на территории Узбекистана.

Вновь эти работы, несмотря на решение двух Постановлений Кабинета Министров Узбекистана, удалось восстановить только в 2019 году после создания МПТФ, по инициативе ПРООН, включившей эти две экспедиции в план своего финансирования. НИЦ МКВК при участии Международного инновационного центра Приаралья при Президенте Республики Узбекистан, а также специалистов АН Узбекистана и Приаральской экспедиции организовал две экспедиции осенью 2019 года и поздней весной 2020 года, которые обследовали в общей сложности 1,2 млн. га южной части дельты в два приёма, что позволило охватить территорию от чинка Устюрта до бывшего архипелага Акпетки и исторической отметки моря.

Экспедиции носили комплексный характер. В них приняли участие эколог, почвовед, гидрогеолог, дендролог, ботаник, специалисты ГИС.



В результате проведения двух экспедиций:

a) определены нестабильные экологические зоны на высохшем дне Аральского моря и составлены карты зон риска по 17 классам риска;

b) исследована динамика происходящих почвообразовательных процессов, проведена оценка и классификация почв на осушенном морском дне, составлена почвенная карта;

c) изучена гидрогеологическая обстановка, состояние наблюдательной сети и выработаны рекомендации по её развитию;

d) проведено геоботаническое описание растительности, собран гербарий растений, подготовлены рекомендации по сохранению растительного покрова;

e) проведены научные и полевые исследования состояния лесных насаждений, проводимые и основанные на собранных данных. В развитие ранее обнаруженных явлений самозаращение после 2010 года охватило площадь в 160 тысяч га;

f) на основе метода ретроспективного анализа спутниковых изображений получены тематические территориальные карты ГИС, подготовленные с использованием GPS. Разработана методика дистанционного контроля развития саксаула и тамариска;

g) сопоставлены изменения в классах ландшафтов и зонах риска за последние 10 лет.

Научную ценность мониторинга трудно переоценить. Ученым представилась уникальная возможность изучать процессы, длящиеся в обычное время веками, которые ныне акселерированно занимают жизненный цикл одного поколения.

Экологическая оценка динамических процессов, протекающих в водоёмах Аральского моря совместно с почвенно-ландшафтным изменением осушенной части дна моря являются научной и практической основой для подготовки предложений по их использованию в новых естественно-антропогенных условиях.

Почвообразовательные процессы на дне моря

Процессы высыхания Аральского моря привели к образованию новой формации почвенного покрова, формирующегося на базе обнажившихся материковых грунтов. Её следует рассматривать как почвы, которые отличаются от зональных своими специфическими особенностями, заключающимися в динамичности развития почвообразовательного процесса в пространстве и во времени. Это позволяет вновь формирующемуся почвенному покрову осушенной части дна Аральского моря за короткий отрезок времени проходить вековой цикл развития.

Эволюция солончаковых почв проходит этапы. На последних стадиях развития почв солончаковые процессы, вызванные гидроморфными условиями, затухают, во много раз возрастает роль аридно-зонального фактора, под влиянием которого дальнейшее развитие почв идет типично по пустынному типу. Изучение осушенного дна моря показало, что цепочка преобразования солончаков заканчивается образованием пустынно-песчаных почв. Материнская порода современного почвообразования на осушенном дне Аральского моря имеет морской, озерный, аллювиальный, эоловый генезис.

В процессе экспедиции на типичных выбранных участках были заложены 56 почвенных разрезов. Проведено описание почв по генетическим горизонтам с фотографиями почвенных профилей, отобраны почвенные образцы. Образцы анализировались для определения химических и физических свойств почв на содержание органического вещества, гумуса, качественного и количественного состава водно-растворимых солей, а также гипса и карбонатов. Лабораторные анализы были выполнены лабораторией Аналитического центра качества, состава и репозитория почв при Комитете по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственного кадастра.

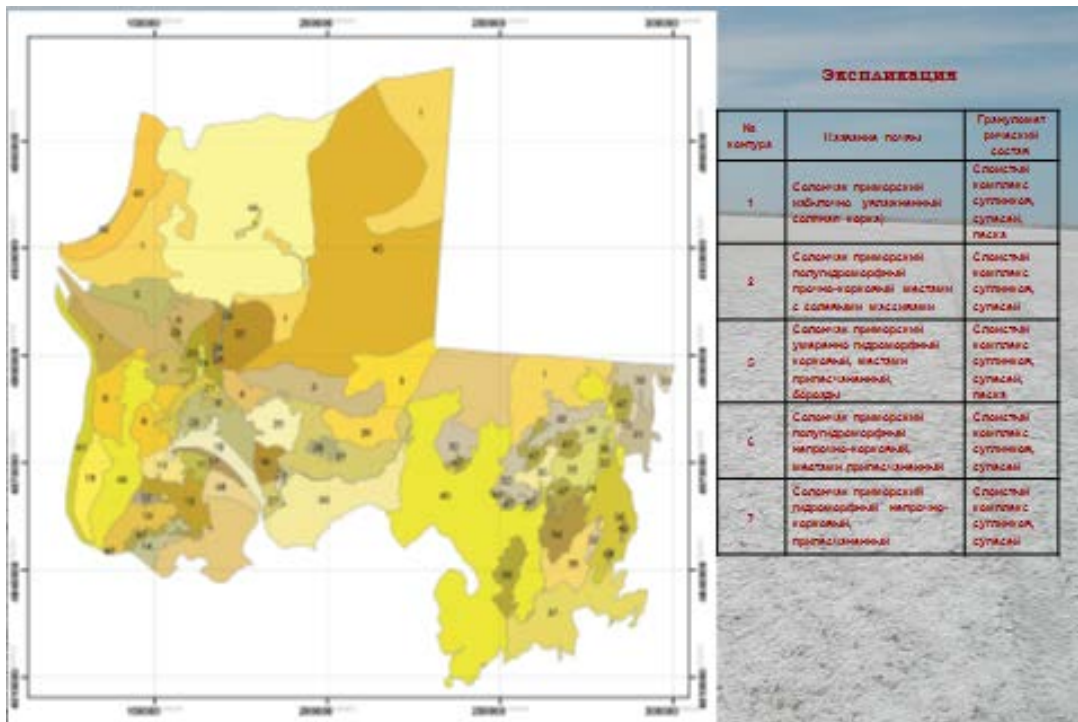


Рис. 1 Почвенная карта, 2020

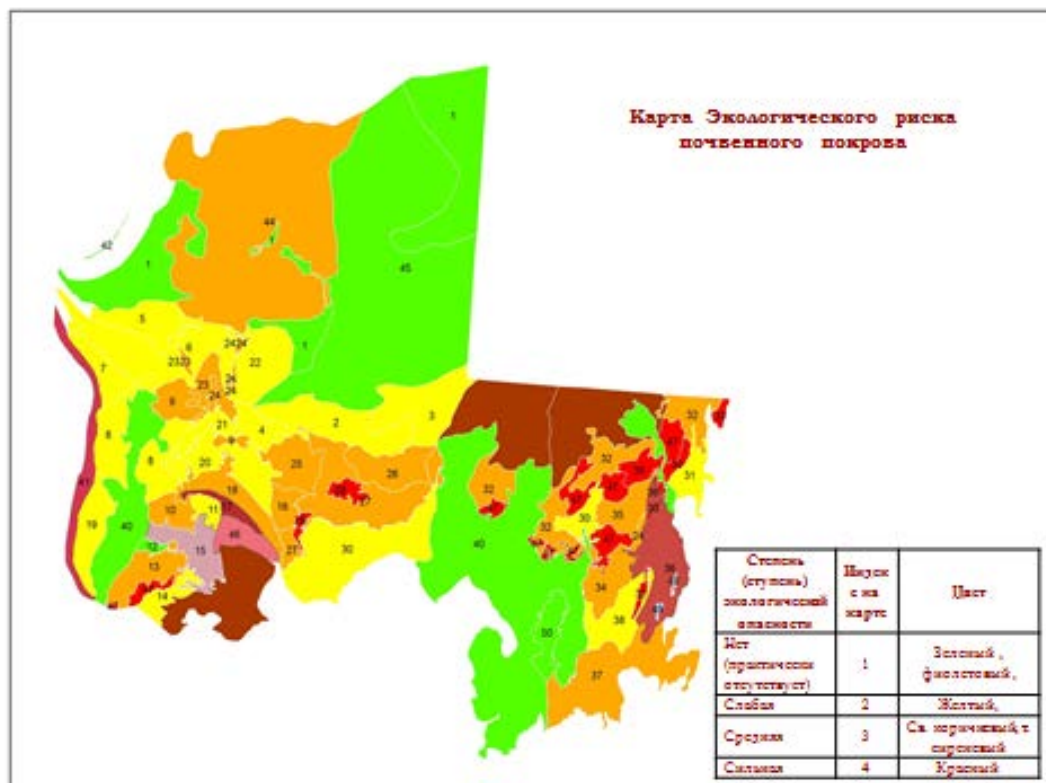


Рис. 2 Карта экологического риска почвенного покрова, 2020

В результате выполненных полевых и лабораторных работ, анализа полученных результатов, а также космических снимков были выделены 50 почвенных контуров и построена в ГИС почвенная карта территории осушенного дна Аральского моря по состоянию на 2020 год. Выделены следующие разновидности приморских почв: солончаки гидроморфные, солончаки полугидроморфные, солончаки полуавтоморфные, солончаки автоморфные, пустынно-песчаные почвы, опустынившиеся аллювиально-луговые дельтовые почвы, пески, закрепленные в различной степени.

Почвенный покров осушенного дна моря является индикатором экологической стабильности.

Солончаки гидроморфного ряда становятся опасными при высыхании, когда при смене промывного режима маршевых солончаков на выпотный водно-солевой режим, в поверхностных горизонтах накапливается соль и образуется солевая корка, а под действием ветра соль разносится на большие расстояния.

Наиболее податливыми к эрозии среди полугидроморфных и полуавтоморфных солончаков являются пухлые, корково-пухлые солончаки, поверхность которых представлена порошистым землисто-солевым слоем и которые при разрушении корки становятся очагом соле-пылепереноса порошистого пухлого подкоркового слоя. Такие почвы являются источником пыли и соли, выносимых ветром за пределы Аральской котловины. Наиболее опасны незакрепленные пески.

Заращение солончаков искусственными посадками или самозаращение понижает экологическую опасность и значительно снижает ее при переходе солончаков в пустынно-песчаные почвы.

За период 1990–2020 гг. произошло значительное снижение гидроморфности солончаков на 15,1 % за счет развития процесса аридизации и соответственно увеличения автоморфности солончаков, снижения уровня грунтовых вод и перехода гидроморфных почв в их автоморфные аналоги, запесочивания и образования зональной почвы. Происходит формирование пустынно-песчаных почв, увеличение их площади на 5,7 % ,что является позитивным признаком. Увеличение песчаного покрытия указывает на интенсификацию эрозионных процессов на обсохшем дне.

Гидрогеологические условия осушенного дна

Важной задачей исследования являлось изучение современного состояния гидрогеологических условий подземных вод, прогнозирование этих изменений, изучение гидрогеологических процессов под воздействием природных и техногенных факторов.

Объекты исследования относятся к бассейнам лево- и правобережного Нижне-амударьинских месторождений безнапорных вод и напорных подземных вод Устюртского и Южно-Приаральского артезианских бассейнов. Также рассматривались участки и площади техногенного воздействия подземных вод на обсохшей части акватории Аральского моря.

Гидрогеологические условия характеризуются распространениями здесь водоносных комплексов – морского новоаральского и подстилающих их аллювиально-озерных амударьинских и морских голоценовых отложений. Они имеют повсеместное распространение в пределах обсохшего дна моря.

Характеристика уровня и гидрохимического режима грунтовых вод Муйнакской части, первых от поверхности водоносных комплексов, приводится по двум гидрогеологическим створам – Судочье-Аджибайскому и Муйнакскому, во второй экспедиции – по Джилтырбаской части и Аккалинскому створу. В связи с осушкой моря и падением уровня грунтовых вод, Муйнакский и Аккалинский створы закрыты с 2010 г. и режимные наблюдения в настоящее время по ним не проводятся.

На режим грунтовых вод в Муйнакской части в пределах обсохшего дна Аральского моря оказывает влияние как падение уровня Аральского моря, которое является региональным базисом их разгрузки, так и периодические сбросы с озера Судочье и Рыбацкого водоема. В северном направлении, по мере приближения к современному урезу моря влияние сбросов из водоёмов дельты уменьшается и режим изменения УГВ северных скважин определяется естественным снижением уровня моря.

Наиболее приближенный к урезу воды на 2017 год – куст ГК-801, в котором УГВ в большей степени зависит от уровня моря. В 2009-2017 гг. уровень грунтовых вод практически установился на уровне 7 м при минерализации 30 г/л, снизившись на 1 метр, то есть по 0,1 м в год.

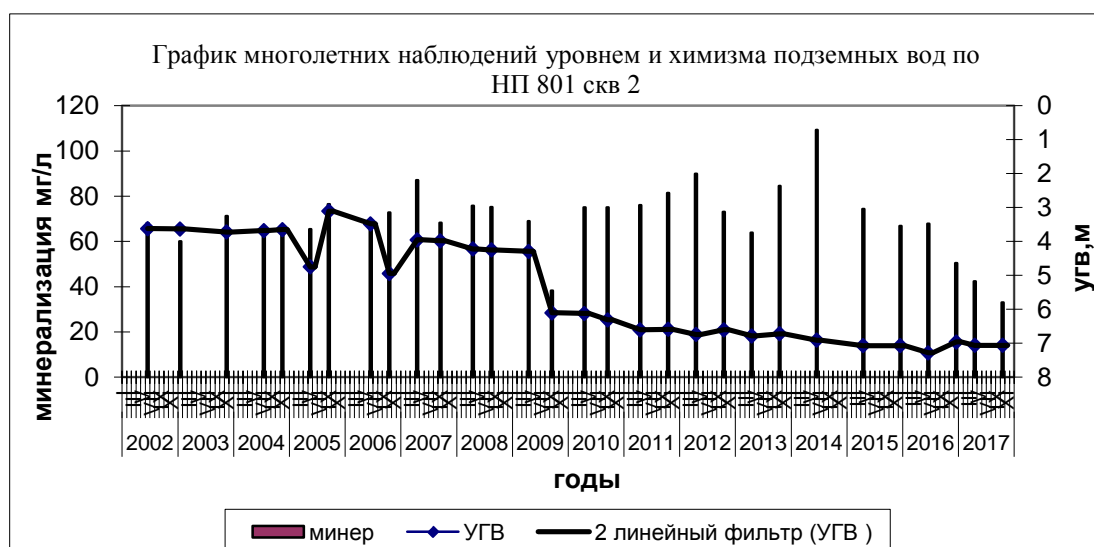


Рис. 3. Динамика уровня и минерализации грунтовых вод, Судочье-Аджибайский створ по ГК -801(2)

Для дальнейших наблюдений в 2019 году створ был продлен в северном направлении. На рис. 5 показано распределение уровня грунтовых вод в новых наблюдательных скважинах.

Проблема взаимодействия моря и грунтовых вод и его влияния на грунтовые воды изучается в течение многих лет. Поиски ответа затрудняются тем фактом, что это влияние было очень слабым и не могло быть обнаружено существующей техникой и методами исследований. Некоторый подпор грунтовых вод со стороны моря существовал, однако поток был столь ничтожным, что измерить этот подпор не представлялось возможным.

Многолетние режимные наблюдения в пределах части Муйнакского створа, охватывающие собственно обсохшее дно моря, а также динамика режимов ГВ по скважинам, расположенным на севере створа, частично указывают на зависимость от грунтового потока, идущего со стороны Рыбацкого польдера и русла р. Амударьи, а в основном, прямо определяется отступлением береговой линии Аральского моря.

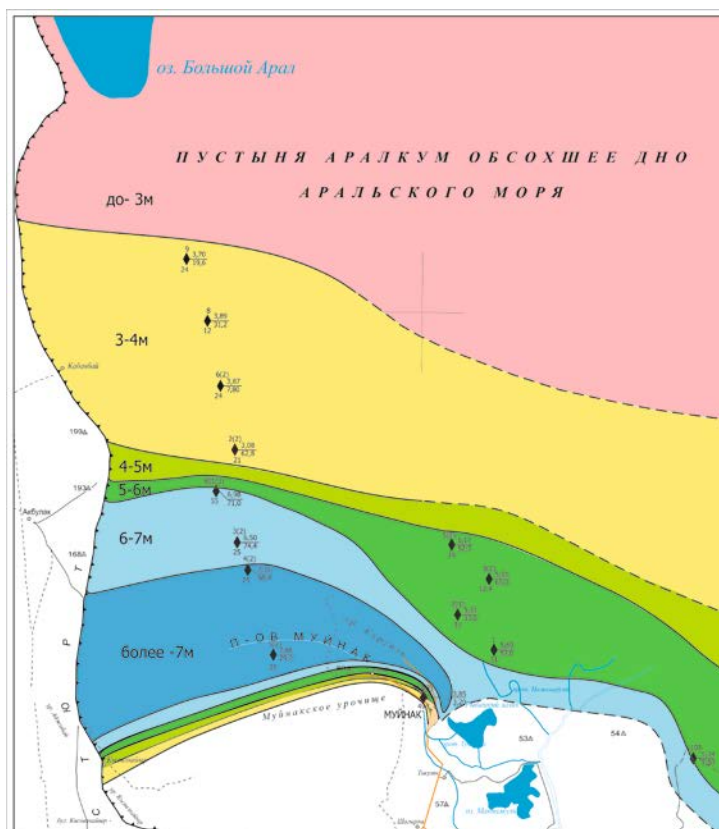


Рис. 4. Наблюдательные гидрогеологические скважины Судочье-Аджибайского и Муйнакского створов. Уровень грунтовых вод в Муйнакской части осушенного дна моря, 2019

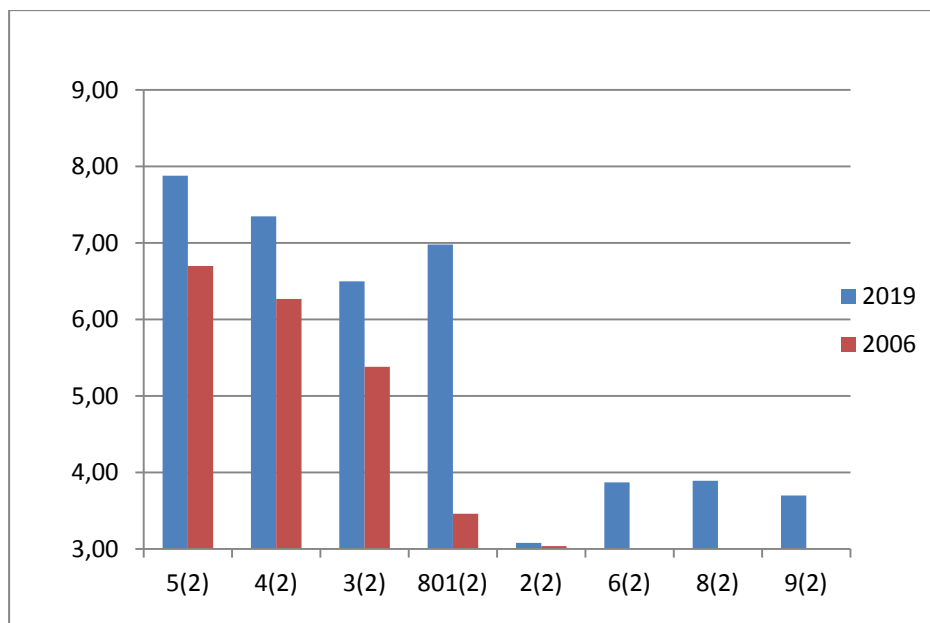


Рис 5. Уровни грунтовых вод в створах ГХК, расположенных относительно уреза воды

Аккалинский створ расположен между Арало-Кызылкумским валом и оз. Джилтырбас. В настоящее время из пяти наблюдательных пунктов в период экспедиции обнаружены только 4 куста. Четвертый, последний куст Аккалинского створа, расположен на бывшей береговой линии моря с абсолютной отметкой 46 м. Уровни подземных вод в них находились в пределах 5,79 м, но в крайней скважине на глубине 11,7 м было сухо. Минерализация подземных вод равна 33,6 г/л. Сбросы с озера Джилтырбас, коллекторов КС-1, КС-3, а также из канала Казахдарья оказывают влияние на режим уровня грунтовых вод, которое проявляется в подъеме уровня и снижении минерализации. В северном направлении, по мере приближения к современному урезу моря, влияние сбросов уменьшается и режим изменения УГВ определяется естественным снижением уровня моря. В связи с этим, для изучения уровенных и гидрохимических режимов подземных вод было бы целесообразным проложить Аккалинский створ, оборудовав через каждые 7-10 км спаренными наблюдательными скважинами на оба водоносных горизонта протяженностью до Аральского моря.

Данными, полученными ранее (проект «Aral Kum») доказано, что грунтовые воды двигаются в сторону моря, но разгружаются в зоне подпора, примыкающей к уровню моря и представленной полосой шириной в среднем 250 м. Наблюдаемый сток по осушенному дну моря почти полностью испаряется в атмосферу. Общая величина подземного стока грунтовых и напорных вод составила 4,67 м³/с или 0,14 км³/год с площади рассматриваемой территории, т.е. увеличилась в 2 раза по сравнению с 1960 годом. По последним данным, величина разгрузки составляет 0,12 км³/год.

Участок между озером Джилтырбас и протокой Кокдарья на восточной границе, на юге – коллекторы КС-3 и Караузьяк, очень мало изучен с точки зрения гидрогео-

логии. Протяженность участка – более 70 км по бездорожью, с очень трудными условиями проходимости и объездами вокруг сыпучих песков, болот, барханов и мокрых солончаков.

На участке наблюдательные пункты мониторинга подземных вод отсутствуют. Нами здесь были обследованы 4 глубокие (до 500 м) самоизливающиеся скважины. Скважины питаются из мелового водоносного горизонта и используются для водоснабжения животноводства, лесных хозяйств и мелкооазисного орошения. Расходы скважин составляют 0.2-4 л/с, температура воды 40-45^oС, ее минерализация находится в пределах 1,7-2,5 г/л при жесткости 3,4-7,0 мг-экв/л.

Всего на всей территории 2-х экспедиций было обследовано 11 самоизливающихся скважин.



Рис. 6. Самоизливающаяся скважина по дороге на о.Возрождения

Рекомендации:

Необходимо провести инвентаризацию всех самоизливающихся скважин, определить целевую возможность их использования для отгонного животноводства, лесных хозяйств, лечебных целей и др.

Геоботанические исследования

В данное время одним из проблемных вопросов формирования биоразнообразия Аралкума является естественное формирование растительного покрова, который представляет собой большой научно-практический интерес для ботаников, экологов и лесоводов. Необходимость досконального изучения дна моря вызвана образующимися новыми естественными комплексами растительных сообществ, структурой, развитием и жизнедеятельностью растений, сукцессией и изменением ландшафта. Образовавшаяся суша и происходящие на ней процессы предопределяют необходимость детального изучения динамики (миграций) растений.

Галофильные виды и сообщества – неперенный компонент флоры и растительности пустынной зоны, где повышенное содержание солей характерно практически для всех типов почв. В южной части осушенного дна Аральского моря присутствуют практически все виды групп галофитных сообществ. Целью данных экспедиций явилось определение весенне-летнего видового состава высших растений юго-восточного Аралкума, изучение современного состояния растительного покрова.

В ходе первой экспедиции (2019) был исследован растительный покров со следующими крупными массивами юго-западной части высохшего дна Аральского моря: Тигровый хвост, Ахантай, Учсай, Муйнакский залив, окрестность озера Сарыбас, остров Лазарева по периметру Восточного чинка Устюрта, вокруг местности «нулевой» и другие пункты; во второй экспедиции (2020) были изучены следующие массивы высохшего юго-восточного дна Аральского моря: окрестности поселков Казахдарьи, от Джилтырбаса до Кокдарьи, охватывающие земли Каратереня и Кокдарьи.

В результате идентификации гербарных образцов, собранных в ходе второй экспедиционно-исследовательской работы было определено 74 вида высших растений, относящихся к 51 родам, 21 семейству более 2060 точек высохшего дна Аральского моря, а также растительные сообщества, определяемые большинством образований растительного покрова.

Анализ распределения родов и видов по семействам показывает, что 6 крупных семейств *Chenopodiaceae*, *Tamaricaceae*, *Fabaceae*, *Polygonaceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae* объединяют 58 видов; остальные семейств составляют 16 видов. Самое большое семейство *Chenopodiaceae* объединяет 16 родов и 24 вида. Результаты лабораторных исследований гербарных образцов дают возможность сделать заключение о том, что доминирующими видами являются в основном галофильные и некоторые псаммофильные растения из семейств *Chenopodiaceae*, *Tamaricaceae*, *Fabaceae*, *Polygonaceae* и др., так как они образуют формации, ассоциации и занимают определенную часть осушенной территории.

В качестве закрепителей подвижных барханных песков и солончаков, несомненно, играют большую роль виды доминанты и субдоминанты растительного покрова. Например, *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin, *Tamarix hispida* Willd., *Salsola richteri* Kar., *Ammodendron conollyi* Bunge ex Boiss., *Halostachys belangeriana* (Moq.) Botsch., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Stipagrostis pennata* Trin., *Climacoptera lanata* (Pall.) Botsch., *Artemisia terrae-albae* Krasch., *Artemisia diffusa* Krasch. и

др. В результате выявлен один вид: *Atriplex pratovii* Sukhor (рис. 7), нуждающийся в охране, ареал которого сокращается. В результате исследований расширен ареал их распространения.

В первые годы на безводных территориях, растения встречались в одиночку или вовсе не встречались. Это связано с тем, что уровень сильноминерализованных грунтовых вод в первый год выпуска воды очень высок. В результате наших исследований был подтвержден тот факт, что покрытие растениями площадей с солеными почвами происходит за счет природных закономерностей, обуславливающих смену галофильных растений представителями псаммофильных растений (табл. 1).

По хозяйственному значению преобладают кормовые растения – 24 видов, закрепители песков и солончаков – 10 видов, эфирно-масличные и алкалоидные – 9 видов, лекарственные – 7 видов. Наблюдения показали образование фитогенных бугров и барханов, достигающих в среднем от 1,5 до 2-3 м высоты и 1,5-3,7 м в диаметре. Каждый такой фитогенный бархан удерживает в среднем 15-20 т соленосмешанного песка (почвогрунт).



Рис. 7. *Atriplex pratovii* Sukhor

Таблица1

| Группы миграции | Краткая характеристика | Типы растительности | Растения – доминанты и субдоминанты | Почв. соотношение |
|-----------------|---|--|--|--|
| Мигрирующая | Группа формируется полосой первых лет осушки, возникающий вслед за отступлением моря. Группа продолжает формироваться в прогрессивной динамике. | Галофильные однолетники | <i>Salicornia europaea</i> , <i>Climacoptera lanata</i> , <i>C. aralensis</i> , <i>Suaeda crassifolia</i> , <i>Bassia hyssopifolia</i> , <i>Atriplex pratovii</i> | Солончак (мокрый) |
| Расширяющаяся | Группа формируется на более поздних стадиях зарастания осушенного дна. Распространение их идет по направлению от коренного берега к урезу воды. Группа продолжает формироваться в прогрессивной динамике. | Галофильные и псаммофильные кустарники и полукустарники | <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>T. hispida</i> , <i>Halostachys belangeriana</i> , <i>Salsola richteri</i> , <i>Haloxylon aphyllum</i> , <i>Calligonum eriopodum</i> , <i>C. caput-medusa</i> и др. | Солончак (корковый и пухлый), засоленный песок |
| Стабилизирующая | Группа формируется у побережья коренных берегов бывшего моря, которое требует менее соленый почвогрунт. Группа формируется в прогрессивной динамике, но относительно медленнее чем предыдущие. | Псаммофильные многолетники и полукустарники | <i>Artemisia terrae-albae</i> , <i>Stipagrostis pennata</i> , <i>Carex physodes</i> , <i>Halimodendron halodendron</i> , <i>Astragalus ammodendron</i> , <i>Ammodendron conollyi</i> и др. | Засоленный песок |
| Сокращающаяся | Группа сокращающихся видов, которые характерны для гигро-и гидрофильных растений, бывших у мелководий и представителей лугово-тугайной флоры. Группа в регрессе. | Травянистые болотные, гигро-и гидрофильные одно и многолетники | <i>Ceratophyllum demersum</i> , <i>Najas marina</i> , <i>Zostera minor</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Typha angustifolia</i> | Болота |

Определенные нами виды можно использовать при закреплении подвижных песков и солончаков в фитомелиоративных работах, а имеющие кормовое значение – как пастбищные угодья в животноводстве.

Практическое значение результатов работы заключается в том, что разработан подход к проведению фитомелиоративных работ по заселению высохшего дна Аральского моря перспективными видами растений (*Tamarix hispida*, *T. ramosissima*, *Halostachys belangeriana*, *Haloxylon aphyllum*, *Salsola dendroides*, *S. orientalis*, *Climacoptera aralensis*, *Nitraria schoberi*, *Lycium ruthenicum*, *Limonium otolepis*) для укрепления подвижных песков и солончаков; раскрыта перспективность использования растений данного региона как ресурсной базы для развития фармацевтической промышленности республики.

Учет продолжительности формирования флоры Южного Аралкума показал, что количество растений и состав таксономических единиц, несомненно, увеличиваются. На основе наблюдений, проведенных в период экспедиций, можно предположить, что через несколько сотен лет флора Южного Аралкума придет к стабильному состоянию, как и в соседних с ним природно-географических районах.

Рекомендации:

- **использовать ряд видов растений в фитомелиоративных работах на высохшем дне Аральского моря;**
- **использовать растения Приаралья в качестве природного источника для выделения из них белково-пептидных компонентов с высокой биологической активностью, и, в дальнейшем, создание на их основе лекарственных средств нового поколения.**

Состояние фитомелиоративных работ

В условиях интенсивного опустынивания и большого дефицита пресной воды, фитомелиорация является доступным и надежным, экономически целесообразным и экологически чистым средством снижения альбедо, уменьшения интенсивности дефляции и эолового переноса засоленной пыли, повышения фитопродуктивности осушенной части дна Аральского моря и опустыненных конусов выноса Амударьи.

Работы по созданию лесных насаждений с закреплением подвижных песков на высохшем дне Аральского моря в пределах территории Узбекистана ведутся с 1980 г.

К настоящему времени площади посадок составляют 952 618,0 га, дополнительно за счет донорских средств засажено 50 903 га.

Основные площади территории, обследованной в двух экспедициях, относятся к государственному лесному фонду Муйнакского лесхоза и Казахдарьинского лесохозяйственного хозяйства. На обследованных территориях произведены искусственные посадки и посевы лесных культур.

Проведен мониторинг состояния лесомелиоративных работ на юго-восточной и юго-западной части осушенного дна Аральского моря.

Определяющие факторы лесорастительных условий – режим влажности верхних горизонтов песка, глубина залегания грунтовых вод и степень их засоления.

Обобщение результатов количественного учёта состояния посевов различных древесных культур, сделанное на основании обзора ежедневных маршрутов экспедиций, позволило определить распространение различных пород по зоне каждой экспедиции. Как видно из таблицы 2, общее покрытие территории в зоне первой экспедиции составляет 32 %, во второй – более 60 %. Такое соотношение определяется большей обводнёностью зоны второй экспедиции. В тоже время, в обеих зонах превалирует саксаул.

Таблица 2

| № Экспедиции | Покрытие поверхности экспертная оценка, % | | | | |
|-----------------|---|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Саксаул | | Влаголюбивые: камыш, тростник | Тамарикс, карабрак | Нарезанные борозды |
| | Всего | В хорошем состоянии | | | |
| I | 18,8 | 12,7 | 6,2 | 12,9 | 23,9 |
| II | 36,2 | 30,0 | 18,5 | 15,5 | 12,0 |

Одной из причин неблагоприятного состояния растений, в т.ч. саксаула является поражения болезнями (мучнистой росой) и вредителями (саранчой).



Рис. 8. Саранча, обнаруженная на массиве Ахантай



Рис. 9. Обнаружено поражение мучнистой росой

В 2019 году подготовлено для посадок около 1 млн. га на осушенном дне моря, интенсивно проводится аэропосев на 700 га.

На сегодняшний день семена посевов, осуществленных с помощью самолета Ан-2 на площади 250 тыс. га, дали всходы неравномерно, и в среднем их количество составило от 300 до 2000 шт. на 1 га (согласно правилам создания лесных насаждений в пустынной зоне, территория считается лесопокрытой при количестве растений 300-500 шт.).

На площади 3 тыс. га (на территории «Ахантай») на гипсированных и сильно засоленных почвах посев семян проводился с помощью дельтаплана. В настоящее время всходов не выявлено, но на поверхности почвы семена имеются (по мнению ученых, семена саксаула могут сохранить свою всхожесть в течение 2 лет).

На сильно засоленных почвах (солончаках) были посажены сеянцы тамарикса и соляноколосника Беланже (карабарак). Приживаемость из 10 указанных растений составила 3-4 шт. (30-35 %), у отдельных сеянцев верхняя часть была сухая, а нижняя часть – влажная, что позволяет ожидать их дальнейший рост.

На территории 15,4 тыс. га в песчаных и средnezасоленных почвах были высажены сеянцы саксаула. При этом на отдельных участках из каждых 10 шт. сеянцев прижились в среднем 5-8 шт. (50-80 %), на сильно засоленных почвах – 1-2 шт. (10-20 %) растений.

На посевах, осуществленных с помощью сельхозтехники на площади 119,4 тыс. га, в 10 м² на песчаной почве всходы составили 55-60 шт., на средне и слабозасоленных почвах – 15-25 шт. и на гипсированных почвах всходов не обнаружено.

По итогам предварительного мониторинга, состояние посевов семян и саженцев растений оценено положительно. В целях обеспечения зоны бедствия водой, пригодной для развития животноводства, а также привлечения и размножения флоры и фауны региона, проделана определенная работа. В частности, на сегодняшний день получена вода из 41 скважины, в том числе на территории Арала – 16, в поселке Казакдарья Муйнакского района – 17, Тахтакупырском районе – 8, также завершается процесс бурения и восстановления 9 скважин. Подготовленные скважины оборудованы крановым регулировочным устройством и приспособлениями для водопоя скота.

В целях предупреждения перемещения песков на протяжении 93,5 км построены защитные полосы из камыша общей площадью 1244 м³.

Выводы и рекомендации

- **Изучены методы проведения фитомелиоративных и лесокультурных работ на данной территории.**
- **Обследовано фитопатологическое и энтомологическое состояние насаждений.**

- Подготовлены рекомендации по улучшению семеноводческих работ и применению передовых технологий при посевных работах.
- Предложено проведение экспедиции с целью мониторинга состояния тугайных лесов вдоль реки Амударьи.

Экологическое обследование и классификация по степени риска

Для перспективного развития и разработки природоохранных мероприятий очень важно оценить ландшафт осушенного и осушающегося дна моря с позиции возможных изменений, развития процессов дефляции, пыле- и солепереноса. В основу таких оценок должна быть положена классификация ландшафтов в увязке с почвенным покровом, состоянием растительности и другими факторами.

По своей природе ландшафт – это крайне неравновесная, изменчивая система, для которой характерны суточные, годовые и многолетние ритмы. Современная трансформация природной среды в Приаралье, имеющая региональный масштаб, оценивается нами как антропогенно-обусловленный процесс аридизации. Как уже отмечалось выше, экологическая опасность рассматривается с позиции агрессивности ландшафта для жизни и возможности хозяйственной деятельности человека. Экологическая опасность проявляется не только в сиюминутном состоянии ландшафтов, но и может проявиться при том или ином хозяйственном вмешательстве в динамику их формирования, так как ландшафты обсохшего дна Аральского моря находятся в настоящее время в очень неустойчивом (нестабильном) состоянии. Таким образом, оценка экологической опасности проводится с учетом динамики проходящих на площади процессов в соответствии со схемой, приведенной ранее¹.

По итогам двух экспедиций проводилась оценка экологической опасности с учетом динамики проходящих процессов в увязке со степенью нестабильности территории осушенного дна Аральского моря. Приводится 4 уровня экологической опасности: 1) экологическая опасность практически отсутствует; 2) слабая; 3) средняя и 4) сильная экологическая опасность.

На осушенном и освобождающемся дне моря развивается как процесс опустынивания, так и процесс естественного почвообразования. Направленность этих процессов определяется сложным сочетанием изменения уровней грунтовых вод, формированием нового ландшафта, эоловым переносом, формированием новых почв и растительного покрова. Все эти процессы взаимосвязаны.

Определили, что растительный покров осушенного дна Аральского моря зависит от устойчивой увлажненности территории осушенного дна. В то же время, оно

¹ Комплексные дистанционные и наземные исследования осушенного дна Аральского моря. Под ред. проф. В.А. Духовного. - Ташкент: НИЦ МКВК, 2008. – 190 с.

напрямую зависит от устойчивой увлажненности водных объектов Южного Приаралья.

Результаты экологического обследования показывают на необходимость создания системы экологического контроля.

Таблица 3

Шкала оценки экологической опасности для результатов классификации

| Степень (ступень) экологической опасности | Индекс на карте | Распределение классов по степени нестабильности территории |
|---|-----------------|--|
| Нет (практически отсутствует) | 1 | 1.1 2.1 2.2 2.5 4.1 4.3 4.5 |
| Слабая | 2 | 1.2 3.5 4.2 |
| Средняя | 3 | 2.3 3.4 4.4 |
| Сильная | 4 | 2.4 3.1 3.2 3.3 |

Шкала экологической опасности принята согласно оценке развития деструктивных экзогенных процессов:

1. Экологическая опасность практически отсутствует

1.1 Водная поверхность.

2.1 Маршевые солончаки без растительности или с сообществами солероса, избыточно гидроморфные.

2.2 Мокрые-приморские солончаки с ракушкой, иногда с единичными экземплярами солероса и сарсазана, гидроморфные.

2.5 Соровые солончаки замкнутых понижений без растительности, иногда в обрамлении сарсазанников, гидроморфные и полугидроморфные.

4.1 Луга на аллювиальных равнинах (тростниковые, разнотравно-злаковые) на аллювиально-луговых, болотно-луговых и лугово-болотных почвах.

4.3 Кустарниковые заросли (галофитные: тамарикс, карабарак) на аллювиально-луговых почвах.

4.5 Кустарниково-саксауловые (пустынные леса/искусственные насаждения) на пустынно-песчаных почвах.

Солончаки не представляют опасности, так как большую часть года находятся в гидроморфном режиме.

В ландшафтах озерных равнин периодически или постоянно обводняемых речными и коллекторно-дренажными водами отсутствует опасность, так как они относятся к гидроморфному режиму. Кроме того, растительность является одним из основных факторов, определяющим динамическое состояние ландшафта. Луга на

аллювиальных равнинах имеют достаточно высокое проективное покрытие, а кустарниковые заросли способствуют закреплению подвижных песков.

2. Слабая экологическая опасность

1.2 Мелководья, иногда с тростником.

3.5 Бугристые, бугристо-грядовые закрепленные пески с эфемерово-полынно-кустарниковыми сообществами.

4.2 Опустынивающиеся аллювиально-луговые почвы, гидроморфные, со злаково-галофитноразнотравными сообществами с кустарниками.

Данные классы отнесены к слабой экологической опасности, так как их существование зависит от поступления в дельту воды, то есть от водности года. Так, например, в маловодные годы площадь водной поверхности значительно уменьшается, что в свою очередь влечет за собой угнетение тростниковой растительности.

3. Средняя экологическая опасность

2.3 Корково-пухлые и корковые солончаки без растительности, иногда с единичными экземплярами кустарников (карабарак, гребенщик)

3.4 Бугристые и бугристо-грядовые пески без растительности и слабо закрепленные.

4.4 Опустынивающиеся лугово-аллювиальные почвы, покрытые кустарниковыми растениями.

Поверхность без растительности, иногда с единичными экземплярами кустарников (карабарак, гребенщик) являются одним из основных поставщиков соли и пыли в атмосферу. Опустынивающиеся кустарниковые представляют опасность с точки зрения деградации растительного покрова, что в свою очередь может повлечь за собой интенсивное развитие эоловых процессов. Бугристые и бугристо-грядовые пески, не закрепленные растительностью, занимают значительные территории обсохшего дна Аральского моря. Степень проективного покрытия колеблется от 20 до 40 %, что способствует развитию эоловых процессов. Поэтому межбарханные понижения являются основным поставщиком соли и пыли в атмосферу.

4. Сильная экологическая опасность

2.4 Солончаки с наваянным песчаным чехлом, с разреженными сообществами лебеды и селена.

3.1 Равнинные (с ракушей) без растительности или с разреженными кустарниками (саксаул, гребенщик).

3.2 Дюнные без растительности.

3.3 Мелко-бугристые (слабо закрепленные) с разреженными сообществами полыни, кустарников и посевами селена.

Данные классы представляют собой территории с интенсивным развитием экзогенных процессов и представляют собой наивысшую степень экологической опасности – формирование очагов солепылепереноса. Значительная часть территории развивается в автоморфном режиме.

Выводы и рекомендации:

- Для различных классов ландшафтов, относящихся к средней и сильной экологической опасности, необходимо отработать технологию посадок с учетом различных исходных гидрогеологических и почвенных условий и накопленного опыта, а также установить выборочное слежение за динамикой процессов роста;
- Разработать план мероприятий по организации посадок саженцев и посева семян в соответствии с картами риска;
- Организовать регулярный мониторинг защиты посевов с использованием современных химических и микробиологических препаратов, а также биологических методов защиты;
- Принять меры по организации контроля состояния посевов и недопущения их повреждения, а также установления системы противопожарной безопасности;
- Разработать план мероприятий по использованию пастбищ, по развитию пастбищного животноводства на основе сети самоизливающихся скважин и подготовить ТЭО;
- Разработать план мониторинга результативности посадок саженцев, посева семян и аэросево, выполненных в течение 2019-2020 гг., и оценить состояние новых посадок на осушенном дне Аральского моря.

Результаты спутниковых наблюдений

Проведение экспедиций сопровождалось космическими исследованиями, проводимыми НИЦ МКВК с участием немецкой компании Map Taylor (д-р Ф. Лоу).

Основные цели дистанционных исследований:

- определение маршрута экспедиции для фиксирования GPS-координат наземных замеров и полевых наблюдений;
- дешифрирование снимков Landsat 5, 8 для анализа изменения ландшафтов осушенного дна Аральского моря между 2006 г. и 2019-2020 гг.

Основные задачи исследования:

- создание двух карт земного покрова – для 2006 и 2019-2020 гг.;
- создание двух карт экологического риска на основе двух карт земного покрова;
- на основе этих карт количественная оценка изменения площади земного покрова и площади, подверженной риску эрозии в течение 2006 г. и 2019-2020 гг.

Методика ретроспективного анализа спутниковых изображений и создание тематических карт исследуемой территории состоит из нескольких последовательных шагов:

- (1) подготовка матрицы наземных контрольных данных;
- (2) предварительная обработка спутниковых снимков из серии Landsat-5 TM и Landsat-8 OLI;
- (3) калибровка алгоритма-классификатора (*Random forest*) на основе (1) и (2);
- (4) создание карты почвенно-растительного покрова и зоны экологического риска на 2006 и 2019 годы.

Представленные карты почвенно-растительного покрова показывают интенсивное сокращение восточной части Аральского моря. Если в 2006 г. мелководье покрыло восточную часть бассейна, то в 2019 г. вода почти полностью отступила, оставив после себя солончаковую пустыню, состоящую в основном из болотных и прибрежных солончаков и других солончаковых почв. Западная часть подверглась изменению меньше, но здесь узкая полоса болотных и береговых солончаков появилась в непосредственной близости от восточного берега Западного моря.

Каждая категория на картах почвенно-растительного покрова может быть переведена в классы экологической опасности в плане риска ветровой эрозии. Эта информация крайне важна для понимания пространственно-временной динамики районов, подверженных риску эрозии. Наконец, эта информация полезна для определения новых мест для лесопосадок, т.е. мест с наибольшим риском эрозии.

Ниже показаны карты экологических рисков соответственно за 2006 и 2019 г. Как видно из карт, в 2006 г. имеющиеся лесопосадки были проведены в местах, главным образом, характеризующихся высокой экологической опасностью, т.е. «IV (сильная)» (рис. 11, левая). В 2019 г. статус их опасности значительно снизился, в основном до категории «II (слабая)» (рис.11, правая).

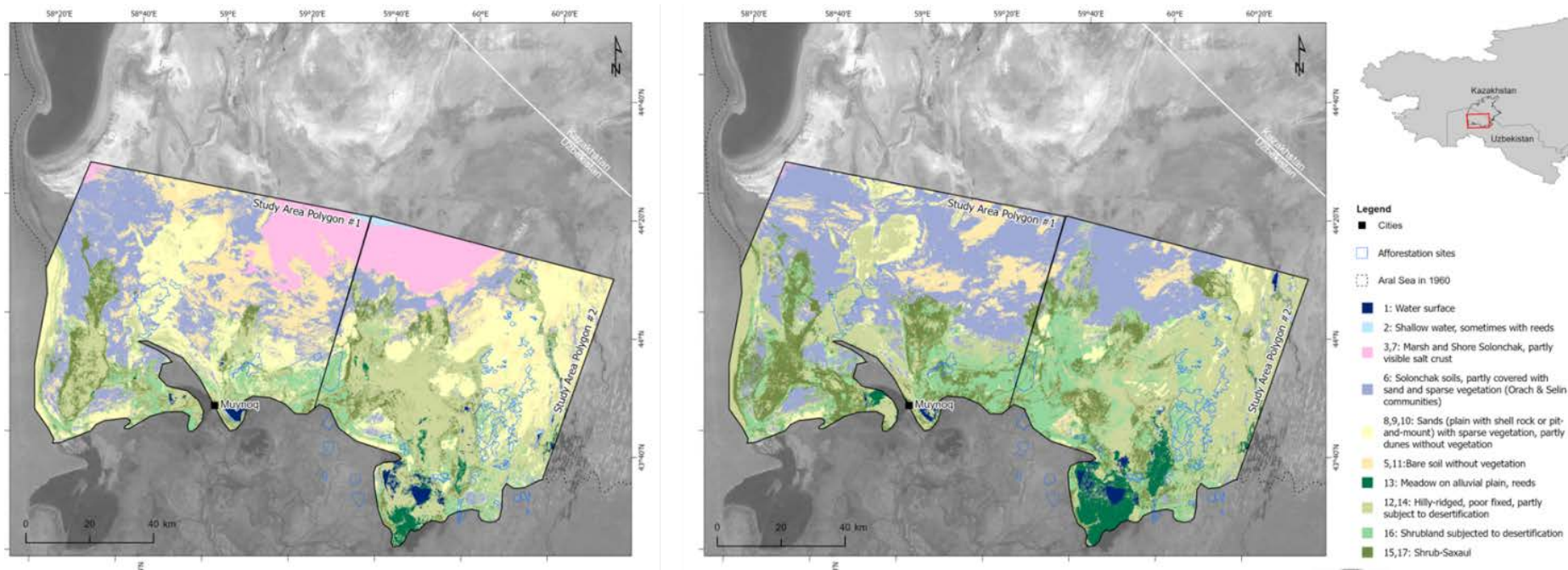


Рис. 10. Карты покрытия земель (ландшафта) в 2006 г. (левая) и 2019 г. (правая)

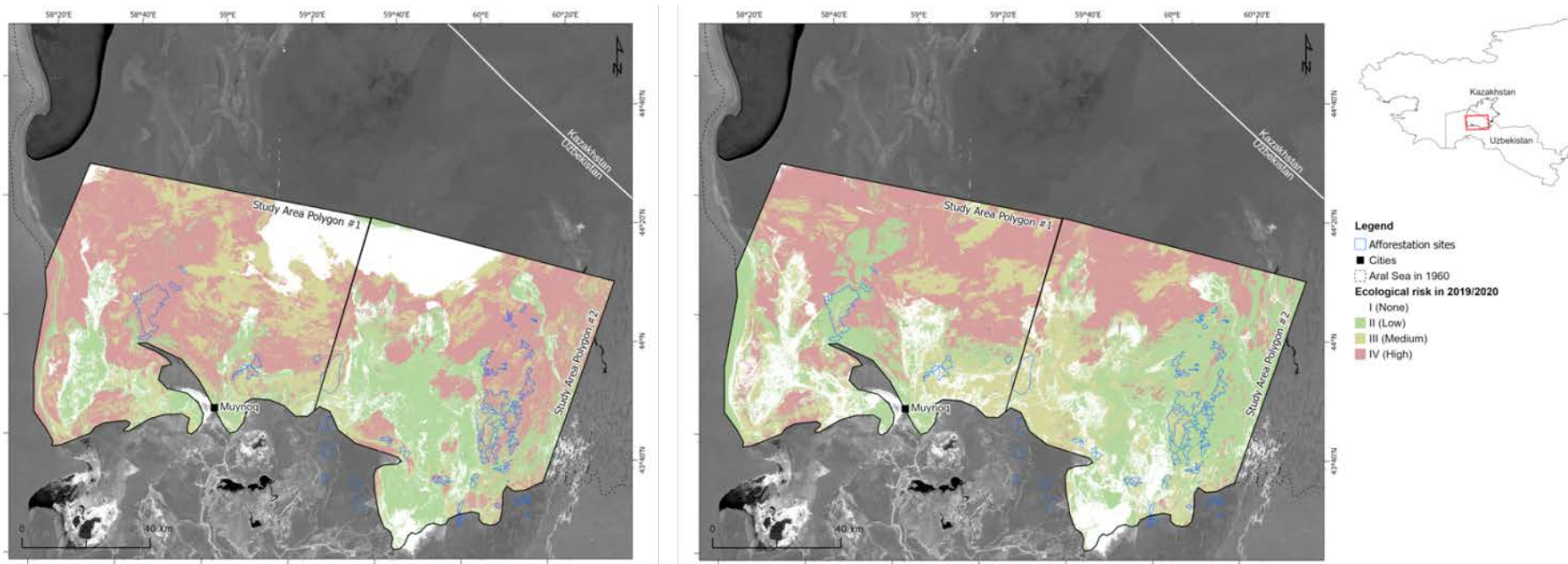


Рис. 11. Карта зон экологического риска в 2006 г. (левая) и 2019 г. (правая)

Оценка карт за два разных года позволила провести количественную оценку изменения площади экологической опасности. В таблице 4 приведены сводные данные об изменении зон экологической опасности в 2006 и 2019 г. С отступлением Аральского моря в период с 2006 по 2019 гг. на внешней границе новой береговой линии в 2019 г. появилась широкая полоса суши. В частности, появились засоленные почвы, которые в значительной степени увеличивают экологическую опасность в этих местах. Поэтому, площадь экологической опасности, характеризующая класс I (отсутствует), снизилась на 15 тыс. га в течение 2006-2019 гг. В отличие от этого, в местах, расположенных южнее осушенного дна моря, которые уже в 2006 г. не были покрыты водой, произошло частичное улучшение экологической ситуации (с точки зрения риска эрозии). Частично это можно объяснить продолжением сукцессии роста растений и появлением кустарниковых растительных сообществ. Следовательно, площадь экологической опасности, характеризующий класс IV (высокая), значительно снизилась с 505 тыс. га в 2006 г. до 414 тыс. га в 2019 г.

Таблица 4

Сводная площадь исследуемой территории в 2006 и 2019 гг. по категориям экологической опасности

| Класс экологической опасности | Описание | Площадь (га) в 2019 г. | % площади техн. исследования в 2019 г. | Площадь (га) в 2006 г. | % площади техн. исследования в 2006 г. | Разница 2019-2006 гг. |
|-------------------------------|-------------|------------------------|--|------------------------|--|-----------------------|
| I | Отсутствует | 198053.2 | 15.85 | 213027.72 | 17.04 | -14974.53 |
| II | Низкая | 373120.7 | 29.85 | 293795.93 | 23.51 | 79324.80 |
| III | Средняя | 264523.7 | 21.16 | 238334.87 | 19.07 | 26188.83 |
| IV | Высокая | 414140.5 | 33.14 | 504679.64 | 40.38 | -90539.10 |
| Общая площадь | | 1249838.16 | 100.00 | 1249838.16 | 100.00 | |

Надо отметить, что в рамках исследования была разработана методология, основанная на наблюдениях Земли из космоса и полевых замеров состояния земельного покрова в разные годы. Предлагаемый метод является новаторским в том плане, что он позволяет улучшить существующие стратегии картирования в Аралкуме за счет использования алгоритмов машинного обучения и одновременных спутниковых данных в качестве входных данных.

В соответствии с этой методологией были составлены карты почвенно-растительного покрова и связанной с ним экологической опасности. Эта информация может быть использована для пространственного определения регионов, в которых должны быть реализованы меры по снижению ветровой эрозии, например через посадку кустарниковых насаждений (лесопосадки).

Необходимо расширить данный метод, чтобы его можно было в полной мере использовать для картирования ландшафта и зон экологической опасности, как за другие годы, так и в целом по Аралкуму (узбекская часть). С этой целью предлага-

ется дополнить существующие контрольные данные дополнительными экспедициями на северо-восточную, северную и северо-западную части Аралкума для достижения пространственно-сбалансированных выборок.

Основные выводы и рекомендации исследования

1. Экспедиции подтвердили выводы прошлых наблюдений (2005-2009 гг.) о развитии трёх процессов на осушенном дне моря:

- осушение дна моря и периодические колебания уровня воды (почвообразовательный процесс),
- опустынивание на бывшем дне моря (аридизация, эоловая дефляция),
- влияние человека:
 - облесение и закрепление,
 - нанесение вреда и нарушение рельефа.

В этих условиях важнейшей задачей является стабилизация ландшафтов, для чего необходимо организовать управление территорией осушенного и осушаемого дна моря и Приаралья путём:

а) облесения опустынивающейся территории и контроля за её охраной;

б) придания устойчивости площади бывшей дельты, находящейся под влиянием притока речных вод и сброса из коллекторов путём создания устойчивой водоподдачи в дельту.

2. Для этого организовать обязательную подачу в створ Саманбай объёмов речной воды, предусмотренной экологическими требованиями (8 км³ в годы средней водности, 4 км³ – в маловодные), а также эксплуатацию водоёмов в круглогодичном режиме. Для этого большим подспорьем будет создание системы автоматизированного контроля подачи воды по Амударье.

3. В целях создания гарантированной водоподдачи в дельту и поддержания гидроморфной составляющей устойчивого развития осушенного дна моря, осуществить переключение сброса коллекторно-дренажных вод Хорезмского оазиса с Дарьялыкского коллектора на дельту Амударьи в объёме 3 км³, формируемых на территории Узбекистана. Эти два проекта должны быть первоочередными для водообеспечения осушенного дна моря и Приаралья.

4. Из дополнительных возможностей, потребность в которых имеется в регионе и идеи для которых возникли в процессе экспедиций, следует рассмотреть следующие:

- Организовать постоянный мониторинг состояния водных объектов Приаралья с привлечением местной молодёжи. Проект был представлен НИЦ МКВК в ПРООН с целью наладить образцовый порядок эксплуатации и содержания сооружений. Стоимость – 500 тысяч долларов.
- Инвентаризация всех скважин и организация использования их для бальнеологии и пастбищ – всего более 50 скважин, половина с горячей водой и минерализованная. Следует провести анализы и определить сферу практического применения и необходимые источники финансирования.
- Богатый спектр лекарственных растений, сбор которых и переработка могут служить предметом для государственно-частного партнёрства.
- Приведение в порядок мест добычи и разведки нефти и газа – по договору с правительством все скважины после разведки или добычи должны быть приведены в исходное состояние рекультивацией, что нигде не выполняется. Разработать порядок ответственности нефтегазовых компаний о восстановлении причиненного природе ущерба в течение 3-5 лет.
- Организовать использование в туристических целях имеющиеся заброшенные помещения. Привлечь для этого добровольные НПО и молодёжные отряды.

5. Для обеспечения эффективной координации работ в данном направлении, а также для систематической наблюдении и принятия выверенных решений необходимо создать ГИС-платформу по осушенному дну Аральского моря и Приаралья. Эта платформа будет служить апробированным инструментом Международного инновационного центра Приаралья при Президенте Республики Узбекистан (МИЦП) по целенаправленному внедрению инноваций в практику региона.

Две экспедиции в комплексе с дистанционными измерениями охватили 1,249 миллиона га осушенного дна моря из 2,7 миллиона га на территории Узбекистана. Они выявили определённое снижение зоны долей экологического риска, а также потребность охватить экспедициями северо-восточную, северную и северо-западную части исследуемой территории. Это позволит получить полную картину осушенного дна моря на территории Узбекистана и дать рабочий инструмент всем организациям, ответственным за управление территорией на единой картографической основе в сопоставлении с динамикой десятилетней давности.

Завершение мониторинга осушенного дна моря по аналогичной двум экспедициям программе в течение 2021 и первой половины 2022 годов позволит завершить выполнение Постановления Правительства по этому направлению и создать надёжный системный картографический документ как основу последующей работы МИЦП. Мы надеемся в этом отношении на поддержку международных партнеров, в первую очередь ПРООН, Министерства инвестиций и внешней торговли Республики Узбекистан и Министерства инновационного развития Республики Узбекистан. Проведенные работы и последующий охват всей территории осушки позволят создать ГИС осушенного дна моря, что послужит картографической основой выполнения программы, намеченной Президентом.

О результатах экспедиций по осушенному дну Аральского моря в 2019-2020 гг.

Проф. Духовный В.А, Стулина Г.В., Кенжабаев Ш.М., Заитов Ш.Ш.,
Ганиев М.Ш., Эшчанов О.И., проф. Шеримбетов С.Г., Есенбаев Г.Р.,
Идирисов К., Рузиев И.И., Лоу Ф.

Верстка: Беглов И.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz