

Международный Казахско-Турецкий университет
имени Ходжи Ахмеда Ясави

А.К. Курбаниязов

**ЭВОЛЮЦИЯ ЛАНДШАФТОВ ОБСОХШЕГО ДНА
АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

Монография

Рекомендовано УМО РАЕ
по классическому университетскому
и техническому образованию
в качестве учебного пособия (монографии)
для студентов, магистрантов
и докторантов высших учебных заведений
по специальностям:
25.00.23 – «Физическая география
и биогеография, география почв
и геохимия ландшафтов»;
03.00.16 – «Экология»

Москва
2017

УДК 911.2:556

ББК 26:326

К93

Рецензенты:

Завьялов Петр Олегович — доктор географических наук, профессор и член-корреспондент РАН, заместитель директора Института океанологии им. Ширшова Российской академии наук (ИО РАН);

Кириллин Георгий — доктор, руководитель научной группы «Физика Озер» Лейбниц-институт Экологии Вод и Внутреннего Рыбоводства, Berlin, Germany;

Нурдиллаева Раушан Нурдиллаевна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой «Экология и химия» факультета Естествознания Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави.

Курбаниязов А.К.

К93 Эволюция ландшафтов обсохшего дна Аральского моря: монография. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. — 148 с.

ISBN 978-5-91327-489-2

DOI 10.17513/np.284

В монографии представлены общесоциальные и экологические последствия Аральской катастрофы и определена важная роль природных факторов в их формирования: рельефа, литологического состава донных отложений, поверхностных и подземных вод, климата, почв и растительности в становлении и развитии ландшафтных комплексов. Впервые дана классификация ПТК до уровня урочищ, а также выявлена связь деятельности Арала с зарождением ландшафтов первично-аккумулятивной морской равнины, начало эволюции ландшафтов обсохшего дна Аральского моря связано с падением уровня моря и осушением его дна, приведших к смене первичных подводных ландшафтов качественно новыми ПТК континентального ряда, воздействием аридного климата и природных процессов.

Предложено ускорение проектирования и осуществления природоохранных мероприятий направленных на ослабление негативных последствий сокращения моря, замедление темпов снижения его уровня, изучение процессов опустынивания, становления новых геокомплексов и тенденции их развития.

Монография рассчитана на широкий круг геолог-гидрогеологов, географов, экологов и почвоведов.

Табл. 7. Ил. 36. Библиограф.: 107 назв.

ISBN 978-5-91327-489-2

© Курбаниязов А.К., 2017

© ИД «Академия Естествознания»

© АНО «Академия Естествознания»

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. РОЛЬ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ	7
1.1. История геологического развития Аральского моря.....	7
1.2. Геоморфологическое строение и роль рельефообразующих процессов в становлении и развитии ландшафтов	11
1.3. Литологическое строение грунтов и их значение в развитии ландшафтов	16
1.4. Климатические факторы и их воздействие на развитие ландшафтов.....	22
1.5. Роль поверхностных и подземных вод в становлении и развитии ландшафтов	27
1.6. Почвы и их влияние на развитие ландшафтов.....	31
1.7. Растительность и ее значение в развитии ландшафтов	37
1.8. Формирование териофауны в новообразованных ландшафтах обсохшего дна Аральского моря	40
2. ЗАРОЖДЕНИЕ, СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ	44
2.1. Методика исследований	44
2.2. Принципы выделения ландшафтов и их классификация.....	47
2.3. Зарождение, становление и тенденция развития ландшафтных комплексов.....	49
2.4. Природные процессы и динамика их развития	64
2.5. Ландшафты обсохшего дна Арала в будущем	78
2.6. Пустынные ландшафты Арала – типичные аридные комплексы Туранской равнины	83
3. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БОРЬБЫ С ПРОЦЕССАМИ ОПУСТЫНИВАНИЯ	87
3.1. Научные подходы и принципы борьбы с процессами опустынивания.....	87
3.2. Закрепление почвогрунтов и подвижных песков	89

3.2.1. Фитомелиорация.....	89
3.2.2. Механическое закрепление песков.....	91
3.2.3. Химическое закрепление песков	91
3.3. Создание водоемов.....	92
3.4. Природные комплексы южной части обсохшего дна Арала, нуждающиеся в применении природоохранных мероприятий.....	95
3.5. Устойчивое управление тенденции развития процессов опустынивания и ландшафтов – основа оптимизации природной среды обсохшего дна Аральского моря.....	97
3.5.1. Возможности и характер управления природной средой Аралкум	97
3.5.2. Управление динамикой и развитием природных процессов	98
3.5.3. Вопросы оптимизации природной среды обсохшего дна Арала.....	100
4. СОВРЕМЕННЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЛАНДШАФТАХ ОСУШИВШЕГОСЯ ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ	105
4.1. Сезонность в изменениях увлажненности и ландшафтов.....	105
4.2. Западный берег западного бассейна	107
4.3. Западный берег восточного бассейна (район острова Возрождения)	115
5. ПРОЦЕССЫ СОВРЕМЕННОГО ГАЛОГЕНЕЗА И ГЕОМОРФОЛОГИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ XXI ВЕКА.....	118
6. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОСТАТОЧНОМ ВОДОЕМЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ	124
6.1. Минерализация вод в остаточном водоеме Аральского моря.....	124
6.2. Осаждение минералов на обсохшее и подводное дно Аральского моря.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	135
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	138
Приложение А. Природные комплексы южной части обсохшего дна Аральского моря.....	145

*Посвящается дорогим учителям и наставникам
А.А. Рафикову и Б.И. Пинхасову память
о совместной работе и знак уважения.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Нынешнее поколение является свидетелем исчезновения одного из крупнейших внутренних водоемов мира Аральского моря и связанного с этим глубокого экологического кризиса, охватившего не только Приаралье, но и весь Среднеазиатский регион.

Еще в недалеком прошлом Арал был уникальным солонатоводным озером-морем с объемом около 1060 км³ и площадью акватории 66 тыс. км², обладающим высокой биологической продуктивностью и богатым миром живых организмов. Море имело большое рыбо-хозяйственное, охото-хозяйственное, транспортное и рекреационное значение, благоприятно воздействовало на климат Приаралья.

Безвозвратный забор воды на нужды орошения из Амударьи и Сырдарьи привел к нарушению природного равновесия, баланса стока и испарения при котором существовало Аральское море. Это нарушение оказалось катастрофическим не только для моря, но и для всего Приаралья, в природной среде которого происходят крупномасштабные антропогенно обусловленные необратимые изменения.

Приток воды в море сократился от 50–60 км³ в год (до начала высыхания моря) до 5 км³ и менее в настоящее время. Экосистемы моря и дельт подверглись масштабной деградации. Море утратило все перечисленные выше положительные свойства. Усилилась континентальность климата в прилегающих к морю районах. Изменилась глубина залегания грунтовых вод в дельтах и на обсохшем дне, что повлекло за собой интенсивное развитие процессов опустынивания. Обсохшее дно моря превратилось в обширную песчано-солончаковую пустыню Аралкум. Дефицит воды, ухудшение ее качества и мощный солепылельнос с обсохшего дна моря негативно сказываются на биоразнообразии природной среды Приаралья и продуктивности сельского хозяйства. Аральская катастрофа оказывает отрицательное воздействие на условия и качество жизни 35 млн. жителей бассейна Аральского моря. Повышение уровня безработицы, падение доходов, разрушение культуры, миграция населения, снижение продолжительности жизни, рост детской смертности, бактериальных и вирусных заболеваний – неполный перечень последствий продолжающейся Аральской экологической катастрофы.

Изучение эпицентра Аральской катастрофы обсохшего дна моря – пустыни Аралкум и особенно южной ее части, прилегающей к дельте Амударьи и населенным районам Каракалпакстана, закономерностей становления и развития ландшафтов этой пустыни, установление их пространственной дифференциации, поиск путей наиболее рационального использования новой суши и устойчивого управления процессами опустынивания, обоснование комплекса природоохранных мероприятий по снижению негативных последствий усыхания Аральского моря на экологическую ситуацию Приаралья, является весьма актуальной задачей.

Говоря о современной и будущей эволюции ландшафтов, геоморфологических процессов и различных звеньев экосистемы на обсохшем дне Аральского моря, необходимо иметь в виду, что они в существенной степени определяются гидрофизическим и биогеохимическим состоянием все еще значительной оставшейся водной массы моря. К числу определяющих факторов формирования условий обсохшего дна относятся ветро-волновой режим в прибрежной зоне, осаждение солей в твердой фазе в процессе роста минерализации вод, дефицит кислорода в водной толще и сероводородное заражение вод и другие. Поэтому не случайно, что глава 6 настоящей монографии посвящена характеристикам водной массы моря в разных его частях по данным недавних экспедиционных исследований. Гидрофизические и лимнологические свойства вод некогда единого моря сейчас различны в отдельных его частях – двух бассейнах Большого моря, озере (бывшем заливе) Тшебас, Малом море. У этих остаточных водоемов разные современные условия и разные перспективы дальнейшего развития, изучать их нужно отдельно, но с учетом их взаимосвязей.

В монографии представлены исследования широкого круга связанных с Аральским морем вопросов, выполненные с участием автора в разные годы и в разных районах моря. Это придает книге в известной мере междисциплинарный характер. Собранные в ней результаты, большая часть которых уже были ранее опубликованы в научных статьях, принадлежат большой международной группе специалистов. Необходимо отдать должное автору монографии, который не только внес большой вклад в организацию и проведение экспедиционных и камеральных работ, а также анализ полученной информации, но и взял на себя инициативу опубликования этой книги. Хочется надеяться, что она окажется полезной специалистам и студентам, изучающим последствия экологической катастрофы Аральского моря.

Член-корреспондент РАН



П.О. Завьялов

1. РОЛЬ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

1.1. История геологического развития Аральского моря

Обсохшее дно Аральского моря – это новая континентальная суша, где наблюдается становление и формирование первичных природных комплексов аридного типа. В этом процессе огромная роль принадлежит природным факторам, ибо именно они обуславливают зарождение и становление элементарных морфологических частей ландшафта пустынного характера. В связи с этим, глубокое изучение этого сложного природного преобразования позволяет определить свойства и характер формирующихся комплексов и процессов различного ранга и способствует разработке комплекса мероприятий по предотвращению развития негативных природных процессов и явлений.

Впадина Аральского моря возникла около 2,2–2,0 млн. лет назад в результате совместной деятельности экзогенных и эндогенных рельефообразующих процессов. При этом ведущая роль в формировании рельефа впадины принадлежит экзогенным процессам, интенсивное развитие которых было предопределено тектоникой. Впадина Аральского моря приурочена к трем крупным структурам: Устюртской сениклизе, Арало-Кызылкумской системе линейных дислокаций и Восточно-Аральской впадине. Впадина была выработана в покровных сарматских и верхнеплиоценовых отложениях, слагающих ее борта и подстилающих глинах палеогена, образующих ее коренное ложе, в последующем перекрытое отложениями заирской свиты и более молодыми образованиями мощностью до 100–120 м. Впадина Арала – была выработана за относительно короткий промежуток времени между средним и поздним акчагылом. Отдельные ее участки были пееуглублены на 200–250 м. Скорость древних рельефообразующих процессов – дефляция и эрозии по видимому были близки к современным, т.к. климат Средней Азии в акчагылке оставался аридным. Сегодня, зная скорость дефляционного переуглубления обсохшего дна моря, составляющая 3–5 см/год, можно приблизительно рассчитать время формирования самой впадины Арала. Первозданная впадина Арала по своим размерам

была значительна больше современной. На юге ее границу условно можно провести по широте Кунграт-Чимбай-Тахтакупыр. Здесь отмечается восстание кровли палеогена и распад единого контура на систему уходящих к югу и востоку эрозийных врезов. При такой реконструкции площадь впадин можно приблизительно оценить в 100000 км² (современная площадь Арала на 1961 г. – 66085 км²). Если принять величину дефляционного переуглубления равную в среднем 150 м, то за период формирования из впадины было вынесено 0,15 км × 100000 км² = 15000 км³. Объем воды в Аральском море до 1957 г. составлял 1075 км³. При расчете времени необходимого для выработки впадины глубиной 150 м можно опираться на скорость дефляционного переуглубления обсохшего дна Арала, определенная на полигонах и равная в среднем 4 см/год. Тогда время формирования котловины выдувания составит: 150 м / 0,04 м = 3750 лет, или приблизительно четыре тысячелетия, что в общем-то хорошо согласуется с литературными данными (Кесь, Маев, Рубанов). В дальнейшем она испытала несколько периодов обводнения и была на половину погребена наносами, мощностью до 90–120 м. На рубеже среднего и позднего акчагыла при ведущей роли экзогенных геологических процессов сформирован глубоко расчлененный рельеф, контролирующий развитие последних седиментационных бассейнов и во многом предопределивший современный геоморфологический облик Кызылкумов, Каракумов и Арало-Сарыкомышской низменности.

В позднем акчагыле впадина Арала впервые испытывает обводнение, занимая узкий, наиболее глубокий, Причинковый желоб, а восточнее вала Архангельского и наиболее пониженных участках палеодолин образовалось заливов и лагун.

В раннем апшероне значительная часть впадины Арала была осушена, позднеакчагыльские отложения по ее периферии подверглись частичному размыву.

Начало позднего апшерона ознаменовалась мощной трансгрессией Каспия, вторжением морских вод через Узбой и Сарыкамыш и Приаралье. Среднеапшеронский палео-Арал имел довольно высокий уровень стояния, приблизившийся к отметке +60 +65 м о чем свидетельствуют апшеронские известняки-ракушняки, залегающие на островах Лазарева и возрождения на отметках +60 м. Последовавший в конце эоплейстоцена региональный подъем юго-востока Туранской плиты привел к вытеснению озерно-морского бассейна и резкому сокращению Аральского водоема. В Приаралье в это время происходило накопление аллювиально-озерных палевых глин и светло-желтых полевошпато-кварцевых песков. К этому

времени следует отнести выработку абразивной террасы на восточном чинке Устюрта, обнаруженной Ю.М. Клейнером и В.И. Кравчуком на абсолютных отметках 70 +73 м. В последующим впадина Арала неоднократно частично или полностью высохло и заполнялось водой. По мнению А.С. Кесь развитие Арала в раннем и среднем плейстоцене происходило субэаральных условиях. Первично аккумулятивная эоплейстоценовая поверхность подверглась интенсивному эоловому преобразованию, выразившемуся в образовании глубоко расчлененного грядового-ячеистого рельефа. Центральная часть и предчинковый желоб на несколько десятков метров был переуглублен дефляцией. Об этом свидетельствует глубокое вложение верхнеплейстоцен-голоценового аллювия Амударьи в исходную атынакольскую поверхность.

В позднем плейстоцене с поворотом Амударьи на север в сторону Арало-Сарыкамьшской низменности наступил второй этап истории Приаралья. Чуть позже голоцене начала формироваться Акчадарьинская аллювиально-озерная равнина. Помимо Амударьи сюда стекали воды Сырдарьи, Зеравшана, Чу с Сарысу, Иргиза, а возможно и Тургая. Реки обводняли все впадины и низины и постепенно заполняли их своими наносами, выравнивая рельеф. Мощность молодых отложений достигает 80–140 м во впадинах и до 40–60 м между ними. Освободившаяся от основной массы наносов, Аральская впадина начинает принимать все принесенные рекой рыхлые породы. Так были сформированы аллювиально-дельтовые равнины: Акчадарьинская, Присарыкамьшская, Южная часть Приаральской дельты Амударьи и Кызыл-Ордынская или Жанадарьинско-Сырдарьинская. Их отложения ограничили Аральскую впадину с юга и востока.

История Аральского моря, по справедливому замечанию А.В. Шнитникова (1983) есть история его трансгрессии и регрессии. В работах А.С. Кесь (1991 г.), М.Э. Мурзаева (1991 г.), И.В. Рубанова (1978, 1980, 1982, 1984, 1987 гг.), Е.Г. Маева, С.А. Маевой, С.Д. Николаева (1983), С.М. Маевой, Е.Г. Маева (1991) восстановлены основные этапы голоценовой истории Арала, охватывающее последние 5 тысяч лет.

Регрессивные же стадии, когда уровень опускался ниже +53 м устанавливаются по следам древних затопленных береговых линий в рельефе дна Арала, по присутствию мелководных осадков в строении толщи его донных отложений.

Из 9 трансгрессивно-регрессивных циклов С.А. Маева, Е.Г. Маевой (1991 г.) можно согласиться лишь начиная с древне-аральской трансгрессии произошедшей около 2600–3000 лет назад и прослеженная нами в пределах обсохшего дна севернее линии древних берегов и баров Уялы,

Кендерли и Толмачева и Шурфом № 14 вскрыты каздиомные слои мощностью 1,24 м залегающие непосредственно на эоплестоцене. Подошва этих отложений находится на абс. отм. +38,1 м. Аналогичное карта наблюдается и северо-восточнее банки Обручева, где в шурфах П-8 и П-9 подошва морских отложений с кардиум эдули, перекрывающих здесь погребенные аллювиально-дельтовые отложения Амударьи, залегают на отметках +37 +38 м, а подошва амуарьинского аллювия на отметках близких к +32 +33 м. Полученные данные на длительное существование Арала на низких отметках, не превышающих +31 +38 м до рубежа пересох а вскоре воды Амударьи преставили доходить до Сарыкамыша. Около 3–2,5 тыс. лет назад происходит древнеаральская тресгрессия оставившая свои следы в виде террасы на отметках +58 +60 м. На островах Акпетканского архипелага они представлены осветленными премытыми эоплейстоценовыми песками мощностью до 1,0 м редкой ракушей кардиомов. Трансгрессирующее море практически полностью обродировало поверхность останцов, создав низкий плоский рельеф (+58, 60 м) будущих островов Акпеткиннского архипелага.

Древнеаральская трансгрессия сменилась глубокой регрессией, уровень моря упал до отметок близких к +30, 32 м. По данным С.А. Маева, Е.Г. Маевой она произошла 1500 ± 140 лет и названа Оксийской. Море отступило на запад и сохранилось лишь пр. (1983) ед. (1983) чинковом желобе, а центральная часть превратилась в густо заросшее тростниками и камышом мелководье. С оксийской регрессией авторы связывают прослой торфообразной органики и накопление гипса и мирабилитов и донных отложениях (С.А. Маев, Е.Г. Маев, И.В. Рубанов). Кристаллизация мирабилита могла наступить при снижении уровня моря на 20 м (+33 м абс. отм.) и увеличении общей солености до 70 г-л. Мирабилит и гипс залегают на глубине 0,4–1,5 м, максимальная вскрытая мощность 0,5–0,6 м, общая площадь распространения залежей около 2000 км².

Первое сообщение об Оксийском болоте содержится в работе В.В. Бартольда. Работы по исторической географии том III М.: Наука, 1965 г. Со ссылкой на описание историка 1 у в. Аммина Марцеллина.

Вслед за оксийской регрессией около 1200 лет назад началась новоаральская трансгрессия (Маев, Маева, 1991). В период этой последней трансгрессии уровень Арала с незначительными колебаниями находился на отметках +50, +54 м. Но в отдельные периоды, связанные с прорывами Амударьи и Сарыкамыш Арал понижал свой уровень до +34, +38 и +45 м.

Полученные данные позволяют уточнить характер развития новоаральской трансгрессии, где намечаются две стадии: – ранняя и поздняя.

Первая характеризуется подъемом уровня Арала и относительно длительным его стоянием сначала на отметках +38, +42, а затем +48, +50 м. Установлено далекое внедрение на север на расстояние 60–70 км русел Коксу и Кокдарьи. Кровля аллювиально-дельтовых отложений погребена под маломощными морскими отложениями (0,5–1,0 м) и залегает на отметках +38, +42 м. Палеоруло Тагызаркан после разворота на север четко морфологически выражено до абс. отметки +42 м. Далее оно переходит в слабо выраженное долинообразное понижение, огибающее урочище Толмачева с юга-запада и еще на расстоянии 5–6 км в виде мокрых солончаков прослеживается на север до абс. отм. +39 м.

Бары Уялы, Кендерли и Толмачева, вытянутые цепью с северо-востока на юго-запад фиксируют древнюю береговую линию Арала при стоянии моря на отметках +48, +50 м.

Поздняя или последняя стадия развития новоаральской трансгрессии начинается с XVII в., когда Амударья полностью стала впадать в Арал. Как отмечает А.С. Кесь (1991 г.) уровень Арала в последние века до 1961 года в среднем колебался между отметками +50 и +53 м в связи с чередованием многоводных и засушливых лет.

Таким образом в 1961 г. Завершилось естественное развитие Аральского моря и последующее отступление моря можно назвать периодом катастрофической техногенной регрессии. Когда за 33 года уровень упал с отметки +53 до 36,89 м. Причина Аральского кризиса заключается в игнорировании законов природы и экономики, проявившегося в беспредельной эксплуатации водных и других ресурсов.

Заглядывая в недалекое геологическое прошлое можно предсказать путь развития впадины Арала, когда вновь превращается в очаг мощного выдувания. Рыхлый терригенный материал с высоким содержанием солей подхваченный пыльными бурями, обрушивается на оазисы Приаралья и Хорезма.

1.2. Геоморфологическое строение и роль рельефообразующих процессов в становлении и развитии ландшафтов

Происхождение впадины Арала, основные этапы развития моря, описание рельефа его берегов и обсохшего дна освещены в работах М.И. Епифанова (1961), Ю.М. Клейнера, В.Н. Кравчук (1966), В.И. Лымарева (1968), А.С. Кесь (1969, 1991), Н.М. Богдановой, В.П. Костюченко (1977, 1978), А.А. Рафикова (1982), Б.И. Пинхасова (1984), Н.М. Богдановой (1989), И.В. Рубанова (1984, 1987), Г.В. Гельдыевой,

Т.И. Будниковой (1985), Т.П. Грязновой (1979, 1982, 1986), Б. Жоллыбекова (1995), Б.И. Пинхасова, Т.Э. Мавлянова (1997), А.К. Курбаниязова (1999, 2000) и других исследователей.

На севере впадина Аральского моря ограничена возвышенными столово-останцевыми равнинами Северного Приаралья, на востоке и юге — низменными аллювиально-дельтовыми равнинами Сырдарьи и Амударьи, разделенными слабо приподнятой пластовой равниной Приаральских Кызылкумов. С запада к морю подступает плато Устюрт. Рельеф обсохшего дна Арала показан на геоморфологической карте (рис. 1.1).

В основу выделения и картирования рельефа положены его возраст, генезис и морфология. Рельеф побережья и обсохшего дна моря обязан своим происхождением древне- и новоаральской трансгрессиям.

Рельеф созданный древнеаральской трансгрессией, проявившейся около 3 тыс. лет назад (Кесь, 1991), имеет крайне ограниченное распространение. Развит он на чинке Устюрта, в урочищах Кызылкаира и Каракаир, где представлен фрагментарно сохранившимся галечно-валунным береговым валом на отметках 70–73 м абс. (Клейнер, Кравчук, 1966) и на полуострове Муйнак, где ему отвечает абразионно-аккумулятивная поверхность на отметках 58–60 м абс., обрамляющая высохшую лагуну Соргуль. На этой поверхности (Q_4^I m) расположен и сам город Муйнак.

С древнеаральской трансгрессией связано и начало формирования мощного островного бара Тигрового хвоста.

Рельеф берегов и обсохшего дна Аральского моря, созданный новоаральской трансгрессией, и постаральский наложенный рельеф, образовавшийся в последние десятилетия после отступления моря в результате преобразования исходной поверхности обсохшего дна Арала экзогенными рельефообразующими процессами, представлен двумя основными генетическими категориями: аккумулятивным и дефляционно-аккумулятивным (эоловым). Аккумулятивный рельеф, созданный морем или совместной деятельностью реки моря (подводно-дельтовый) обозначен на геоморфологической карте — Q_4am . Флювиальный рельеф, созданный речной аккумуляцией, а точнее устьевыми протоками Амударьи — Инженерозеком, Аккаем и Урдабаем, аллювий которых наложен на обсохшее дно моря, обозначен Q_4a . И наконец эоловый дефляционно-аккумулятивный рельеф, образовавшийся за счет перевевания донных песков, показан индексом $Q_{IV}V$.

Как видно из рис. 1.1, рельефы территории Аральского моря представляют следующее: 1 – аллювиальная равнина (надводная дельта Амударьи). Представлена сочетанием обвалованных русел и междуречных понижений. Абсолютные отметки 40–53 м; 2 – слабонаклонная на север первично-аккумулятивная равнина созданная совместной деятельностью реки и моря – обсохшая подводная дельта Амударьи и дно Аральского моря. Абсолютные отметки 32,5–53 м; 3 – вдоль береговая абразионно-аккумулятивная терраса бывшего острова Такмак-Ата (полуостров Муйнак) и береговой вал Тигрового хвоста. Абсолютные отметки 58–60 м; 4 – постаральский эоловый рельеф – перевеянные песчаные отложения пляжей и обсохшего дна Арала. Массивы частично закрепленных и подвижных бугристо-барханных и барханных песков, высотой 0,5–5 м; 5 – маломощные покровы 5–40 см ровных навейных песков, вынесенных бурями из очагов развевания и наложенные на донные супеси и суглинки; 6 – древний глубоко расчлененный грядово-ячеистый эоловый рельеф Муйнакской возвышенности. Абсолютные отметки 60–80 м. *Границы:* 7 – типов рельефа; 8 – озер, водоемов, временно обводняемых территорий; 9 – а) береговая линия моря в 1960 г., б) условная береговая линия моря в 2000 г. и его уровень. *Прочие обозначения:* 10 – а) действующие русла и каналы, б) сухие русла; 11 – направления временного стока; 12 – а) дамбы, б) коллектора; 13 – мокрые солончаки ранних лет осушки и лагуны Сургуль и Муйнакского взморья. *Возраст рельефа:* Q_4 – современный, Q_4^2 – новоаральский, Q_4^1 – древнеаральский, Q_E-Q_4 – эоплейстоцен-четвертичный.

Эоловый рельеф сравнительно узкой полосой (3–5 км) опоясывает бывший коренной берег Арала. Севернее Муйнака он развит в пределах меридионально вытянутого на 50 км и довольно широкого (10–15 км) вала Архангельского, которому ранее отвечала цепь песчаных подводных отмелей и банок, обусловивших его современное доминирующее гипсометрическое положение в рельефе обсохшего дна (40–41 м абс.). На востоке территории массивы эоловых песков отвечают Ержанской отмели.

Дефляционно-аккумулятивный рельеф представлен подвижными или частично закрепленными бугристо-барханными песками высотой от 0,5 до 3–5 м. Эоловый рельеф является наложенным, постаральским и существенно изменяет облик исходной поверхности пляжей, подводных отмелей и банок.

Сочлененное с перевейными пляжами и береговым склоном, обсохшее дно Арала представляет собой пологонаклонную к центральной части моря незначительно расчлененную (0–1 м) солончаковую супесчано-суглинистую первично-аккумулятивную морскую равнину.

К концу 2000 года при уровне Арала 32,5 м абс., максимальной ширине осушки до 80 км и минимальным уклонам 0,0002, отвечали западная – Аджибайская и восточная – Жылтырбасская части обсохшего дна. Минимальная ширина осушки около 30 км и максимальный уклон 0,0005 присущи центральной Муйнак-Узункаирской части обсохшего дна, отвечающей подводной дельте Амударьи.

Здесь же в пределах бывшей авандельты основные устья Амударьи – Урдабай, Акай и Инженерозек, которые функционировали до конца 80-х годов, продвигаясь вслед за отступающим морем, сформировали на его обсохшем дне три прирусловых вала, сложенных песками и алевритами, мощностью до 5–7 м. Наиболее протяженный Урдабайский вал вытянут с юго-запада на северо-восток на 30 км. Ширина его 2–5 км. Ширина самого русла Урдабая 100–120 м, глубина 3–5 м. Аккайский и Инженерозекский валы значительно короче 12–13 км, а ширина их не превышает 2–4 км. Пески слагающие северную оконечность валов интенсивно перевеяны и образуют низко-средневысокие 1–3 м, частично закрепленные барханные массивы.

После выхода на дневную поверхность и осушения морское дно начинает подвергаться воздействию экзогенных рельефообразующих процессов, частично или полностью изменяющих его рельеф. Эоловые процессы являются главенствующими. Кроме того развиты линейная эрозия и процессы физико-химического выветривания. Последнее выражается полигональным растрескиванием донных суглинков при их высыхании. Затем края полигонов постепенно разрушаясь, сползают в разделяющие их трещины, вследствие чего образуется своеобразная кочковатая поверхность.

Линейное эрозионное расчленение происходит в результате периодических сбросов или прорывов озер и водоемов – Судочьего, Муйнакского, Рыбацкого, Думалака, Жылтырбаса. Наиболее наглядно это выражено в районе Аббаса и Аккалы. Здесь выработана целая система глубоких (3–5 м) и широких до (50–100 м) русел и ложбин стока, расчленяющих поверхность дна и осложняющих его морфологию.

С определенной условностью к рельефообразующим можно отнести и процессы засоления. Наряду с площадным соляно-корковым или пухляк-корковым покрытием, они образуют типичные ландшафты морях солончаков и шоров.

Роль рельефа в зарождении, становлении и развитии ландшафтных комплексов огромна. С рельефом связана литогенная основа комплекса. Он определяет конфигурацию, форму, внешний вид, гипсометрическое положение, характер связи с другими комплексами, наличие или отсутствие подземного или поверхностного стока, дренированность территории, условия развития других компонентов.

Типы и подтипы ландшафтов дифференцируются на роды, для которых главное – геоморфологические критерии (геоморфологические типы рельефа). Геоморфологический фактор во многом определяет текстурные черты морфологии ландшафтов, внутриландшафтный тип сочетаний – пространственную организацию слагающих его элементарных природных комплексов. На этом основании ландшафтная текстура становится важным диагностическим признаком родов ландшафтов (Николаев, 1979).

На обсохшем дне моря полосе перевеянных песков соответствует граница ландшафта эоловых песков, рассоляющих плоских равнин – ландшафт остаточных солончаков и др.

Таким образом, особенности рельефа, вместе с другими компонентами, точно определяют границы размещения ландшафта, а в некоторой степени даже его морфологические черты.

1.3. Литологическое строение грунтов и их значение в развитии ландшафтов

Геологическое строение и особенно литологический состав покровных отложений являются важнейшими элементами ландшафта. Они во многом определяют характер и направленность развития многих природных процессов, условия вегетации растительности и отражают основные особенности ландшафта.

Первые изучения донных осадков Аральского моря проведены Л.С. Бергом (1908), В.П. Зенковичем (1947) и Н.Г. Бродской (1952). Большая заслуга в изучении донных осадков моря принадлежит И.В. Рубанову (1982, 1984, 1987) и И.В. Рубанову с соавторами издавшими монографию «Геология Аральского моря» (1987). Данные о характере строения разрезов донных отложений приведены Е.Г. Маевым и др. (1983), Н.П. Хрустальевым и др. (1977). С началом катастрофического падения уровня моря и осушения обширных пространств появилась возможность непосредственного наземного изучения донных отложений Арала. Громадный материал по геологии четвертичных отложений, выполняющих впадину Арала, характеру строения их разрезов и литолого-фациальным особенностям был получен в последние три десятилетия, при проведении на обсохшем дне Арала геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической средне- и крупномасштабной съемки и геоэкологических исследований (Чванов и др., 1982, Пинхасов и др., 2000). Эти работы сопровождались бурением большого количества скважин и проходкой шурфов.



Рис. 1.2. Карта четвертичных отложений южной части обсохшего дна Аральского моря

В основу расчленения и картирования покровных отложений нашедших отражение на карте четвертичных отложений (рис. 1.2, 1.3), в составлении которой автор принимал участие положены их возраст, генезис и литология. В дельте Амударьи развиты аллювиально-озерные отложения амударьинского комплекса. На обсохшем дне Арала – отложения аральского комплекса, мощность которых не превышает 15–20 м. Возраст этих отложений позднеголоценовый. Подстилаются они нерасчлененными верхнеплейстоценовыми отложениями, которые во впадине Арала представлены озерно-морскими пепельно-серыми и зеленовато-серыми часто карбонатными глинами, суглинками и алевролитами. Мощность этих отложений, также не превышает 10–15 м. Но на западе, в так называемом Предчинковом желобе выдувания, мощность их увеличивается до 30–40 м. Здесь они залегают непосредственно на глинах палеогена, а на всей остальной площади, где мощность их незначительная, подстилаются желтыми песками эоплейстоценовой (апшеронской) атыныкольской свиты (Пинхасов, 1984). Нижне-среднеплейстоценовые отложения в Южном Приаралье отсутствуют. Амударья в это время стекала по Низменным Каракумам в Каспий, а впадина Арала развивалась в субаэральных условиях (Кесь, 1991; Рубанов, Пинхасов и др., 1998).

Как видно из рис. 1.2, генетические типы и подтипы Аральского моря представлены ниже:

I – Современные эоловые отложения: 1 – эоловые пески бугристо-барханные и барханные, образовавшиеся за счет перевевания пляжей и подводно-отмельных отложений, мощность 1–5 м; 2 – маломощные покровы (5–40 см) ровных навейных песков, вынесенных бурями из очагов развевания и наложенные на донные супеси и суглинки; 3 – эоловые бугристо-барханные пески, образовавшиеся за счет перевевания амударьинского аллювия.

II – Аральский комплекс: 4 – аллювиально-морские (подводно-дельтовые и морские отложения новоаральской трансгрессии, уровня +53 +54 м. Супеси, суглинки, засоленные илы, пески с ракушей, пляжные галечники. Мощность до 15 м; 5 – морские отложения древнеаральской трансгрессии полуострова Муйнак и вала Тигрового хвоста, уровня +58 +60 м. Пески. Мощность 0,5–5 м.

III – Амударьинский комплекс: 6 – аллювий русел и прирусловых валов Урдабая, Аккая и Инженерозека, наложенный на обсохшее дно Арала. Мощность 10–12 м. Литологические обозначения: 7 – пески; 8 – алевроиты; 9 – супеси; 10 – суглинки; 11 – а) пески, б) супеси, в) суглинки покрытые пушонкой или корной соли; 12 – влажные и мокрые солончаки: а) на песках, б) на суглинках; 13 – супеси и суглинки на разрезах; 14 – скважина: в числителе ее номер, в знаменателе мощность четвертичных

отложений; 15 – шурф, его номер и вскрытая неполная мощность четвертичных отложений. Границы: 16 – стратиграфо-генетических подразделений; 17 – литологических комплексов; 18 – линий разрезов.

И лишь в верхнем плейстоцене, с поворотом Амударьи на север и прорывом Тюямуонской теснины, началось обводнение впадины Арала.

Аральский комплекс. Представлен древне- и новоаральскими отложениями. Первый имеет крайне ограниченное распространение и достаточно охарактеризован в предшествующем разделе. Строение новоаральских отложений во многом определяется привносом и дифференциацией амударьинского материала, гидродинамическим режимом различных частей моря и морфологией его дна.

Выделяются четыре основных типа разрезов: пляжный, подводно-дельтовый или Южно-Аральский, подводно-отмельный вала Архангельского и относительно глубоководный – Центрально-Аральский. Последний характерен для удаленной от берега части акватории и пока практически не изучен (осушка после 2000 г.).

Пляжи. У подножья чинка Устюрта, вдоль южного и западного побережья полуострова Муйнак относительно прямолинейные пляжи сложены песчано-галечно-валунными отложениями. Пляжи и сочлененный с ними береговой склон имеют ширину от первых сотен метров до 1–2 км и осложнены невысокими береговыми валами, количество которых не превышает 3–4. Пляжи, расположенные на сочленении надводной дельты с морем, сложены песками, а ширина их не превышает нескольких сотен метров. Эти пляжи также осложнены 2–3 береговыми валами. Пески всех пляжей интенсивно переветрены и образуют массивы подвижных или частично закрепленных бугристо-барханных песков высотой от 0,5 до 2–3 м.

Южно-Аральский тип разреза достаточно детально изучен в шурфах лишь на глубине до 2–3 м (уровня грунтовых вод). Он представлен тремя пачками: подводно-дельтовой, морской и наземной аллювиально-озерной, отвечающими последним этапам развития Арала. Первая пачка сложена исключительно амударьинским материалом, представленным подводно-дельтовыми коричневато-серыми супесями и суглинками с кардиум эдуле и серыми полимиктовыми песками. Мощность 0,3–1,5 м. Вторая морская пачка отвечает максимуму развития новоаральской трансгрессии – уровню 54 м абс. Сложена зеленовато-серыми супесями и суглинками с прослоями белых карбонатных илов, песками с кардиумами и ракушечниками. Мощность до 2 м. Третья – наземная, озерно-аллювиальная пачка отвечает предшествующей последней трансгрессии Арала, глубокой оксийской регрессии и выдвиганию Амударьи далеко на север (Рубанов и др., 1998). Сложена она красно-коричневыми глинами, коричневато-серыми суглинками, супесями и речными песками.

Судя по скважинам, подстилающие эту пачку, отложения соответствующие нижней части разреза аральского комплекса и верхнему плейстоцену также представлены образованиями морского и континентального происхождения. Это свидетельствует о неоднократном колебании уровня Арала в голоцене и выдвиганию Амударьи на север. Наряду с отмеченными общими чертами строения Южно-Аральского типа разреза существуют определенные различия в строении его верхней пачки, что позволяет выделить ряд подтипов: Аджибайский, Муйнак-Узункаирский (собственно подводно-дельтовый) и Жылтырбас-Ержарский (мелкозаливной). Эти подтипы, вместе с подводноотмельным типом вала Архангельского, в определенной мере соответствуют основным морфогенетическим типам обсохшего дна Арала, описанным выше.

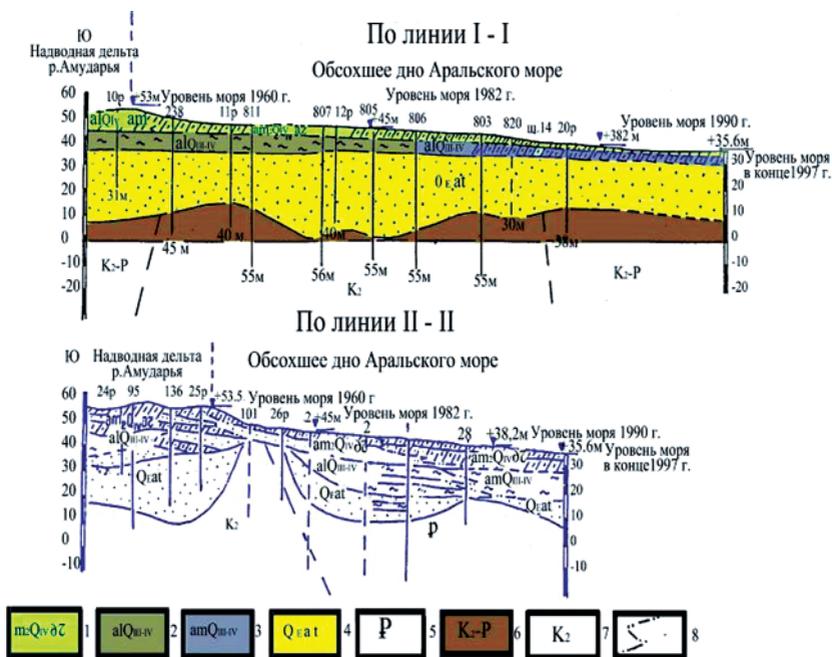


Рис. 1.3. Разрезы к карте четвертичных отложений:

- 1 – морские отложения новояральной трансгрессии; 2 – аллювиально-озерные нерасчлененные отложения. Глины, суглинки, супеси, пески. Мощность 10–15 м;
- 3 – аллювиально-морские нерасчлененные отложения. Песка, супеси, глины. Мощность 5–10 м;
- 4 – атынькольская свита эоплейстоцена. Глины, алевролиты, пески, песчаники; 5 – палеоген; 6 – мел-палеоген; 7 – верхний мел;
- 8 – раницы фациальных переходов

В Аджибайском заливе, куда через тростниковые плавни дельты, являющиеся своеобразным фильтром, выносилась наиболее тонкая амударьинская взвесь, первая пачка сложена серыми тяжелыми суглинками и глинами. В настоящее время эти породы сильно засолены и разбиты на многоугольные полигоны, разделенная глубокими 1–2 м и широкими 0,1–0,2 м трещинами усыхания. В пределах Муйнак-Узункаирской части, т.е. собственно подводной дельты, верхняя пачка вблизи старого берега (53 м абс.) сложена песками и супесями, а затем вплоть до осушки 1990 г. – сильно засоленными серовато-коричневыми супесями. После осушки 1990 г., где глубина моря некогда превышала 15 м, явно выраженная подводно-дельтовая пачка уже отсутствует.

Мелкозаливной Жылтырбасский подтип сложен песками с подчиненными коричневато-серыми супесями и суглинками.

Центрально-Аральский (пелагический) тип разреза сложен исключительно морским зеленовато-серыми и пепельно-серыми суглинками с прослоями карбонатных илов.

Подводные отмели вала Архангельского представлены светло-коричневыми мелкозернистыми, реже разнозернистыми, хорошо промытыми, косослоистыми существенно кварцевыми песками с линзами грубообломочных пород. Образовались они за счет разрушения и перемыва отложений эоплейстоцена и верхнего мела слагающих вал Архангельского. Большое количество уплотненных обломков карбонатных пород кампан-маастрихта, рассеянных на поверхности дна, указывает на близкое их коренное залегание. Встречаются небольшие выходы и глыбовые развалы этих отложений. Местами хорошо выражены галечниковые отмели и банка. Галька хорошо окатана, уложена как черепица и блестит на солнце. Мощность четвертичных песков вала Архангельского до 20 м, но местами, как, например, в северо-восточной его части, на осушке после 1990 г., удаленной от бывшего берега на 60 км, под морскими песками, уже на глубине 0,2–0,3 м, залегают наземные речные амударьинские пески и красно-коричневые глины. Пески пляжей и подводных отмелей Арала интенсивно перевеяны и образуют обширные барханные массивы.

Геологическое строение и особенно литологический состав отложений представляют литогенную основу ландшафта. А.Г. Исаченко (1991) отмечает, что состав поверхностных горных пород, условия их залегания, режим новейших и современных тектонических движений служат основными показателями твердого фундамента ландшафта (стр. 126). В классификации ландшафтов В.А. Николаев (1979) обосновывает, что подрод таксона ландшафта соответствует генетическим типам и литологии поверхностных горных пород.

Каждому из четырех типов разрезов аральского комплекса соответствует определенный вид ландшафта с своеобразием других компонентов природы, так как с характером грунта связаны формы рельефа, почвы, условия развития растительности, а в целом – состояние и режим развития ландшафтов. Поэтому литология поверхностных отложений, будучи компонентом природы, является связующим звеном между остальными компонентами и факторами ландшафта.

1.4. Климатические факторы и их воздействие на развитие ландшафтов

Климат является важнейшим фактором физико-географической обстановки. Климатические условия влияют на характер развития природных процессов, определяющих направленность становления ландшафтов.

Климатическое описание района Аральского моря, когда оно находилось в естественном режиме и имело уровень 53 м абс., т.е. до начала его интенсивного отступления (1960), дано О.М. Житомирской (1964). Она отмечает, что Аральское море и прилегающие к нему пространства расположены в северной части засушливого пояса субтропических широт Северного полушария. Большая удаленность от океана сказывается на общей засушливости и континентальности климата.

Равнинность Приаралья способствует вторжению сюда северных холодных воздушных масс – зимой и южных теплых и сухих – летом. Основное влияние на климат оказывают пустыни окружающие море. Смягчающее влияние самого моря на некоторые климатические элементы (температуру, влажность воздуха) сказывалось лишь в узкой прибрежной полосе. Но в связи с высыханием моря влияние это стало постепенно ограничиваться.

Данная закономерность была отмечена Т.И. Молосновой и др. (1987), проанализировавшими климатические условия Приаралья за 1950–1959 гг. и за два последующих десятилетия 1960–1969 гг. и 1970–1979 гг., интенсивного снижения уровня и сокращения моря. Т.И. Молосновой с соавторами было установлено, что влияние отступления моря сказалось на увеличении суточных амплитуд температуры воздуха на береговых станциях; на смене знака в годовом ходе разности температуры между морской и континентальной станциями (знак сменился один раз в августе); на тенденции в увеличении числа дней с пыльными бурями и пыльными поземками на 50 % на станциях Приаралья; на уменьшении влажности в летнее время на береговых станциях.

Естественным продолжением работы Т.И. Молосновой и др. (1987) явились «Материалы по изменчивости климата Приаралья» (1994) в которых О.И. Субботина и С.Г. Чанышева приводят метеорологические

характеристики Приаралья не только за 1950–1980 гг., но и за 1981–1990 гг. В работе отмечается, что антропогенное нарушение режима Аральского моря совпало по времени с изменениями, которые произошли в крупномасштабной циркуляции, в повторяемости типов синоптических процессов.

Изменения метеорологических характеристик в разные временные периоды сводятся к следующему. На приморских станциях в 1981–1990 гг. в течение года (кроме осени) наблюдалось повышение температуры в среднем на $1,9^{\circ}\text{C}$ – в январе и на $3,4^{\circ}\text{C}$ – в июле. Осень всюду стала холоднее. В 1981–1990 годах существенно изменилась суточная амплитуда температур воздуха на станциях Уялы, Тигровый, Муйнак. Разность между максимумом и минимумом температуры в течение суток на этих станциях возросла и стала близкой к амплитуде Тамды и Акбайтала, т.е. режим температуры на бывших приморских станциях приблизился к режиму континентальных станций.

В процессе усыхания моря заметно уменьшилась относительная влажность воздуха.

Усыхание моря не повлияло на количество атмосферных осадков, т.к. основная их масса формируется за счет влаги принесенной извне. Начиная с 70-х годов годовые суммы осадков на всех станциях (приморских и удаленных) сохраняют одинаковые тенденции вплоть до 1990 г.

Несмотря на усыхание моря режим ветра в Приаралье остался прежним. Летом здесь преобладают северо-восточные и северо-западные ветры, зимой – северные, северо-восточные. Но усыхание моря существенно сказалось на повторяемости пыльных бурь. К 1990 году на отдельных станциях число их увеличилось в несколько раз (Аральское море, Жаслык, Каракалпакия). Но в Муйнаке и Уялы в 1981–1990 годах число пыльных бурь несколько уменьшилось. Преобладающее направление ветра при пыльных бурях – северное, северо-восточное, восточное и юго-восточное, повторяемость которых в сумме составляет 61%. Повторяемость западных и северо-западных ветров составляет 27%, а южного и юго-западного направления – 12%.

Тридцатилетние наблюдения позволили авторам сделать вывод, что изменение режима основных элементов климата наблюдается лишь в 100 км прибрежной полосе. Эти изменения являются результатом воздействия двух основных факторов: естественного (циркуляция атмосферы) и антропогенного – вызвавшего усыхание моря.

К сожалению в последние два десятилетия, т.е. начиная с 1980 года, многие прибрежные метеостанции – Актумсук, остров Возрождения, Барсакельмес, Тигровый, Уялы – были закрыты.

В связи с этим метеорологические условия южной части Аральского моря и пустыни Аралкум за последние 9 лет нами приводятся только по метеостанции Муйнак (табл. 1.1–1.4).

Таблица 1.1
Среднемесячная температура воздуха, °С метеостанция «Муйнак»

Годы на-блю-дений	Месяцы												Сред-не-годо-вая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1990	-5,6	-3,7	6,4	13,3	20,0	27,4	27,6	25,7	21,1	10,6	4,6	-4,6	14,2
1991	-4,9	-5,6	0,3	14,1	19,3	26,3	28,1	24,6	19,3	13,4	4,3	-2,8	13,5
1992	-2,9	-2,1	-0,8	10,9	17,9	24,1	27,1	23,2	18,1	9,1	4,4	-1,3	11,8
1993	-4,8	-4,1	1,9	11,2	17,9	25,7	27,4	25,3	17,0	9,1	-4,8	-7,2	12,9
1994	-8,9	-9,9	-0,5	10,5	20,0	25,0	26,1	26,6	18,8	9,0	-0,4	-3,7	12,7
1995	-2,4	-0,3	3,1	17,5	20,4	26,6	28,7	26,4	18,6	10,4	7,3	-4,1	12,8
1996	-10,1	-6,8	-1,9	9,6	20,8	26,6	28,2	24,1	19,2	10,5	1,3	-1,1	10,3
1997	-3,2	-2,3	6,3	16,3	21,2	27,7	28,5	26,6	19,2	15,8	-0,1	-4,8	12,6
1998	-9,8	-5,5	-0,5	13,0	19,7	28,6	30,0	26,0	19,7	10,7	2,5	-2,4	10,5
1999	-3,5	-1,9	1,8	13,2	19,0	25,1	27,6	28,8	19,0	19,7	1,0	-0,5	11,6
2000	-4,3	-0,4	5,2	18,9	19,5	25,7	28,4	28,6	19,3	7,3	1,0	-1,1	12,1

Таблица 1.2
Среднемесячные наблюдения за атмосферными осадками, мм метеостанция «Муйнак»

Годы на-блю-дений	Месяцы												Сумма атмо-сферных осадков
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1990	13,8	5,9	23,6	11,2	6,0	11,5	8,9	1,6	1,1	24,8	29,8	34,2	172,4
1991	36,3	0,0	0,6	19,5	50,1	17,7	13,0	3,4	9,0	0,0	34,8	7,7	192,1
1992	8,5	21,2	6,2	22,6	16,1	6,8	0,0	5,0	11,3	3,7	0,0	21,4	123,8
1993	11,2	12,1	16,9	28,1	14,5	1,2	0,8	0,4	1,8	3,7	24,1	2,5	124,3
1994	24,7	4,4	46,8	4,5	45,1	5,9	7,2	4,8	12,7	4,1	0,4	19,3	179,9
1995	14,9	9,7	22,3	15,7	6,5	2,8	15,5	1,8	5,9	5,2	3,1	6,7	110,1
1996	11,0	17,0	17,0	17,0	21,0	18,0	15,0	15,0	18,0	22,0	12,0	20,0	203,0
1997	20,0	18,0	21,0	25,0	19,0	19,0	17,0	15,0	15,0	15,0	18,0	21,0	223,0
1998	24,7	17,1	73,9	25,5	7,7	0,7	8,3	5,8	16,0	5,2	0,8	9,0	194,7
1999	0,7	7,1	0,0	8,0	39,3	10,2	11,5	15,9	0,0	4,5	28,1	0,3	125,6
2000	16,3	6,8	7,3	2,9	6,2	7,2	3,0	1,4	0,6	12,3	3,1	11,5	78,6

Таблица 1.3
Среднемесячные наблюдения относительной влажности воздуха, %
метеостанция «Муйнак»

Годы наблюдений	Месяцы												Средне-годовая влажность воздуха
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1990	85	87	73	73	59	55	52	62	60	80	83	89	71,5
1991	86	82	81	76	69	55	52	49	60	62	84	86	71,0
1992	86	85	79	72	63	52	39	33	55	65	66	78	64,4
1993	74	70	73	74	71	59	56	56	54	62	83	91	68,6
1994	89	82	82	58	51	49	44	37	57	68	84	79	65,8
1995	78	84	89	67	43	46	47	47	62	67	72	86	65,6
1996	91	79	76	63	63	42	43	46	52	65	76	95	65,9
1997	97	94	72	66	49	40	40	45	53	71	83	88	66,5
1998	92	85	88	62	60	61	61	52	56	65	74	83	69,9
1999	83	77	60	60	59	51	61	50	62	64	75	71	64,4
2000	84	71	59	57	57	55	52	50	60	68	7,6	94	65,2

Таблица 1.4
Среднемесячная скорость ветра, м/с метеостанция «Муйнак»

Годы наблюдений	Месяцы												Средне-годовая скорость ветра
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1990	3,4	3,6	3,8	3,5	4,4	4,0	3,5	3,3	3,5	3,4	3,9	3,1	3,6
1991	3,7	4,1	4,0	4,3	4,3	3,3	3,2	3,3	3,5	3,0	3,3	3,8	3,6
1992	3,5	3,4	4,2	4,2	3,5	3,7	3,4	3,2	3,2	3,3	3,4	2,1	3,4
1993	3,0	3,9	4,0	4,6	4,1	3,5	3,2	3,0	3,9	3,1	3,3	2,9	3,5
1994	3,4	4,4	3,8	4,0	3,4	3,8	2,8	3,8	3,5	3,3	3,6	3,6	3,6
1995	3,5	2,6	4,7	4,7	4,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,4	3,5	3,7	3,7
1996	3,4	4,3	4,7	4,4	4,4	4,1	3,7	4,0	4,2	37	3,2	4,0	4,0
1997	4,0	4,5	4,6	4,6	4,1	4,1	3,7	3,8	3,7	3,3	3,8	4,1	4,0
1998	3,5	4,6	4,8	5,3	4,5	3,8	3,3	3,4	3,4	3,5	4,0	3,4	3,9
1999	4,0	4,1	4,5	4,5	5,0	3,9	3,8	4,2	3,8	4,5	4,6	4,0	4,2
2000	4,5	4,7	4,9	4,2	4,8	4,0	4,1	3,5	3,7	3,3	3,6	3,2	4,0

Зима (декабрь – середина марта) умеренно холодная, малоснежная, преимущественно с пасмурной погодой. Устойчивые морозы начинаются со второй половины декабря. Самый холодный месяц январь. Температура

воздуха днем 0–5°C, ночью от –10°C до –15°C, минимальная до –34°C, среднемесячная за последние годы от –2,4 до –10,1°C. Днем бывают оттепели с температурой воздуха в январе до 6°C, в феврале до 14°C.

Весна (середина марта-май) с неустойчивой погодой. Температура воздуха днем 5–15°C, ночью 5–10°C. Последние заморозки бывают во второй половине апреля.

Лето (май-сентябрь) сухое и жаркое. Температура воздуха от 25 до 32°C, максимальная 43°C, ночью от 12 до 18°C. Самая высокая среднемесячная температура в июле 27–28,5°C. Относительная влажность воздуха днем падает до 25%, ночью до 48%.

Осень (октябрь-ноябрь) сухая с ясной погодой. Температура воздуха днем от 7 до 16°C, ночью от 4 до –3°C. Заморозки по ночам начинаются во второй половине октября.

Южная часть Аральского моря и пустыни Аралкум относятся к зоне слабоувлажненной атмосферными осадками. За последние девять лет минимальное количество осадков 123,8 мм выпало в 1992 г., а максимальное 223,0 мм в 1997 г. Осадки выпадают преимущественно весной – в марте, апреле и мае. На остальные сезоны приходится до 40–50%, в том числе на зиму около 30%. Самые сухие месяцы июль-август, среднемесячные показатели которых 5–15,5 мм. Зимой осадки выпадают, главным образом, в виде снега. Устойчивого снежного покрова не бывает. Толщина его, обычно, не превышает 10 см. Снег, как правило, через непродолжительное время стает. Общее количество дней со снегом зимой не превышает 30. Но бывают отдельные зимы с устойчивым снежным покровом.

Ветры в течении года северо-восточные (до 30%) и восточные. Преобладающая скорость ветра 4–6 м/с.

Таким образом, усыхание Аральского моря повлекло за собой изменение климатических и метеорологических условий Приаралья. Эти изменения охватывают прежде всего приморскую полосу шириной до 100 км.

Климат Приаралья стал более континентальным. Амплитуда летних и зимних температур на прибрежных станциях увеличилась на 1,5–2,5°C. На 0,5–3,5°C возросла амплитуда суточных температур. Число дней с пыльными бурями увеличилось в прибрежных районах более чем на 50%, а в отдельных пунктах в 3,5 раза. Так, количество дней с пыльными бурями и пыльными поземками по годам составляют 29–90 (м. ст. Муйнак).

В докладе В.Е. Чуба «Обзор научных проблем и проблем окружающей среды в бассейне Аральского моря» сделанном на научно-практическом семинаре г. Ташкент, май 1994 г., отмечено, что по данным

САНИГМИ в год с акватории моря выносятся 53 млн. т солей, с зоны осушки 57 млн. т, солончаков 13 млн. т. Зона выноса пыли и соли охватывает обширные площади, распространяясь в основном на запад и юго-запад на расстояние более 500 км от очага зарождения. Рассчитана масса выпадения песка и соли. Выделено три зоны испытывающие воздействие солепылевыноса. Первая шириной до 100 км от границы обсыхания. Плотность выпадения песчано-солевого потока в ней 1500–2500 кг/га в год. Вторая протяженностью до 500 км от границы обсыхания, плотность выпадения 500–1000 кг/га в год. Третья протяженностью более 500 км, выпадения 100 кг/га в год.

Увеличение солевого выноса в атмосферу сказалось на минерализации атмосферных осадков, которая возросла в Приаралье в 6–7 раз. Увеличилось содержание аэрозолей (пыли) в атмосфере до 8 ПДК, достигая 10–12 ПДК во время пыльных бурь.

В итоге можно сказать, что южная часть обсохшего дна Арала, как и прилегающая дельта Амударьи, относится к зоне пустынь суббореального резко континентального климата. Высокие температуры наряду с устойчивыми ветрами, особенно в дневные часы, способствуют развитию процессов соленакопления и интенсивному испарению почвенной влаги (до 1900–2000 мм/год), что увеличивает податливость почво-грунтов ветровой эрозии и формированию золотых ландшафтов.

1.5. Роль поверхностных и подземных вод в становлении и развитии ландшафтов

Большая роль в формировании ПТК принадлежит гидрологическому и гидрогеологическому факторам. В результате стока речных вод по Казахдарье и системе Кунград-Муйнакских каналов и строительству перекрывающих плотин на обсохшем дне моря образовались озерно-болотные комплексы – Жылтырбаса, Рыбачьего и Муйнакского водоемов. Деятельность речных амударьинских вод и водотоков возникающих при периодических прорывах, расположенных в пределах дельты озера Судочьего, Майлиозека, Думалака, а на обсохшем дне – Жылтырбаса, не только осложняет структуру предшествующих ландшафтов, но и формирует качественно новые ландшафты, наложенные на обсохшее дно моря. Так, в результате стока по устьевым руслам Амударьи – Инженерозеку, Аккаю и Урдабаю, которые в 1970–1990 гг. продвигались на север вслед за отступающим морем, на его обсохшем дне образовались три, описанных выше прирусловых вала. Периодическому сбросу с Майлиозека, Думалака и Жылтырбаса обязаны своим происхождением многочисленные широкие и глубокие русла и ложбины стока,

осложняющие и видоизменяющие ландшафт бывшей береговой зоны и обсохшего дна в районе Аббаса и Аккалы, за счет периодического стока по этим руслам здесь также возникли юлгуново-тростниковые заросли занимающие обширную зону между Абассом и Жылтырбасом и к северу от последнего. В результате периодического сброса из Рыбацкого водохранилища в Инженерозек на его продолжении, севернее кладбища кораблей, образовалось новое русло, заросшее юлгуном и тростником.

Гидрохимическая характеристика Муйнакского и Рыбацкого водоемов дана К.М. Атаназаровым с соавторами (1998). По данным этих исследователей общая минерализация вод водоемов по годам составляет 1,2–3,6 и 2,1–3,3 г/л, соответственно. Максимальное содержание солей отмечается в осенне-зимнее время. В ионном составе преобладают сульфаты до 1572 мг/л и хлориды до 1326 мг/л, из катионов Na + K (209–710 мг/л). Содержание Са в течении года изменяется от 74 до 410 мг/л, а магния от 30 до 210 мг/л.

По классификации О.А. Алекина эти воды относятся к хлоридно-сульфатному типу.

Не менее важная роль в становлении и развитии ландшафтов принадлежит и грунтовым водам, показанным на гидрогеологической карте (рис. 1.4, 1.5). От глубины их залегания и минерализации зависит степень увлажнения грунтов и дренированность территории, которая во многом определяет характер и направленность развития ряда природных процессов и в первую очередь главенствующих на обсохшем дне моря процессов засоления и эоловых, определяющих облик солончаковой пустыни обсохшего дна моря. Так с близким залеганием и разгрузкой сильноминерализованных грунтовых вод и рассолов связано образование морских солончаков лагуны Сургуль и Муйнакского взморья.

Как видно из рис. 1.4, обозначения: I – Распределение водоносных горизонтов и комплексов: 1 – слабоводоносный подводно-дельтовый и морской верхнечетвертичный и современный комплекс. Пески, супеси, суглинки, глины; 2 – водоносный аллювиально-озерный верхнечетвертичный и современный комплекс. Пески, супеси, суглинки, глины; 3 – водоносный альб-коньякский комплекс. Пески, песчаники с прослоями глин и алевролитов. II – Распространение водоупорных пород: 4 – водоупорный акчагыльский локально-водоносный комплекс. Глины, сульфатные соли (только на разрезах), 5 – водоупорный сантон-олигоценный комплекс. Глины, мергели, 6 – границы водоносных горизонтов, комплексов. III – Питание и направление движения подземных вод: 7 – гидроизогипсы первых от поверхности водоносных горизонтов и комплексов, 8 – водоемов, озера, питающие подземные воды,

9 – сухие русла дренирующие подземные воды. IV – Водоупорные: 10 – скважина, цифры: вверху – номер на карте; слева в числителе – дебит, л/с; в знаменателе – понижение, м; справа в числителе – глубина установившегося уровня воды, м; в знаменателе – минерализация, г/л; 11 – шурф: его номер; справа в числителе – глубина установившегося уровня воды, м; в знаменателе – минерализация, г/л. V – Минерализация и химический состав воды: 12 – 25–35 г/л, 13 – 35–50 г/л, 14 – > 50 г/л, 15 – граница участков с различной минерализацией подземных вод. VI – В водоупорных на карте. Воды: 16 – с преобладанием хлоридного аниона, 17 – двухкомпонентные: а) сульфатно-хлоридные; б) хлоридно-сульфатные; 18 – линии гидрогеологических разрезв.

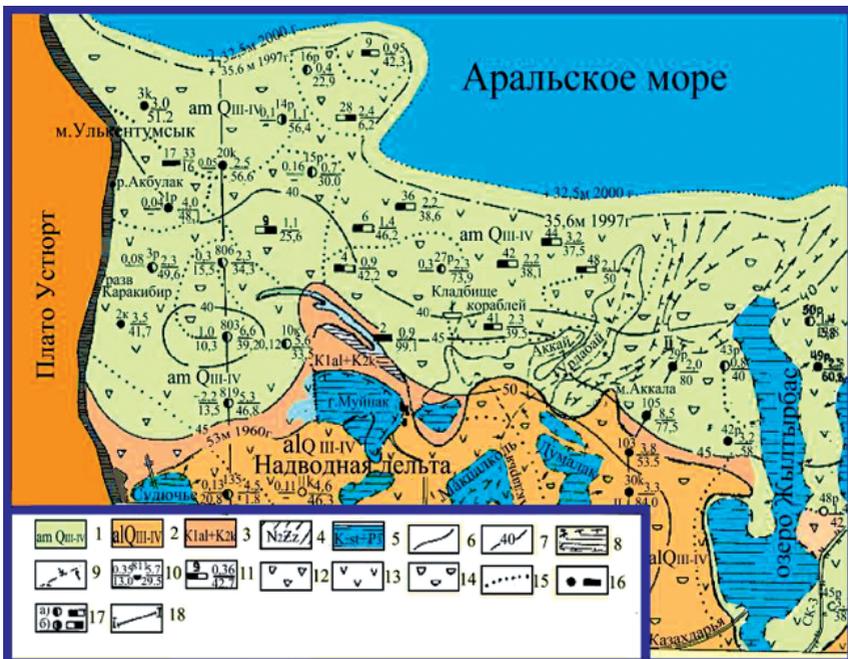


Рис. 1.4. Гидрогеологическая карта южной части обсохшего дна Аральского моря

Эти же факторы определяют ландшафты корковых и корково-пучлых приморских солончаков и избыточно гидроморфных солончаков последних лет осушки с рапными самосадочными лужами. Поэтому химический состав солей почво-грунтов и грунтовых вод обсохшего дна

моря идентичен и различается только по количеству солей (Рафиков, 1982). Слабая наклонность обсохшего дна (0,0002–0,0005) обуславливает значительное влияние вглубь суши гидростатического давления моря, что сказывается и на неглубоком залегании уровня грунтовых вод (УГВ). В целом, УГВ постепенно снижается от современного уреза моря, вблизи которого он смыкается с дневной поверхностью, к югу, в сторону коренного берега. Так в 5–6 км южнее современного уреза моря (32,5 м абс., 2000 г.) УГВ – 0,5 м. Еще в 20–25 км южнее в Аджибайском заливе УГВ вскрывается уже на 5 м, а в районе Аджибайского пляжа достигает 6 м. На протяжении всего вала Архангельского УГВ не опускается ниже 2–2,5 м, что очевидно связано с широким развитием в разрезе хорошо промытых песков. В пределах аванделъты Амударьи, между морем и устьевыми частями Инженерозека, Аккая и Урдабая, отмечается также сравнительно незначительное понижение уровня грунтовых вод, всего на 3 м.

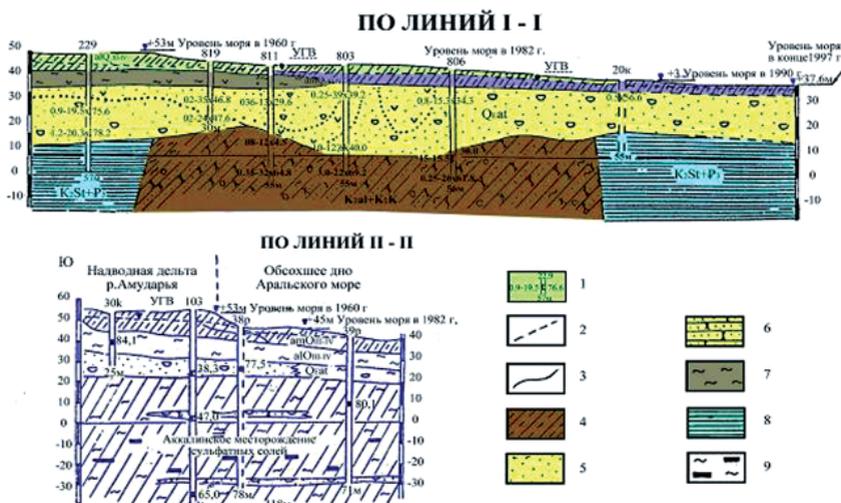


Рис. 1.5. Разрезы к гидрогеологической карте:

- 1 – скважина: цифра сверху – ее номер на карте. Закраска соответствует химическому составу воды в опробованном интервале. Цифры: слева первая – дебит, л/с; вторая – понижение, м; справа – минерализация, г/л; внизу – глубина скважины, м;
- 2 – разломы гидрогеологического значения которых не установлено; 3 – граница между гидрогеологическими подразделениями. Литологический состав пород;
- 4 – суглинки, супеси; 5 – пески; 6 – песчаники;
- 7 – глины в составе водоносных и локально-водоносных горизонтов и комплексов;
- 8 – глины в составе водоупорного комплекса; 9 – соленосные отложения

По данным В.Н. Соколова (Пинхасов и др., 1999) грунтовые воды четвертичных отложений обсохшего дна моря по классификации В.И. Вернадского характеризуются как соленые (10–50 г/л) и рассолы (50–150 г/л). Первые имеют повсеместное распространение. На подавляющей части площади минерализация их составляет 30–50 г/л. Лишь в хорошо промытых песках вала Архангельского местами отмечается снижение минерализации до 18–26 г/л, а одним шурфом была вскрыта вода с аномально низкой для обсохшего дна минерализацией 6,8 г/л. Эти воды с относительно пониженной соленостью залегают тонкой пленкой на сильно минерализованных и образуются, очевидно, за счет атмосферного питания и конденсации.

Застойный или близкий к нему режим грунтовых вод и преобладание вертикально водообмена обуславливает концентрацию ионов хлора и натрия в их составе, вследствие чего они имеют сульфатно-хлоридный тип с повышенным содержанием натрия. Как впервые отметил А.А. Рафиков (1982) химический состав грунтовых вод в целом аналогичен составу морских вод, несмотря на большое содержание отдельных ионов. Подтверждается и отмеченная А.А. Рафиковым закономерность, что содержание хлора растет пропорционально степени минерализации грунтовых вод. При повышении минерализации грунтовых вод более чем 50 г/л и переходе их в рассолы, они становятся хлоридными. Рассолы с минерализацией 60–75 г/л развиты в центральной части обсохшего Аджибайского залива, напротив Тигрового хвоста и в 5–6 км, полосе вдоль Аккала-Узункаирского пляжа. Максимальная минерализация до 200 г/л отмечается в шорах лагуны Сургуль и понижении Муйнакского взморья, где происходит локальная разгрузка грунтовых вод.

Таким образом, режим и химический состав грунтовых вод обсохшего дна моря определяется не только влиянием моря, но и во многом зависит от характера строения рельефа дна и литологии водовмещающих пород. Наряду с поверхностными водами эти воды оказывают значительное воздействие на развитие природных процессов, во многом определяющих облик ландшафтов.

1.6. Почвы и их влияние на развитие ландшафтов

Почвы обсохшего дна Аральского моря несмотря на свою молодость, отвечающей появлению морского дна на дневную поверхность, т.е. времени осушки, являются объектом пристального изучения. Факторы почвообразования, развитие, типизация и детальная характеристика почв освещены в работах Т.Ф. Некрасовой (1979), А.А. Рафикова, Г.Ф. Тетюхина (1981), А.А. Рафикова (1982), М.Е. Бельгибаева и др. (1983),

С. Кабулова (1990), С. Кабулова, М. Ганиева (1999), В.Г. Попова, В.Е. Сектеменко и др. (1990), В.Е. Сектеменко и др. (1991), Т.М. Таирова (1993), Б. Жоллыбекова (1995).

Результаты исследования этих ученых положены в основу характеристики самих почв. На обсохшем дне моря развиты крайне примитивные почвы. Так на осушке последнего десятилетия они находятся в начальной стадии своего формирования, а почвы более ранней осушки уже прошли определенную эволюцию.

Как отмечают все исследователи, на обсохшем дне моря складываются разнообразные условия почвообразования, что предопределяет разнонаправленность развития первичного почвенного покрова. Некоторые почвы не достигнув своего полного генетического формирования, эволюционируют в другие типы и подтипы, в основном, на уровне солончаков. Последние, как и песчаные почвы, обладают определенным плодородием, позволяющим произрастанию растительности.

В.Г. Попов и В.Е. Сектеменко выделяют на обсохшем дне моря следующие разновидности приморских почв: солончаки автоморфные и полуавтоморфные, солончаки гидроморфные и полугидроморфные, пустынные песчаные почвы, разнообразные пески.

Солончаки приморские автоморфные и полуавтоморфные. Автоморфные солончаки развиты в Аджибайском заливе и прилегающей к нему с севера причинковой части обсохшей акватории до широты р.Акбулак. Представлены они корковыми, корково-пухлыми и пухлыми разновидностями. В основном они глинистые, тяжело- и среднесуглинистые на слоистых отложениях различного механического состава с преобладанием глин и суглинков, сформированных в результате совместной деятельности реки и моря.

В начальной стадии обсыхания дна моря, при уровне грунтовых вод 0,5–3 м, развиваются гидроморфные и полугидроморфные солончаки (Рафиков, 1982).

По прошествию двух с лишним десятилетий почвогрунты высыхают и растрескиваются, а УГВ снижается до 3–5 м, а местами до 5–10 м. Гидроморфные и полугидроморфные солончаки трансформируются в полуавтоморфные и автоморфные. Одновременно с понижением капиллярной каймы вынос солей к поверхности прекращается. Проявляется тенденция к отакириванию почв. Как отмечают В.Г. Попов, В.Е. Сектеменко и Т.М. Таиров профиль этих солончаков очень сильно засолен. Максимум содержание солей от 1–5 до 16–27% приходится на корковый и подкорковый горизонты. Вниз по профилю содержание солей уменьшается. В нижних горизонтах часто вновь отмечается повышенное содержание солей до 1–3%, формирующихся за счет современных глубоко

залегающих сильно минерализованных грунтовых вод. Тип засоления почвогрунтов сульфатно-хлоридный натриевый, кальциево- и магниевонатриевый. В корке содержатся соли NaCl – 43–70 % от суммы солей, MgSO_4 – 12–19 %, CaSO_4 – 7–12 % (Таиров, 1993).

Соляная корка 0,2–0,5 см бронирует поверхность почвы и предохраняет залегающий под ней порошисто-пухляковый горизонт 1–3 см от развевания. Солепылевынос с этих солончаков незначительный. Этому способствует также густой покров сухой однолетней солянки, многие годы предохраняющей грунты от развевания.

Среди полуавтоморфных солончаков доминируют корковые и коркопухлые, местами встречаются пухлые. Белая тенардитовая пушонка этих солончаков легко подвержена ветровому выносу в атмосферу. В настоящее время полуавтоморфные солончаки полосой шириной до 2–6 км обрамляют зону развития автоморфных солончаков Аджибайского залива и на севере доходят до широты мыса Улькентумсык.

В пределах подводной дельты между Инженерозеком и Урдабаем полуавтоморфные солончаки практически отсутствуют, так как здесь полугидроморфные солончаки с УГВ до 3 м местами вплотную подходят к аллювиальным русловым валам наложенным на обсохшее дно моря. На востоке полуавтоморфные солончаки тянутся сравнительно узкой полосой 2–3 км вдоль перевеянного Аккала-Узункаирского пляжа.

Солончаки приморские полугидроморфные и гидроморфные. В условиях крайне замедленного оттока и близкого залегания уровня грунтовых вод 2–3 м образуются полугидроморфные почвы, а в условиях постоянного избыточного увлажнения, при УГВ 0–2 м, гидроморфные почвы (Сектеменко и др., 1990). Последние подразделяются на избыточно гидроморфные с УГВ 0–1 м и умеренно гидроморфные с УГВ 1–2 м. На западе, между чинком Устюрта и валом Архангельского, полугидроморфные и гидроморфные солончаки начинаются в 50–60 км севернее коренного Аджибайского берега. Здесь ширина полосы их развития до уреза моря 2000 г. (32,5 м абс.) составляет 15–20 км. В центре, в пределах авандельты Амударьи и к востоку от Аккала-Узункаирского пляжа, ширина полосы их развития увеличивается до 30–40 км. Последнее связано с подтоком со стороны частично-обводненной надводной дельты Амударьи и наличием обширного Жылтырбасского сбросного озера, поддерживающего высокий УГВ на прилегающих пространствах.

На западе полугидроморфные приморские солончаки развиты между родником Акбулак и мысом Улькентумсык. Здесь они отвечают 6–8 км полосе осушке 1986–1987 гг. (40 м абс.) и осушке 1990 г. (38,2 м абс.). Солончаки корковые, реже корково-пухлые, суглинистые, отакыривающиеся. Грунтовые воды залегают на глубине 2–3 м, минерализация их

36–56 г/л. Тип минерализации в основном хлоридный и сульфатно-хлоридный. Профиль этих солончаков довольно однородный. Доминируют тяжелые суглинки и глины. Бронированы они соляно-гипсовой коркой с многочисленными бугорками и валиками вспучивания. После дождя и снега поверхность корки во многих местах разрушается. В ней образуются многочисленные провалы. Летом корка вновь восстанавливается. Как и автоморфные солончаки данные солончаки также подвержены растрескиванию, но трещины усыхания находятся еще в стадии своего развития.

В пределах авандельты Амударьи полоса развития полугидроморфных солончаков значительно шире 15–20 км. На юге они здесь вплотную подступают к аллювию Инженерозека, Аккая и Урдабая и контролируются полугоризонталью 50 м абс.

На севере граница их распространения отвечает горизонтали 40 м абс. Здесь они развиты на отложениях более легкого механического состава. Профиль этих солончаков слоистый. В нем подводно-дельтовые супеси, суглинки и пески переслаиваются с близкими по составу отложениями аллювиального генезиса. Часто верхние покровные слои песков, супесей или алевроитов (0,1–0,2 м) на больших площадях, частично или полностью удалены ветром, а сами пески перемещены к югу на несколько километров, образуя узкие цепи фитобугров заросших тамариксом. Поверхность таких солончаков сложена залегающими вторыми от поверхности светло-коричневыми растрескавшимися и отакыренными глинами. Как и на западе полугидроморфные солончаки авандельты корковые, корково-пухлые, реже пухлые. Профиль почв сильно засолен и содержит от 0,5 до 3% и более солей. Максимум содержания солей приурочен к верхнему горизонту 6–20%. В нижней половине почвенного профиля образуется второй максимум солей до 1–4%. Тип засоления почво-грунтов по анионам преимущественно сульфатно-хлоридный и хлоридный; при легком механическом составе – хлоридно-сульфатный и сульфатный. По катионам – натриевый, реже кальциево- и магниевонатриевый. Аналогичное строение имеют и полугидроморфные солончаки, расположенные севернее Аккала-Узункаирского перевеянного пляжа.

Севернее полугидроморфных солончаков на осушке последнего десятилетия (1990 г., уровень 38,2 м абс.), развиты приморские гидроморфные корковые и избыточно гидроморфные лужа-рапные глинисто-суглинистые солончаки. Полоса их развития достигает 12–15 км. При близком залегании грунтовых вод (0,5–1 м) и высокой их минерализации 50 г/л в пределах гидроморфных солончаков капиллярная кайма достигает дневной поверхности и выносимые капиллярным током соли образуют на поверхности почвы влажную корочку, содержащую 6–21%

солей. Тип засоления почво-грунтов в основном сульфатно-хлоридный и натриевый. Ближе к морю, в пределах избыточно гидроморфных солончаков, уровень грунтовых вод смыкается с дневной поверхностью. Небольшие западины дна здесь заняты рапными лужами в которых кристаллизуются квадратные кристаллы галита и длинные щепковидные (4–5 см) кристаллы мирабилита. В высохших лужах кристаллический галит тонким слоем покрывает поверхность, а мирабилит обезвоживаясь превращается в тенардитовую пушонку. Формирование крупнокристаллической соли на обсыхающих открытых побережьях началось с 1995 г. и ранее не наблюдалось. При этом кристаллизация соли отмечается лишь на избыточно гидроморфных солончаках тяжелого иловато-глинистого состава и отсутствует в пределах узкой полосы (3–5 км) избыточно гидроморфных песчаных солончаков вала Архангельского, которые покрыты лишь тонкой соляной корочкой.

В подводной дельте Амударьи гидроморфные солончаки корковые и пухлые супесчано-суглинистые. На юге они контролируются горизонтально 40 м абс., а на севере осушкой 1990 г. (38,2 м абс.). Севернее них расположены избыточно гидроморфные солончаки с УГВ 0–1 м. Западнее Жылтырбаса наблюдается аналогичная зональность, но здесь солончаки корково-пухлые супесчано-алевритовые. Избыточное увлажнение за счет близости Жылтырбаса позволяет произрастать здесь сочной красной солянке, а ближе к озеру тростнику, в то время как описанные выше приморские солончаки, осушки после 1990г, лишены какой-либо растительности.

В узкой береговой полосе до 0,5 км, куда во время штормов заходит морская вода, образуются маршевые солончаки. В результате смывного водного режима соляная корка здесь не образуется.

Содержание солей в поверхностном горизонте увеличивается до 3–10%, тип засоления сульфато-хлориднонатриевый.

Злостные соровые солончаки корково-пухлые, ранних лет осушки развиты на песках лагуны Сургуль и бывшего Муйнакского взморья. Высокоминерализованные грунтовые воды (100–200 г/л) залегают здесь на глубине 0,4–0,7 м. Максимальное количество солей приурочено к солевой корке (15–16%). Вниз по профилю содержание солей уменьшается, но остается высоким 1,5–2,5%. Тип засоления сульфатно-хлоридный и натриево-хлоридный. В жаркое время солончаки покрыты тенардитовым пухляком (1–2 см). К осени пухляк сдувается, но затем вновь восстанавливается, что делает эти солончаки неиссякаемым источником солевых выносов.

Песчаные почвы. Формируются на песках бывших пляжей и берегового склона, на меридионально вытянутых на 50 км песках подводных отmelей вала Архангельского и бывшего Ержарского мелководья. В причинковой береговой полосе и в пределах сильно переветренного Аджибайского пляжа

песчаные почвы автоморфные. Далее к востоку вдоль всего бывшего берега полуавтоморфные, а в пределах вала Архангельского и Ержарской отмели, разделяющей озеро Жылтырбас на две части – гидроморфные. Песчаные почвы пляжей, берегового склона, и развитые здесь бугристо-барханные эоловые пески хорошо заросли белым саксаулом и тамариксом. В верхних горизонтах этих почв содержится 0,2–0,4 % солей, за исключением самого верхнего, в котором солей более 1 %. В редких суглинистых прослоях встречающихся в профиле этих почв количество солей увеличивается до 1–2 %. Тип засоления в верхних горизонтах по анионам хлоридно-сульфатный и сульфатный. В средней части профиля – хлоридный, а внизу сульфатно-хлоридный. По катионам преимущественно натриевый. Смещение хлоридов в среднюю часть профиля свидетельствует о тенденции к рассолению. В пределах барханных массивов верхняя часть профиля (0,6–0,8 м) практически обессолена и содержит 0,1–0,3 % солей. Ниже содержание их увеличивается до 0,6–1,2 %. Тип засоления хлоридно-сульфатный натриево-кальциевый, реже натриевый.

На валу Архангельского, несмотря на гидроморфный режим увлажнения, обсохшее дно представляет собой песчаную пустыню. Здесь поля площадной дефляции и широкие плоские межбарханные понижения с редким сенгренем и небольшими островками редкого угнетенного тростника сочетаются с голыми подвижными барханными цепями. Мелкоземистые суглинистые прослои встречаются в профиле этих гидроморфных почв крайне редко. Они больше характерны для Ержарской отмели.

В целом, засоление этих почв выше чем автоморфных, хотя содержание солей в верхних горизонтах редко превышает 3 %. Тип засоления по анионам сульфатно-хлоридный, по катионам преимущественно кальциево-натриевый. Переветание песчаного материала сопровождается потерей воднорастворимых солей, которые уносятся ветром в атмосферу.

Поэтому барханные пески содержат на 60–70 % солей меньше, чем пески субстрата. Дальнейшее переветание песков приводит почти к полному их рассолению.

Остаточно-луговые почвы. На прирусловых валах Инженерозека, Аккая и Урдабая первоначальные гидроморфные и полугидроморфные луговые пойменно-аллювиальные почвы после прекращения в 1990 г. стока по этим руслам и общего понижения УГВ в дельте, повлекшие ее обсыхание и опустынивание, вступили в фазу пустынного автоморфного почвообразования и перешли в остаточно-лугово-такрыные и пустынно-песчаные почвы. Как отмечено в разделе 1.2 профиль этих почв представлен переслаиванием песков, алевритов, супесей и суглинков.

Особенностью их является то, что капиллярная кайма расположена в них на глубине 3–5 м, т.е. отвечает тальвегам основных русел, которые

ныне выполняют роль дрен. Основными особенностями остаточно-луговых почв являются:

- сравнительно большое количество гумуса в верхних горизонтах;
- верхняя часть профиля хорошо проработана корнями и землероями;
- остаточные признаки окислительно-восстановительных процессов развитых не с поверхности, а на некоторой глубине.

Остаточно-луговые почвы не засолены или слабо засолены. Тип засоления в верхних горизонтах по катионам кальциевый, в средних и нижних – кальциево-натриевый и магниевый-натриевый. По анионам, в верхних горизонтах сульфатный и хлоридно-сульфатный, в более глубоких сульфатно-хлоридный и хлоридный.

В заключении можно сказать, что при продолжающемся снижении уровня Аральского моря и происходящим вслед за этим понижением УГВ решающую роль играют аридно-зональные факторы обуславливающие быстрый переход гидроморфных почв в автоморфные пустынные почвы. На ранней стадии почвообразования при гидроморфном режиме увлажнения происходит интенсивный капиллярный вынос солей в верхние горизонты профиля и формирование солончаков. Затем по мере снижения УГВ, отрыва капиллярной каймы от дневной поверхности и ее понижения, вынос солей в верхние горизонты прекращается. С обсыханием почво-грунтов их песчаные разновидности начинают подвергаться ветровой эрозии, которая сопровождается мощным солепылевыносом.

1.7. Растительность и ее значение в развитии ландшафтов

Растительность является составной частью развития биоты ландшафта и играет важную роль в выполнении его функций. Обсохшее дно Арала представляет собой уникальную лабораторию природы. Здесь можно проследить, как на абсолютно голом, недавно вышедшем на дневную поверхность морском дне происходит зарождение, развитие, а часто и отмирание растительных ассоциаций, от самых простых однолетних солянок, до ряда растительных формаций, свойственных тому или иному ландшафту. При этом зарождение, развитие и смена одних формаций другими, или их сочетание отражает эволюцию самих ландшафтов и зависит прежде всего от провинциальных или местных особенностей обсохшего дна, состава донных отложений, их засоления, глубины залегания и минерализации грунтовых вод.

Пространственно-временная закономерность развития природной среды обсохшего дна Арала, которая в конечном итоге приводит к становлению зональных типов почв и растительности освещена в работах Г.Б. Макулбековой (1979), А. Бахиева (1979), И.П. Герасимова и др.

(1983), С. Кабулова (1990), С. Кабулова, М. Ганиева (1999), С. Кабулова и др. (1999). Как отмечает И.П. Герасимов и другие исследователи, это развитие происходит поэтапно. Выделяется шесть этапов. Первым двум этапам формирования маршевых и приморских солончаков присуще развитие галофитного сообщества, состоящего из однолетних солянок — солероса, сведы и лебеды. Следующий этап наступает на третий — четвертый год осушения дна моря, когда в результате иссушения поверхностного слоя отмирают однолетние галофиты и на приморских солончаках происходит внедрение в галофитную экосистему некоторых пустынных ксерофитов. На четвертом переходном этапе, который наступает на 4–5-й год, на легких донных отложениях и на 5–7-й год — на тяжелых, начинается образование пустынных биоконплексов. На донных отложениях легко механического состава появляются пустынные ксерофиты многолетники — тамариск, сарсазан и псаммофиты. На глинисто-суглинистых отложениях образуются корковые солончаки с сарсазанником. Затем на 10–11-й год наступает пятый этап. Начинается образование собственно пустынных ландшафтов. На развееваемых донных песках и отакирывающихся тяжелых почвогрунтах развивается многолетняя псаммофильная растительность с элементами лугово-тугайных фитоценозов. На 14–16-м году после осушения происходит опустынивание ландшафтов.

В настоящее время подтверждается прогноз сделанный И.П. Герасимовым с соавторами, что начиная с 1980 г., т.е. в полосе осушки 1980–1990 гг., ожидается начало неустойчивого первоначального соляноквого зарастания, а к 2000 году здесь будут развиты песчано-солянковые пустоши, занимающие 50–80 % площади данной полосы осушки. Этими исследователями был сделан прогноз и на последнее десятилетие текущего столетия. В полосе осушки 1990–2000 гг. зарастание будет затруднено из-за сильного засоления и, в основном, здесь сформируются безжизненные приморские злостные солончаки. Этот прогноз полностью подтверждается.

По нашим полевым наблюдениям отмечается следующее изменение растительных формаций по мере движения с юга на север, от коренного берега (53 м абс.) к осушке 1990 г. (38,2 м абс.), севернее которой, как отмечалось выше, растительность практически отсутствует. Вдоль всего коренного берега развита кустарниковая растительность. Пески Причинкового пляжа и берегового склона в полосе шириной до 2 км открыты, в основном, белым саксаулом. Наиболее густые заросли саксаула находятся южнее Аджибайского спуска. Но в целом для причинковой полосы кустарниковое покрытие составляет 10–30 %. Здесь кроме саксаула встречаются редкий тамариск, кандым, сингрэн и силен. Хорошее проективное покрытие 50–60 %, преимущественно тамарисковое характерно

для обрамления Рыбацкого залива. Аджибайский и Аккала-Узункаирский интенсивно перевеянные пляжи, в отличие от вышеописанных, покрыты относительно редким тамариском образующим фито-бугры высотой до 1–1,5 м. Довольно разнообразная кустарниковая растительность – кандым, белый саксаул, тамарикс, сингрэн (покрытие 20–30%), характерна для ровных и бугристо-барханных песков, узкой (5–6 км) полосой примыкающей к Тигровому хвосту и Муйнакскому взморью. Описанная кустарниковая растительность прослеживается до тригопункта Осман (41,7 м), расположенного в 8 км севернее дуги Тигрового хвоста. Далее к морю встречается лишь фрагментарно сохранившийся покров сухой лебеды, а затем идут абсолютно голые корковые приморские солончаки. Примыкающая к Причинковому заросшему пляжу, западная часть Аджибайского залива практически лишена растительности. В отличие от западной, центральная и восточная части Аджибайского залива хорошо заросла травянистой и кустарниковой растительностью. Так по центральной части залива и далее к северу до широты мыса Улькентумсык, т.е. до осушки 1990 г. 38,2 м абс., проходит полоса (5–6 км) довольно интенсивного тамарикового зарастания. Она обязана своим происхождением сбросу вод озера Судочьего. На частично перевеянных песках вала Архангельского зарастание тамариском отмечается до тригопункта Кандыргач (42,9 м), расположенному в 12 км, севернее старой метеостанции Тигровый хвост. Затем кустарниковая растительность становится крайне редкой. Далее к северу, на осевой зоне вала, фиксируемой горизонталью 40 м абс., встречается редкий сингрэн и островки угнетенного тростника.

На значительном пространстве между Муйнакским взморьем и русловым валом Инженерозека местность хорошо заросла тамариском, низким джингилом, местами угнетенным тростником. Здесь эта растительность распространена на 12–14 км севернее бывшего Пионер лагеря. Далее на север простирается приморская равнина с фрагментарно сохранившимся покровом сухой лебеды и сведы. Между Инженерозеком и Урдабаем, на прилегающей к Аккайскому прирусловому валу части обсохшего дна, наблюдаются крайне редкие фито-бугры тамарикса. Далее к морю растительность отсутствует. Вдоль Аккала-Узункаирского перевеянного пляжа вплоть до сбросных тростниковых зарослей на севере и озера Жылтырбас на востоке, четко выделяются три зоны различного зарастания. Первая, примыкающая к пляжу (ширина 5–6 км) интенсивно заросла молодым джингилом (до 1 м). Следующая к востоку зона имеет ширину до 10–12 км. Для нее характерен единственный тамарикс. Третья зона, имеющая ширину 5–6 км, тянется вдоль западного берега Жылтырбаса. На большем своем протяжении она поросла молодым

тамариксом (1–1,5 м). Проективное покрытие 20–30%. В непосредственной близости от воды начинаются тростниковые заросли.

Заповедная зона представляет собой новый обширный, так называемый Ержанский остров, разделяющий озеро Жылтырбас на две части – западную и восточную. Вся южная часть острова, вплоть до тригопункта Сопка (46,1), хорошо заросла высоким 2–3 м тамариксом. Проективное покрытие составляет 40–60%. Севернее Сопки, на расстоянии до 6–8 км, развиты ровные пески, покрытые сухим тростником и редким невысоким тамариксом. Далее к морю бархантные и ровные пески острова лишены растительности.

К 1990 году на осушенном дне Арала были созданы Муйнакское, Рыбацкое водоемы и озеро Жылтырбас. Вдоль периодических прорывов или сбросов с этих водоемов, на обсохшем дне, возникли своеобразные, временно обводняемые, тамарикс-тростниковые заросли. Они развиты не только в уже описанном Аджибайском заливе, но и на обширной площади севернее мыса Аккала и Жылтырбаса.

На прирусловых валах Инженерозека, Аккая и Урдабая растительность представлена типичным тугаем характерным для надводной дельты Амударьи. К настоящему времени тугай наполовину высох.

Обсохшая южная часть дна Арала характеризуется особенностями аридной пустыни. По данным С. Кабулова и др. (1999) на обсохшем дне моря преобладает травянистая растительность 59,6%, на кустарники приходится 26,8%, полукустарники и полукустарнички 11,6%, деревья 2,8%. Здесь произрастают деревья 2-х видов, кустарники и кустарнички – 20 видов, полукустарники и полукустарнички – 11 видов, многолетние травы – 26 видов, однолетние – 35 видов. Из этих 35 видов – 25 видов являются представителями семейства маревых.

Таким образом, в 1965–1990 гг. развитие растительности определялось пространственно-временной закономерностью формирования природной среды обсохшего дна моря и происходило поэтапно. В последнее десятилетие эта этапность нарушена. В результате повышения минерализации подземных вод и самого отступающего моря прекратилось зарастание галофитами приморских гидроморфных солончаков, ныне представляющих собой безжизненную соляно-корковую пустыню.

1.8. Формирование териофауны в новообразованных ландшафтах обсохшего дна Аральского моря

Первые достоверные сведения о распределении численности млекопитающих в новообразованных ландшафтах встречаются в работах Е.В. Востоковой (1969), С.В. Викторова (1979), М.Б. Аметова, Ж.С. Сапарниязова (1995), Р.Р. Реймова, С.К. Сеитназарова (1995), С.К. Сеитназарова, М.К. Карабекова, Р.Т. Тлеуова (2001) и многих других.

При написании данного раздела работы, кроме литературных данных, нами использованы собственные полевые наблюдения и кратковременные маршрутные обследования в период 1998–2001 гг. на осушенном дне моря.

Основные районы стационарных исследований ученых – зоологов, экологов и ботаников находятся в переходной зоне между опустынившейся частью дельты Амударьи и обсохшим дном Аральского моря. Ниже мы приводим краткое описание стационаров.

Стационар Акбеткей расположен в восточной части дельты, где нет резкой границы при переходе от одного типа пустынь к другому и бугристо-бархантные пески, образующие смешанные ландшафты особого типа чаще всего чередуются с солончаковыми депрессиями.

Стационар Ержан-Атау и прилегающие к нему территории расположены в восточной части бывшего залива Жылтырбас и представляет собой песчано-солончаковую равнину, заросшую различными кустарниками – тамариксом, карабараксом, жузгуном, боялышем, местами саксаулом. Этот район расположен в центральной части дельты, поэтому расселение основной териофауны происходит из нижнеамударьинской части Приаралья.

Стационар Аджибайского участка расположен в западной части дельты, у подножья восточного чинка Устюрта. Осушенное дно Аджибайского участка и моря – это песчано-солончаковая равнина, заросшая кустарниковыми и травянистыми растениями. Сюда поступают коллекторные воды из озера Судочье, создающие благоприятные условия для расселения некоторых видов млекопитающих.

На основании анализа почвенно-литологических и фитоценологических особенностей региона выделяются четыре биотопа (табл. 1.5, Реймова, Кенжебаев и др., 1992):

1. Черносахсауловый черкезник на слабо волнистой равнине, пересекаемый бугристыми песками; биотоп характеризуется обитанием 21 вида млекопитающих (из них 8 видов – грызуны) приуроченных в основном, к пустынным природным биокомплексам;

2. Закрепленные пески, дюны с зарослями тамарикса, жузгуна и другими многолетними кустарниками. Биотоп заселен 20 видами млекопитающих, среди которых 9 видов – грызуны.

3. Пухло-солончаковая равнина, в растительном покрове преобладают ксерофиты и галофиты. Биотоп характеризуется обитанием 21 вида млекопитающих, из них 10 видов – грызуны.

4. Вдоль магистральных коллекторов, увлажненные микропонижения, заросшие гидрофильной растительностью. Здесь зарегистрировано обитание некоторых влаголюбивых видов – пластинчатозубая крыса, ондатра и другие.

Млекопитающие южной части обсохшего дна Аральского моря
(Р. Реймов и др., 1992)

№ п/п	В и д	Стационары		
		Аджибай	Ержан-атау	Акбеткей
1	Ушастый еж	+	++	++
2	Заяц – песчаник	++	++	+++
3	Жултый суслик	+	+	++
4	Тонкопалый суслик	–	–	+
5	Малый тушканчик	++	++	++
6	Тарбаганчик	++	++	++
7	Мохноногий тушканчик	+	+	+
8	Пластинчатозубая крыса	+	++	++
9	Домовая мышь	++	++	++
10	Серый хомячок	+	+	+
11	Гребенщикова песчанка	+++	+++	+++
12	Полуденная песчанка	++	+++	+++
13	Краснохвостая песчанка	+++	–	+
14	Большая песчанка	+	++	+++
15	Обыкновенная слепушенка	+	++	++
16	Волк	+	+	+
17	Шакал	++	++	++
18	Обыкновенная лисица	+	+	++
19	Корсак	–	+	++
20	Ласка	–	+	+
21	Степной хорек	–	+	+
22	Перевязка	+	+	+
23	Барсук	+	++	+
24	Барханный кот	–	–	+
25	Камышовый кот	+	++	–
26	Джейран	–	–	+
27	Сайгак	+	–	–

Примечания:

Обилие: +++ – многочисленный вид;

++ – обычный вид;

+ – редкий вид;

– – вид отсутствует.

Как видно по составу животного населения вышеуказанных биотопов в новообразованных ландшафтах осушенного дна моря формирование фауны млекопитающих происходит за счет расселения видов, обитающих в ближайших экосистемах Северо-Западных Кызылкумов, дельты Амударьи и Устюрта.

В районе стационара, расположенного на обсохшем Аджибайском заливе, наряду с видами, обитающими в дельте Амударьи, отмечены виды Устюртского фаунистического комплекса, а в стационаре на обсохшем архипелаге Акбеткей преобладали виды из фауны Кызылкума.

Общая закономерность формирования ландшафтов обсохшей территории моря такова, что на начальном этапе (2–5 лет) происходит заселение мезофильными видами мелких млекопитающих, приуроченных к обитанию на увлажненных участках, затем с возрастанием процесса опустынивания и формирования пустынных растительных сообществ там преобладают псаммофильные животные.

На исследуемой территории обсохшего дна Арала обнаружено более 25 видов млекопитающих. Анализ табл. 1.5 показывает, что всего здесь зарегистрировано 27 видов относящихся к 5 отрядам и 11 семействам, в Акбеткейском архипелаге – 25 видов, из них многочисленных – 4, обычных – 10 и редких – 11 видов, в стационаре Ержан-атау и его окрестностях соответственно – 23, 2, 12 и 9 видов, на осушенном дне Аджибая и прилегающих частях – 21, 2, 6, 13 видов.

Как видно из приведенного выше материала изучение формирования териофауны в новообразованных ландшафтах обсохшего дна Арала позволяют нам сделать заключение, что необходимость дальнейшего проведения мониторингового исследования по распространению и численности всех видов животных, особенно псаммофильных грызунов, имеющих важное значение для определения эпизоотологического состояния на осушенной акватории моря.

Таким образом, в результате комплексного анализа основных природных факторов, принимающие участие в ландшафтогенезе южной части обсохшего дна Аральского моря установлено, что действительно они являются главными факторами в зарождении, становлении и развитии ландшафтных комплексов. При этом следует особо подчеркнуть роль климатических (солнечной радиации, деятельность ветра, атмосферных осадков и др.), рельефообразующих, гидролого-гидрогеологических и растительных факторов, которые в тесной взаимосвязи и взаимодействии в совокупности обуславливают формирования основных признаков и свойств естественно ограниченных морфологических частей ландшафтов и в целом самих ландшафтов. Но при этом нам кажется, факторы: климат – рельеф – грунты – грунтовые воды обуславливают водно-солевой режим и тип почв, а также характер и структуру аридных фитоценозов, которые являются неотъемлемой частью и определяющие свойства пустынных ландшафтов.

2. ЗАРОЖДЕНИЕ, СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОБСОХШЕГО ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

2.1. Методика исследований

Изучение ландшафтов обсохшего дна Арала основывалось на дешифрировании аэро- и космоснимков, сопоставлении топокарт различных лет издания, полевых и лабораторных исследованиях. Аэро- и космофотоматериалы имеются только на южную часть территории вышедшую из-под уровня моря к 1990 г. Более поздних аэро- и космоснимков нет. При дешифрировании аэроснимков масштаба 1:35000, прежде всего выделялись площади с различным геоморфологическим и геологическим строением, которые переносились на масштабированные фотосхемы масштаба 1:125000, а с них на топокарты масштаба 1:100000 и 1:200000, затем изучались и уточнялись при проведении наземных маршрутов. Кроме геолого-геоморфологических особенностей в районах ранней осушки и, особенно, вдоль коренного берега, по аэроснимкам были выделены площади с различной степенью зарастания кустарниками.

По аэро- и космоснимкам (залеты 1995 г.) были нанесены на карты Муйнакский, Рыбацкий водоемы, ограничивающие их дамбы и близкий к современному контур озера Жылтырбас. Эти объекты отсутствуют на последних, изданных в 1985–1986 гг., топокартах масштаба 1:200000. Материалы аэросъемки позволили также выявить и оконтурить места прорывов и временного стока в море вод из озера Судочье, Муйнакского водоема, Думалака и Жылтырбаса.

Сопоставление топокарт различных лет изданий дало возможность установить характер изменения природной среды и, особенно, таких наиболее динамичных ее компонентов как конфигурация береговой линии отступающего моря, скорость и направленность эолового преобразования обсыхающего дна, т.к. эоловые пески и их формы являются одним из основных компонентов рельефа, отражаемого на топокартах. Были проанализированы топокарты 1960 г., отвечающие полному Аралу уровня 53 м абс. Затем 1979 г. – 47 м абс, 1986 г. – 41 м абс. Береговая линия 1990 г. – 38,2 м абс. была нанесена с космоснимков этого года залетов. На северной части территории, т.е. осушки после 1990 г., где топооснова отсутствует были проведены топогеодезические работы. Это

позволило установить абсолютные отметки обсохшего дна, отбить береговую линию и определить уровень Аральского моря, который на 12 декабря 1997 г. равнялся 35,67 м абс. В конце 2000 года уровень Арала по данным Гидромета составил 32,58 м абс. (октябрь).

Ландшафтные исследования обсохшего дна проводились методом площадной съемки и по сети меридиональных и широтных профилей в масштабе 1:100000 и 1:200000. Было пройдено 22 меридиональных и ряд широтных профилей, которые осуществлялись на основе нивелирования (рис. 2.1).

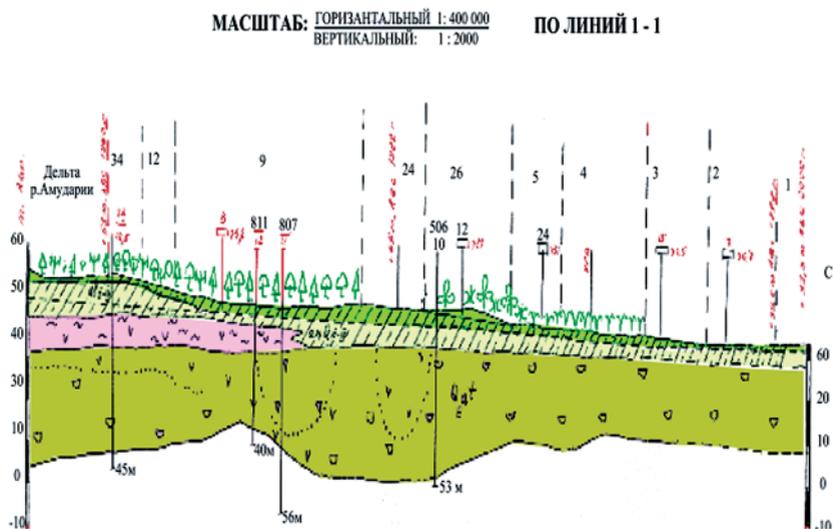


Рис. 2.1. Ландшафтный профиль обсохшего дна Аральского моря (Аджибайский залив)

Опорные меридиональные профили на юге начинались, как правило, от коренного берега, а на севере заканчивались у современной береговой линии, или в 3–5 км от моря, когда подойти к нему по жидкому и вязкому илу было практически невозможно. Расстояние между профилями не превышало 4–5 км, а между точками наблюдения и отбора проб грунта на различные виды анализов 2–3 км и менее. Аэрометоды, продольное и поперечное профилирование позволили откартировать все наблюдаемые площадные природные объекты. Главное внимание при полевых исследованиях уделялось комплексному изучению основных свойств ландшафтов: геологическому строению, вещественному составу

и засоленности почво-грунтов, рельефу, рельефообразующих процессов, характеру растительных ассоциаций.

Выявлялась закономерность приуроченности различных элементов рельефа к различным по генезису четвертичным образованиям, а также зависимость характера растительности от рельефа, состава донных отложений и времени осушки. Отложения обсохшего дна моря изучались по многочисленным закопушкам, шурфам и керну скважин. Основное внимание уделялось структурным и текстурным особенностям четвертичных отложений, необходимым для выявления их генетической принадлежности.

При документации закопушек, шурфов и скважин из различных литологических разностей пород отбирались образцы на механический и минералогический анализы, а для определения засоления почв и пород зоны аэрации, образцы передавались на водные вытяжки в лабораторию. Результаты лабораторных анализов были использованы при характеристике пород и почв. Описание донных отложений, рельефа, различных экзогенных процессов и документация шурфов сопровождалась зарисовками и фотографированием. Данные маршрутных исследований, в процессе которых были выявлены закономерности строения и распространения донных отложений, и результаты лабораторных анализов были использованы при построении карты четвертичных отложений района исследований. Составлена она по принятой методике и отражает возраст, генетическую принадлежность и вещественный состав четвертичных отложений обсохшего дна Арала.

Геоморфологические исследования заключались в изучении наблюдаемых форм рельефа, описании их внешнего облика (морфологии), установлении их размеров, уклонов и расчлененности (морфометрии), определении их происхождения (генезиса), выявлении стадий развития, последовательности и времени образования (возраста). По результатам этих исследований составлена геоморфологическая карта. В основу ее построения положен метод картирования однородных поверхностей, каждая из которых получает морфологическую, генетическую и возрастную характеристику (Ганешин и др., 1977). При определении генезиса рельефа основное внимание было уделено выявлению ведущих и второстепенных рельефообразующих процессов. К ведущим отнесены те, с которыми связано возникновение данной формы, к второстепенным — процессы усложняющие ее строение.

Динамика развития эоловых процессов изучалась, главным образом, путем разовых натуральных наблюдений за скоростью и объемом перемещаемого песка во время бурь и сильного ветра. Кроме того, при характеристике

эоловых процессов были использованы данные режимных наблюдений на полигонах, проводимые Б.И. Пинхасовым и др. (1997).

Большое внимание при ландшафтных исследованиях было уделено изучению гидрогеологических условий обсохшего дна моря. По результатам опробования многочисленных шурфов и скважин составлена гидрогеологическая карта. На ней отражено распространение первых от поверхности водоносных горизонтов и комплексов, глубина залегания, направление движения (гидроизогипсы), минерализация и химический состав подземных вод.

Результаты проведения всех вышеперечисленных исследований позволили выделить объективно существующие ПТК.

2.2. Принципы выделения ландшафтов и их классификация

Обсохшая часть дна Аральского моря наиболее молодая, высокодинамичная пустыня. По мере снижения уровня моря ежегодно появляется новая суша, а та, которая расположена в тыловой части осушки подвергается существенной трансформации в аридных климатических условиях. Все это сказывается на характере структуры формирующихся природных комплексов. Поэтому, здесь отмечается наличие ряда динамических региональных полос, а иногда обособленных ареалов, различающихся по структуре природных комплексов. В связи с этим, для их выявления следует применить особый подход, основывающийся на конкретном характере природных условий территорий, а потом их можно изучать в типологическом порядке.

В.А. Николаев (1979) отмечает, что ландшафтная методика ... основана на представлении о ландшафте как геосистеме, все составляющие которой находятся в определенном коррелятивном сопряжении. Особенно прочные связи существуют между рельефом, горными породами, грунтовыми водами, почвами и растительностью. Именно они приводят к качественному обособлению геосистем ранга «ландшафт» и его морфологических единиц.

Сопряженный анализ компонентов природы и изучение взаимоотношения между морфологическими составными частями геокомплекса позволили выявить ландшафты на обсохшей части дна моря. В условиях пустынь определенной форме рельефа соответствует определенный состав отложений, вид почвы и растительное сообщество. Одним словом, между ними имеется соответствующее взаимоотношение и взаимосвязь, взаимообусловленность. Коррелятивный анализ природных компонентов в пределах естественно ограниченных территорий позволили выявить природные ландшафты осушки Арала.

В основу классификации ландшафтов обсохшего дна Аральского моря положены исторический, генетический и структурно-системный принципы, которые были обоснованы В.А. Николаевым (1979). Эти принципы позволяют классифицировать ландшафты, основа которых была создана деятельностью моря и проследить эволюцию ландшафтов с момента современного отступления моря, возникновения пустыни Аралкум и установить пространственно-временную закономерность становления и тенденцию развития ландшафтов, выражающуюся прежде всего в непрерывном изменении природных компонентов в результате продолжающегося отступления, снижения уровня моря и воздействия аридных процессов.

Применяя классификационные категории ландшафтов В.А. Николаева (1979) выделяем: класс – подкласс – группа – тип – подтип – род – подрод – вид.

Обсохшее дно Аральского моря, как и все Приаралье, относится к классу равнинных ландшафтов центральной части Турана. В основу выделения подкласса ландшафтов положены особенности ярусной дифференциации рельефа внутри этой равнины, возраст и генезис слагающих его отложений. По этим признакам, рассматриваемый регион относится к подклассу низменных современных первично-аккумулятивных морских равнин. Группа ландшафтов выделяется на основе типа водно-геохимического режима, степени дренированности грунтов. На основе этого выделяются группы элювиальных, полугидроморфных и гидроморфных ландшафтов.

Тип и подтип ландшафтов выделяются по особенностям био-климатических показателей, по которым ландшафты южной части обсохшего дна Арала принадлежат пустынному типу, северо-пустынному подтипу. Характерным для них является преобладание испарения над осадками, определяющее тип почвообразования, господство процессов аридной денудации, доминирование ксеро- и галофитов над другой растительностью.

Типы ландшафтов, по геоморфологическим особенностям делятся на роды. Последние, по генезису и литологии покровных отложений, разделяются на подроды. Южная часть обсохшего дна моря представляет собой современную первично-аккумулятивную слабонаклонную равнину, созданную совместной деятельностью реки и моря. Эта первично-аккумулятивная морская равнина состоит из песчаных и супесчано-суглинистых подродов.

Вслед за подродом, основной единицей классификации ландшафтов является вид. Вид ландшафта выделяется по совокупности однотипных по генезису и структуре индивидуальных урочищ. Вид ландшафта характеризуется единством природных процессов, обусловленных геологическим строением, новейшими тектоническими движениями, особенностями рельефа, почвенно-растительного покрова. А.А. Рафиков (1982) на обсохшем к началу 80-х годов дне Арала выделил два вида ландшафта.

В настоящее время выделяются четыре вида ландшафтов:

1. Слабопологие и плоские супесчано-суглинистые равнины с разреженными галофитными кустарниками на типичных солончаках в сочетании с однолетними солянками на луговых солончаках.

2. Слабоприподнятые слабонаклонные песчаные равнины с разреженными псаммофитами и галофитными группировками на засоленных песках.

3. Слабоволнистые супесчано-суглинистые равнины авандельты Амударьи с мезофильными, галофильными и псаммофильными кустарниковыми растительными сообществами на типичных и луговых солончаках.

4. Плоские супесчано-суглинистые и песчаные равнины с озерно-болотными комплексами, тростниковые заросли сочетающиеся с тамариксатниками на болотных почвах и луговых солончаках, галофитные и ксерофитные сообщества на типичных солончаках.

Каждый из перечисленных видов представляет собой единое целое, характеризующееся временем и общностью происхождения и дальнейшего развития. В свою очередь данные природные комплексы состоят из целого ряда разнородных урочищ.

2.3. Зарождение, становление и тенденция развития ландшафтных комплексов

Зарождение, становление и развитие ландшафтных комплексов обсохшего дна Арала связано с рядом факторов и процессов, обусловивших их возникновение и современное динамичное развитие. Эти вопросы рассмотрены в упомянутых выше работах А.А. Рафикова и в многочисленных публикациях Г.В. Гельдыевой и Т.И. Будниковой и, в частности, в одной из последних статей этих авторов, в которой дано обобщение научных наблюдений за становлением, функционированием, развитием и стабилизацией ландшафтов обсохшего дна моря (Гельдыева и др., 1996).

Происхождение ландшафтов обсохшего дна Арала прежде всего связано с деятельностью самого Арала и подводной дельты Амударьи. Созданные морем абразионно-аккумулятивные террасы, пляжи и осложняющие их береговые валы, подводные отмели и банки, наклонная поверхность подводной дельты или субгоризонтальное дно Аджибайского залива и слагающие их отложения во многом определяют современные черты морфологии большинства ландшафтных комплексов обсохшего дна моря.

Основным фактором, приведшим к смене упомянутых выше прибрежных и морских (подводных) комплексов, качественно новыми пустынными ландшафтами, явилось снижение уровня и отступление самого моря.

Отмеченные особенности, т.е. исходный первично-аккумулятивный морской рельеф и состав донных отложений, наряду с продолжающимся падением уровня Арала, воздействие аридного климата и рельефообразования, являются ведущими факторами, обуславливающими характер развития природных процессов, определяющих становление и динамику ландшафтов обсохшего дна моря.

Таким образом, зарождение основных компонентов и морфологических особенностей современных ландшафтов обсохшего дна Арала следует связывать с деятельностью моря – последними этапами его естественного развития. Становление современных ландшафтов обсохшего дна, естественно началось с момента выхода морского дна на дневную поверхность. Следовательно, определяется временем осушки, т.е. тем отрезком времени, с начала которого и до наших дней ландшафт функционирует. В этом отношении ландшафты обсохшего дна Арала самые молодые на Туране. Возраст их от четырех десятилетий до наших дней. Продолжающееся падение уровня моря и его осушение, воздействие аридных процессов обуславливают активную динамику ландшафтов, т.е. их изменение совершающееся в рамках единой структуры – обсохшего дна моря.

Эволюцию и основные закономерности пространственной смены ландшафтных комплексов, возникших в южной части обсохшего дна Арала к началу 80-х годов впервые осветили А.А. Рафиков и др. (1981). Казахстанская часть обсохшего дна Арала в этом аспекте освещена Г.В. Гельдыевой и Т.И. Будниковой (1996).

По данным А.А. Рафикова пространственная смена природных комплексов, по прошествию двух десятилетий интенсивного падения уровня Арала, включала: побережье 80-х годов 45–47 м абс., природные комплексы начальных этапов формирования; приморское побережье 47–50 м абс., несформировавшиеся природные комплексы и побережье 60-х годов 50–53 м абс., формирующиеся природные комплексы. Как видно, все природные комплексы обсохшего дна Арала того времени находились в той или иной стадии своего развития. Тогда было установлено, что главной особенностью всех ландшафтов дна моря в аспекте их эволюции – это последовательная пространственная смена изменений природных комплексов по мере освобождения их из под воды в результате влияния аридных процессов. Непрерывная трансформация комплексов обуславливает высокую динамичность геосистем региона, которые эволюционируют от гидроморфной до элювиальной стадии включительно.

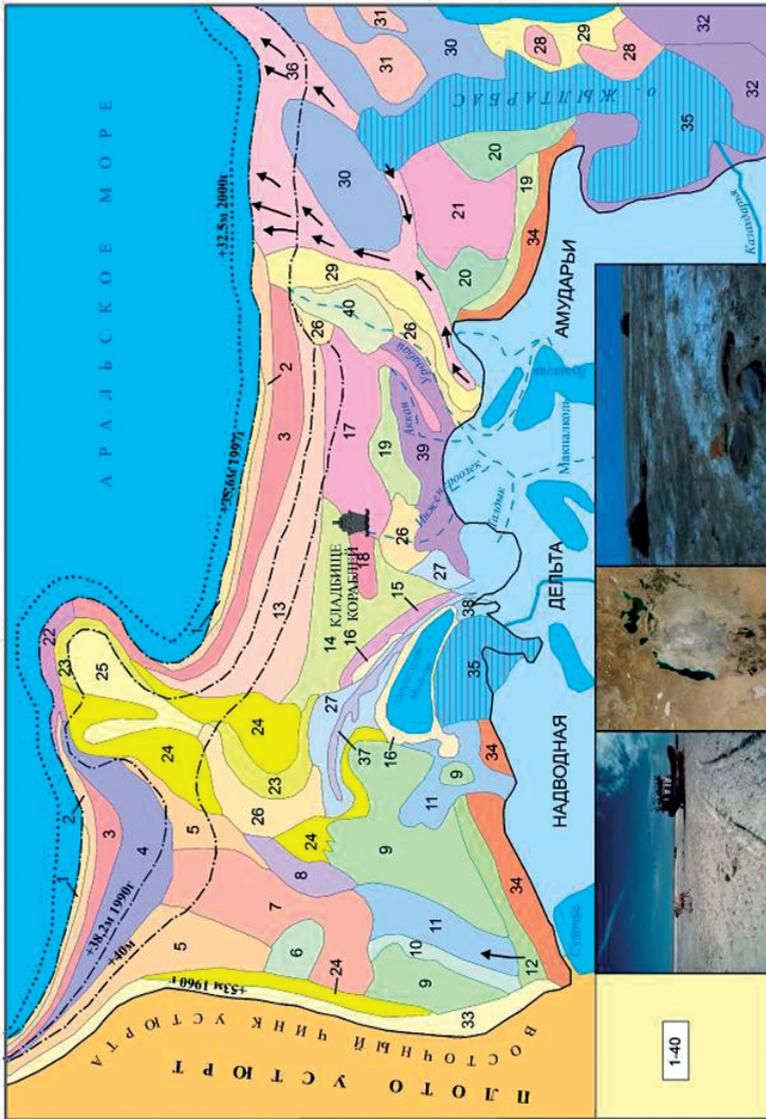


Рис. 2.2. Природные комплексы южной части обошего дна Аральского моря:
 1 – номера природных комплексов (приложение № 1)

После выхода работы А.А. Рафикова прошло около двадцати лет. За это время уровень Арала упал более чем на 12 м с 45 м абс. в 1980 г. до 32,5 м абс. в 2000 г. Из-под воды освободилась громадная территория. Береговая линия отступила на север на 25–50 км. На вновь обсохшем дне моря сохранилась та же закономерность становления новых природных комплексов. Вслед за отступающей береговой линией, на постепенно выходящем на дневную поверхность дне моря, непрерывно возникают и начинают свое активное развитие гидроморфные комплексы. Следующие за ними к югу природные комплексы предшествующих лет осушки, т.е. те комплексы, которые ранее находились на стадии не сформировавшихся, или формирующихся, продолжают свою трансформацию. Но развитие их происходит уже на фоне постепенного затухания некоторых участвующих в их формировании природных рельефообразующих процессов и перехода их в стабильное состояние, что в конечном итоге приводит к полному формированию основных ландшафтных свойств ряда комплексов. В целом, ландшафт обсохшего дна моря в структурно-морфологическом отношении довольно сложный. Здесь наблюдается целый ряд взаимосвязанных природных комплексов, описанных нами на уровне урочищ, изучение становления и развития которых дает возможность проследить эволюцию всего ландшафта по мере усыхания моря. Выделено 40 урочищ показанных на карте природных комплексов (рис. 2.2).

Исходя из установленной А.А. Рафиковым пространственной смены природных комплексов и закономерности их развития, можно оценить состояние и определить основные этапы развития ландшафтов обсохшего дна моря, которые в настоящее время представлены:

- 1) природными комплексами начальных этапов формирования;
- 2) формирующимися природными комплексами;
- 3) сформировавшимися природными комплексами.

Первые, или природные комплексы начальных этапов формирования, представлены гидроморфными комплексами современных приморских равнин, осушившихся в последнее десятилетие (рис. 2.2). Вторые, или формирующиеся природные комплексы, занимают большую часть площади обсохшего дна, с так называемым полугидроморфным и полуавтоморфным режимом увлажнения. Но в целом, распространение их не зависит от времени осушки. Так например, они приурочены к ранее всех обсохшей прибрежной зоне 60-х годов, где вплоть до настоящего времени происходит интенсивное развевание пляжных песков и формирование ландшафта эоловой пустыни (5–8, 10–15, 17–36). Цифры в скобках – номера урочищ на карте природных комплексов, представленных на рис. 2.2.

Третьи, т.е. сформировавшиеся природные комплексы, занимают на рассматриваемой части обсохшего дна Арала крайне незначительную территорию. В эту категорию перешла часть комплексов, ранее находящихся на стадии формирующихся, и которые ныне приобрели основные ландшафтные свойства определенных геосистем. К ним можно отнести типичные остаточные отакыренные (9) и суглинистые луговые солончаки (10, 11) Аджибайского залива, супесчаные пухляковые (12) и влажные пухляк-корковые солончаки (шоры) лагуны Сургуль и Муйнакского взморья (16). К этой группе природных комплексов относятся также бар Тигрового хвоста (37), древнеаральская абразионно-аккумулятивная поверхность (38), прирусловые валы Инженерозека, Аккая и Урдабая, наложенные на обсохшее дно моря (39, 40).

Особое место занимают искусственно созданные тростниково-озерные комплексы Муйнакского, Рыбацкого водоемов и сбросного озера Жылтырбас (35) и густые тамарикс-тростниковые заросли, возникшие в результате регулируемого или временного стихийного сброса с озер и водоемов дельты и обсохшего дна (36). Функционирование их зависит, в первую очередь, от регулируемой человеком водоподдачи, хотя и природные факторы играют здесь также существенную роль, определяемую водностью года.

Описание урочищ дается по основным этапам развития ландшафтов обсохшего дна моря.

1. Природные комплексы начальных этапов формирования

Вдоль современного уреза моря наблюдается зарождение и становление осушаемых плоских, топких, илистых маршей, в зоне активного влияния нагонных течений и сильного воздействия гидростатического давления (1).

Максимальная (до 0,5 км) ширина маршевых солончаков отмечается в прилегающей к Аджибайскому заливу обсохшей части акватории, где уклоны минимальные 0,0004. Здесь они сложены вязким жидким илом. Из-за полного водонасыщения грунта засоление его с поверхности и на глубине 0,3 м одинаковое – 5,7–5,8% плотного остатка. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Содержание анионов в мг/экв следующее: HCO_3 – 0,85; SO_4 – 53,8; Cl – 35,5; катионов – Ca – 28,5; Mg – 20,2; $\text{Na} + \text{K}$ – 41,23.

Вдвое уже ширина маршевых солончаков вдоль побережья, прилегающего к обсохшей авандельте Амударьи, где уклоны поверхности дна составляют 0,0007. Здесь примитивные маршевые солончаки также сложены жидким, вязким илом. Маршевая зона практически отсутствует

вдоль северного и северо-восточного склона вала Архангельского, характеризующегося максимальными уклонами поверхности обсохшего дна, составляющими 0,0018. Здесь, непосредственно примыкающее к урезу воды песчаное дно покрыто тонкой влажной соляной корочкой.

Характер засоления и распределения солей в профиле песчаных маршей отличается от илистых. Здесь в корочке содержится 4,1 %, а на глубине 0,5 м – 1,9% сухого остатка. Тип засоления также хлоридно-сульфатный. Близкие значения и по содержанию анионов и катионов в мг/экв: HCO_3^- – 0,6; SO_4^{2-} – 43,6; Cl^- – 15,8; Ca^{2+} – 23,9; Mg^{2+} – 8,8; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 27,4.

Интересно проследить зависимость поверхностного засоления от химического состава и минерализации грунтовых вод зоны песчаных маршей. В закопашке, пройденной у уреза моря грунтовые воды (верховодка) вскрываются на глубине 0,35 м и затем быстро восстанавливаются, приближаясь к поверхности. Минерализация 29,8 г/л. Тип минерализации сульфатно-хлоридный магниевый-кальциевый (тип минерализации дается по увеличению содержания компонентов химического состава воды). Содержание анионов (мг/дм³) – HCO_3^- – 317, SO_4^{2-} – 6880, Cl^- – 12410; катионов – Ca^{2+} – 721, Mg^{2+} – 1556, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 7708.

Следовательно, тип засоления почво-грунтов не соответствует типу грунтовых вод. Следует отметить, что приведенная выше минерализация грунтовых вод (29,8 г/л), прямо на урезе моря в 2,5 раза ниже минерализации морской воды, которая в мелководной прибрежной зоне в ноябре 1997 года составляла 75,14 г/л. Приведенный химический состав верховодки также существенно отличается от состава морской воды, в которой содержание анионов и катионов в мг/дм³ следующее: HCO_3^- – 427, SO_4^{2-} – 1983, Cl^- – 29784, Ca^{2+} – 641, Mg^{2+} – 4828, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ – 19106. Тип минерализации сульфатно-хлоридный магниевый-натриевый.

Несмотря на столь высокую минерализацию морской воды, содержание солей в донном иле относительно невысокое. В пробе, отобранной в 10 м от берега, где глубина не превышает 5 см, засоление 4,1 %, а содержание ионов и катионов такое же, как и в песчаной маршевой зоне. В целом для маршей характерен хлоридно-сульфатный тип засоления, высокое содержание солей 5,7–7,3% сухого остатка, равномерное распределение их по профилю, что очевидно связано с полным водонасыщением грунтов. Отсутствие на поверхности кристаллической соли связано с периодическим смыванием ее морской водой при нагоне и споне во время штормов.

Таким образом, марши являются примитивной первичной поверхностью, где наблюдается зарождение и становление особенностей рельефа (формирование микрорельефа), режима грунтовых вод, водно-солевого

режима почв. Отсутствие растительности связывается с сильной засоленностью маршевой полосы и высокой минерализацией грунтовых вод. Иными словами марши находятся на стадии зарождения основных ландшафтных свойств.

За маршами следуют избыточно увлажненные тонко-соляно-корковые и лужа-рапные солончаки (2) осушки 1996–1997 гг., находящиеся в зоне пассивного влияния моря. Они развиты вдоль всего побережья, кроме вала Архангельского. Ширина их не превышает 2–2,5 км. Сложены тяжелыми суглинками. Имеют плоский рельеф, с небольшими западинами. Растительность отсутствует. Здесь уровень грунтовых вод (УГВ) смыкается с дневной поверхностью, которая покрыта влажной соляной корочкой и многочисленными мелкими 1–3 см лужами рапы. Минерализация рапы достигает 152 г/л. Состав ее следующий, мг/дм³: HCO₃ – 1110, Cl – 76232, SO₄ – 220, Ca – 150, Mg – 73558, Na + K – 338. Тип минерализации сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый.

На поверхности соляной корочки и в лужах рапы много игольчатых белых кристаллов мирабилита длиной до 6–8 см и квадратных до 1 см, плоских кристаллов галита, обязанных своим происхождением выклиниванию и испарению высокоминерализованных грунтовых вод. В высохших лужах рапы мирабилит, потеряв воду перешел в пухлый тенардит, который некоторое время сохраняет псевдомирабилитовую структуру, а затем разрушается и выносится ветром. В отличие от маршей содержание солей в покровном слое илистых приморских избыточно увлажненных солончаках увеличивается в два раза, достигая 9%, на глубине 0,5 м она уменьшается до 3,9%. Такое же соотношение характерно и в содержании всех анионов и катионов сравниваемых звеньев.

До 1995 года формирование кристаллической соли на открытом побережье Арала не наблюдалось (кроме Акпеткинского архипелага). В связи с этим можно констатировать, что современные избыточно увлажненные приморские солончаки, на поверхности которых начинает накапливаться крупно-кристаллическая соль, знаменует собой зарождение типичной соляной пустыни, что и прогнозировали многие исследователи (Геллер, 1969; Рафиков, 1982).

За описанными солончаками, следует влажно-тонко-соляно-корковые суглинистые приморские солончаки, осушки после 1994 года – на западе и 1990 года – в районе авандельты (3). Ширина полосы их развития составляет 5–6 км. Рельеф плоский. В отличие от избыточно увлажненных солончаков, где пока господствует только засоление, грунты данного комплекса вступили в стадию высыхания, и наряду с засолением, стали подвергаться растрескиванию, которое еще не приобрело вид

полигональной отдельности. Появившиеся первые редкие трещины усыхания не образуют определенного рисунка, хотя и секут породу в различных направлениях, длина их часто превышает несколько метров, ширина пока составляет 1–2 см, а глубина 5–10 см. Характерно, что содержание соли в покровном горизонте, за счет более длительного внутригрунтового испарения высокоминерализованных грунтовых вод, залегающих здесь на глубине 0,5–1 м, резко возрастает до 14,5 м – 27%. На глубине 0,5 м оно уменьшается в 2–4 раза, составляя 6,2–7,8%.

Тип засоления сульфатно-хлоридный и хлоридный. Содержание анионов и катионов в покровном слое в мг/эвк: HCO_3^- – 1,6; SO_4 – 212,2; Cl^- – 217,5; Ca – 28,0; Mg – 133,2; Na + K – 270,1. На глубине 0,5 м соответственно – 0,55; 40,5; 58,0; 17,0; 18,5; 63,8.

Четвертым, замыкающим звеном приморских гидроморфных солончаков, являются плоские соляно-корковые суглинистые равнины, на стадии высыхания, лишенные растительности (4). Они развиты севернее широты мыса Улькентумсык, где ширина их составляет 8–10 км. Интенсивное физико-химическое выветривание выражено здесь полигональным растрескиванием. Многоугольные полигоны диаметром до 1–1,5 м разделены трещинами усыхания 3–5 см, глубиной до 0,5–1 м. Соляно-гипсовая корка покрыта многочисленными бугорками и валиками вспучивания; концентрация солей в корке и подкорковом порошистом горизонте очень высокая и достигает 20,7%, на глубине 0,5 м падает до 3–5%. Тип засоления хлоридно-сульфатный и хлоридный. В шурфах с глубины 0,5–1 м идет темно-серая вязкая, а еще ниже – жидкая глина. Уровень грунтовых вод 1,5–2 м. Минерализация 45–65 г/л, тип засоления преимущественно хлоридный.

В заключении следует констатировать, что для маршевых и приморских суглинистых солончаков последних 10 лет осушки характерными объединяющими их признаками являются отсутствие растительности, очень высокое содержание солей, преимущественно хлоридного состава, чрезвычайно высокая минерализация грунтовых вод до 65 г/л. Как и прогнозировал А.А. Рафиков (1982), с середины 90-х годов на приморских солончаках начинается формирование кристаллической соли и образование соляной пустыни, что и наблюдается в настоящее время. Трудно сказать, будут ли в дальнейшем современные приморские суглинистые солончаки, когда они перейдут в другое состояние, заселяться гребенщиками и другими галофитами. Очевиднее всего эти территории и вся дальнейшая осушка Арала будут представлять собой безжизненные пространства, такие же как и крупные солончаки и соляные залежи Акпеткинского архипелага.

2. Формирующиеся природные комплексы

На западе, между чинком Устюрта и валом Архангельского южнее мыса Улькентумсык, описанные приморские солончаки сменяются плоской соляно-корковой и пухло-корковой суглинистой равниной с чрезвычайно сильно засоленными почвами, которые в настоящее время находятся в переходном полугидроморфном и полуавтоморфном режиме увлажнения. Эта равнина, которая в 80-е годы сама представляла собой маршевые и приморские солончаки, или полностью лишена растительности (5), или покрыта сарсазанниками и высокой зеленой лебедой (6), или разряженным тамарисчатником (8). Но наиболее значительная ее часть, от развалин Каракибир на юге, до широты мыса Улькентумсык на севере, хорошо заросла тамарисчатником высотой 1,3–1,5 м (7). Развитие густого тамарисчатника (проективное покрытие 60–70%), приуроченного к наиболее пониженной меридиально вытянутой на 26 км зоне обсохшего дна, следует связывать с периодическим ее увлажнением наиболее мощными стихийными сбросами с Судочьего в конце 80-х годов. Все описанные комплексы очень сильно засолены. Содержание солей в корке и подкорковом пухляковом горизонте от 7,5 до 18,3%. На глубине 0,5 м засоление резко понижается до 1,1–3%. Вниз по профилю отмечается постепенное снижение содержания солей, которое вблизи уровня грунтовых вод составляет 0,3–0,6%, но местами оно вновь возрастает до 2,5–3%. Тип засоления хлоридный и сульфатно-хлоридный. При хлоридном типе засоления максимальное содержание Cl в поверхностном слое описываемых солончаков 195–215 мг/экв. С глубиной оно резко понижается, и на УГВ составляет 1,3–7,5 мг/экв. Максимальное содержание SO₄ при данном типе засоления, как с поверхности, так и на глубине, чаще всего в два раза ниже Cl и соответственно изменяется от 77,3 до 2,8–7,3 мг/экв. Хлоридные и сульфато-хлоридные высокоминерализованные грунтовые воды 35–66,6 г/л залегают на глубине 2–5 м. При максимальной минерализации содержание анионов и катионов в них следующее (мг/дм³): HCO₃ – 207, SO₄ – 10164, Cl – 24111, Ca – 922, Mg – 2805, Na + K – 14214. Описанные природные комплексы находятся на заключительной стадии формирования своих основных свойств и в дальнейшем с понижением УГВ перейдут в элювиальную стадию.

В структурно-морфологическом отношении ландшафты обсохшей авандельты Амударьи отличаются от вышеописанных большими уклонами рельефа и литогенной основной субстрата, представленного в основном алевритами, супесями и песками. Все они находятся в стадии активного развития и характеризуются полугидроморфным, а ближе

к Жылтырбасу и в пределах Ержарской отмели, гидроморфным режимом увлажнения. Лишь к западу от устья Инженерозьяка и в узкой полосе Аккала-Узункаирского пляжа грунтовые воды залегают на глубине несколько превышающей 3 м. В северной части авандельты к приморским гидроморфным солончакам прилегает обширная слабологая супесчано-суглинистая равнина с фрагментарно сохранившимся покровом сухой лебеды и сведы на сильно засоленных (8,4 % сухого остатка) гидроморфных и полугидроморфных почвах (13). Южнее, между Муйнакским взморьем и Инженерозекским русловым валом, простирается слабологая пухло-корковая супесчано-суглинистая равнина с тамарикс-чатниками (проективное покрытие 20–50 %), разряженным угнетенным тростником на очень сильно засоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах (14). Западнее, ближе к полуострову Муйнак, эта равнина сменяется песчано-суглинистой с небольшими массивами низкобугристых песков, кандымом и черносаксаульниками (проективное покрытие 20–30 %) на сильно засоленных полугидроморфных почвах (15). Эта равнина отделена от пляжа Муйнакского взморья узким влажным пухло-корковым солончаком – сором на песках без растительности. Аналогичный солончак представляет собой и лагуна Сургуль. Они являются очагами локальной разгрузки. Грунтовые воды хлоридного состава залегают в этих солончаках на глубине 0,5–1 м и характеризуются самой высокой минерализацией 99,5–200,7 г/л в пределах юго-западной части обсохшего дна Арала. При максимальной минерализации содержание анионов и катионов в мг/дм³ следующее: HCO₃ – 482, SO₄ – 21828, Cl – 102116, Ca – 1102, Mg – 17583, Na + K – 41981. При минерализации 100 г/л пропорционально в два раза уменьшается и содержание всех анионов и катионов.

Южная часть обсохшей авандельты представлена слабонаклонными сухо-соляно-корковыми супесчано-суглинистыми (17), песчаными (18) и супесчаными (19) равнинами. Все они подвержены начальной стадии эолового преобразования, которая чаще всего выражена обширными полями площадной дефляции, а в южной части – небольшими массивами низкобугристых песков и зачаточных барханов. Для них характерны разряженные тамарисчатники на сильнозасоленных полугидроморфных, реже полуавтоморфных почвах. Тип засоления почв хлоридный и сульфатно-хлоридный. Наблюдается определенная закономерность, выраженная в постепенном увеличении степени засоления покровного горизонта с юга на север по мере понижения рельефа от 2,7 до 8,4 %. Содержание хлора колеблется от 48 до 77 мг/экв, а SO₄ – от 40 до 59 мг/экв. Грунтовые воды в основном сульфатно-хлоридные

магниево-натриевые, реже хлоридные с минерализацией 39,5–82,7 г/л. Севернее Аккала-Узункаирского пляжа развиты слабо наклонные пухляковые и пухло-корковые солончаковые равнины, заросшие тамариксом и тростником (проективное покрытие 30–60%) на засоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах (20), или равнины лишенные кустарниковой растительности с однолетними солянками (21).

В западной части эти равнины расчленены густой сетью узких сухих русел глубиной до 1,5 м, образовавшихся за счет частичного стока Кунядарьинских вод со стороны бывшего поселка Аккала. На равнине, не покрытой кустарником (21), эти русла значительно, на 0,5–1 м, переуглублены дефляцией. В целом покровные супеси описываемых природных комплексов относительно слабо засолены 1,2–2,4% и лишь на незначительной площади засоление почво-грунтов увеличивается до 4–6% сухого остатка.

Севернее полуострова Муйнак продолжением вала Архангельского является слабо приподнятая меридионально вытянутая зона, сложенная перемытыми морскими песками с примесью грубообломочного материала и отдельными коренными выходами меловых пород. Ширина зоны 6–16 км, протяженность около 45 км. На севере, она небольшим проливом (6–8 км) отделена от обширного острова, образовавшегося при падении уровня моря, в результате соединения островов Лазарева, Беллинсгаузена, Возрождения. В пределах рассматриваемой зоны можно проследить становление и развитие полного ряда природных комплексов эоловой песчаной пустыни, от мокрых избыточно увлажненных донных песков последних лет осушки, с которыми еще не в состоянии справиться ветер, образующих идеально ровную равнину нулевого цикла эолового преобразования, до расчлененной бугристо-барханной эоловой равнины хорошо заросшей псаммофитами (22–27).

На севере вала развита слабо наклонная влажно-соляно-корковая песчаная равнина, лишенная растительности последних двух-трех лет осушки. Она практически вплотную примыкает к морю, т.к. марши здесь составляют первые десятки метров. Ширина равнины от 2 до 5 км. Засоление песков в ее пределах остается практически постоянным и не превышает 4,6%, а на глубине 0,5 м уменьшается до 0,5–2%. Тип засоления хлоридный и хлоридно-сульфатный. Высокоминерализованные (30–42,2 г/л) грунтовые воды залегают на глубине 0,5–1,1 м. По составу они сульфатно-хлоридные магниево-натриевые. Содержание анионов и катионов в мг/дм³ следующее: HCO₃ – 323, SO₄ – 10452, Cl – 17729, Ca – 769, Mg – 2675, Na + K – 18703. Следы деятельности ветра на поверхности влажных песков выражены лишь мелкой ветровой рябью

и косичками навевания возле отдельных ракушек и дохлой камбалы. По прошествию двух-трех лет после выхода донных песков на поверхность и снижения уровня грунтовых вод ниже 1 м, пески подсыхают и начинают подвергаться интенсивному перевеванию. Выделяется ряд стадий эолового преобразования обсохшего дна моря: начальная, переходная, низко- и высокобарханная и несколько их разновидностей (Пинхасов, Мавлянов, 1997).

Эоловые процессы являются рельефообразующими и детально будут описаны ниже. Здесь же отметим основные особенности природных комплексов, отвечающих перечисленным стадиям развития эолового рельефа в пределах вала Архангельского.

Между влажными песчаными равнинами нулевого цикла эолового преобразования и приподнятыми эоловыми равнинами осевой зоны вала Архангельского расположены слабо наклонные тонко-соляно-корковые песчаные равнины в начальной стадии эолового преобразования с угнетенным тростником и дерезой русской (23).

Работа ветра выражена здесь сочетанием дефляционных и аккумулятивных форм рельефа, которые в целом не нарушают равнинный характер исходной поверхности обсохшего дна моря. Первые представлены как относительно небольшими кавернами и язвами выдувания, глубиной до 0,2–0,3 м, так и обширными полями площадной дефляции с зостеровыми останцами высотой до 0,2–0,3 м, отражающими величину эолового переуглубления исходной поверхности дна с момента его осушения. Аккумулятивные формы выражены небольшими площадками, или овальными буграми навевания высотой до 0,1–0,3 м и пока еще редкими зачаточными барханчиками.

На периферии описанных равнин, или непосредственно по обрамлению более длительно существующих и уже расчлененных барханных равнин развиты маломощные покровы ровных навеечных песков (24). Сильными ветрами и бурями пески выносятся из очагов развевания в виде поземки и постепенно нарастающим и разрастающимся покровом перекрывают суглинистое дно. Эти покровы развиты не только по обрамлению эоловых равнин вала Архангельского, но и вдаль перевеянного Причинкового пляжа. Ширина их 2–12 км. Вблизи очагов развевания мощность навеечных песков максимальная 0,2–0,4 м, к периферии она убывает до нескольких сантиметров.

Осевая зона вала Архангельского занята слабо приподнятыми эоловыми равнинами (25, 26, 27). Несмотря на то, что им присущ гидроморфный и полугидроморфный режим увлажнения (кроме крайнего юга), для них характерны все признаки эоловой пустыни. Северную часть вала занимает самая молодая эоловая равнина с подвижными барханами,

лишенная растительности (25). Барханы занимают 40–60 % площади комплекса. Длина их 20–40 м, ширина 5–20 м, высота до 2–4 м. Часто они спаяны в цепи протяженностью до нескольких сотен метров, простирающихся с СВ на ЮЗ. Северные склоны их пологие, южные – крутые. Межбарханные понижения представляют собой поля площадной дефляции, обогащенные ракушей, «осевшей» из выдутого покровного слоя песка. Несмотря на близкое залегание (1–1,5 м) высокоминерализованных грунтовых вод (14–35 г/л) засоление песков по сравнению с прилегающими к ним донными суглинками относительно не высокое 1,2–2,8 %, тип засоления сульфатно-хлоридный и хлоридно-сульфатный. Южнее описанной равнины расположена низко-бугристо-барханная песчаная равнина в начальной стадии зарастания кандымом (26). Здесь часто встречается чахлый тростник. Пески межбарханных понижений сильно засолены 4,6–4,9 %. Но перевеянные пески уже потеряли значительный запас солей и содержание их в барханных песках составляет 0,55–0,76 %.

На сочленении некогда подводной части вала с Тигровым хвостом, ныне расположена слабонаклонная бугристо-барханная равнина, относительно хорошо заросшая черным саксаулом и кандымом на засоленных полуавтоморфных почвах (27).

Таким образом, в пределах большей части вала, слагающие его пески находятся в подвижном состоянии. Сам эоловый рельеф далек от своей зрелости и продолжает активно развиваться.

Эоловые массивы Ержарской отмели, ныне разделяющие озеро Жылтырбас на две части, характеризуются той же зональностью, что и эоловые пески вала Архангельского. На юге отмели они сильнее расчленены и лучше заросли кустарником, чем на севере. Но сам характер растительного покрова здесь отличается от вала Архангельского. На юге отмели развиты бугристо-барханные (высота 1–3 м) равнины с тамариксчатниками (проективное покрытие 40–70 %) на песках и средне засоленных песчаных гидроморфных почвах (28). В средней части этой обширной отмели развиты плоские супесчано-песчаные равнины с тамариксчатником и тростником на сильно заселенных гидроморфных почвах (29). На севере заростание заметно уменьшается и начинает доминировать урочища плоской пухло-корковой супесчано-песчаной равнины с редким тамариксчатником и тростником (30). Здесь же выделяются перевеянные песчаные равнины с подвижными барханами, полностью лишенные растительности (31). Южная, обходящая часть Жылтырбаса, ныне занята пухляковой супесчано-суглинистой равниной с сарсазаниками и тамариксчатниками (проективное покрытие 40–70 %) на сильно засоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах (32).

Бывшие пляжи Арала и сочлененный с ними береговой склон в настоящее время представляют собой бугристо-барханные перевеянные песчаные равнины. По характеру рельефа, слагающим его отложениям и растительному покрову в бывшей береговой зоне выделяются два урочища. Одно из них отвечает относительно крутому Причинковому пляжу (33), второе – пологому, местами очень сильно перевеянному пляжу, некогда отделявшему море от дельты Амударьи (34). В строении Причинкового пляжа участвуют пески не засоленные или слабо засоленные. В пределах других пляжей пески засолены до 1,8–2%. Для Причинкового пляжа характерно обилие валунно-галечного материала и глыб сарматских известняков и мергелей, которыми сложены береговые валы. К Причинковому пляжу близки по строению бывшие Муйнакские пляжи, расположенные у подножья крутого обрывистого восточного и южного берега полуострова, сложенного меловыми отложениями. Причинковый галечно-песчаный пляж отличается от других перевеянных пляжей и наибольшим разнообразием поселившихся здесь растений. Наряду с тамариксом, присущим всей песчаной береговой полосе, здесь расселились – белый саксаул, кандым, песчаная акация, сингрэн, местами много силена. Встречаются высокие конусовидные бугры (1,5–2 м), заросшие стелющимся колючим кустарником с мелкими черными косточковидными семенами. Но в целом, кроме южной части Причинкового и Рыбачьего пляжа, проективное покрытие бугристо-барханных песков пляжей не превышает 10–20%.

Несмотря на то, что ландшафты Причинкового и Аджибайского пляжей достигли элювиальной стадии, а для всей остальной прибрежной зоны характерны полуавтоморфные условия, описываемые природные комплексы, сочлененные с бывшим коренным берегом, находятся в динамическом состоянии. На значительных пространствах пески пляжей слабо закреплены и подвижны. Происходит дальнейшее расчленение эолового рельефа за счет углубления котловин выдувания и роста аккумулятивных бугристо-барханных форм. Все пляжи до сих пор остаются мощными очагами солепылевыноса.

На продолжающееся интенсивное развитие эоловых процессов указывает смещение ветром песков Аджибайского берегового вала на несколько десятков метров к югу, где они мощным 1–1,5 м покровом перекрыли тростниковый торф обсохшей подводной дельты. Аналогичная картина характерна и для Узункаирского пляжа, часть песка которого смещена ветром на 3 км к югу и продолжает свое движение, засыпая бывший тростниковый край дельты покровом мощностью до 0,3–0,5 м.

3. Сформировавшиеся природные комплексы

С понижением уровня грунтовых вод ниже 5 м природные комплексы обсохшего дна моря вступают в элювиальную стадию развития.

Последняя характерна для ландшафтов Аджибайского залива. Здесь на бывшей части его обсохшего дна развита плоская рухляковая кочкарная суглинистая равнина с разряженными тамариксчатниками и карабарак на отакыранных чрезвычайно сильно засоленных автоморфных почвах (9). Все основные природные процессы, участвовавшие в формировании этого комплекса уже завершились. Прекратилось физико-химическое выветривание, приведшее к полигональному растрескиванию суглинков при их высыхании. Первоначально плоская поверхность полигонов разрушилась. Деградированные суглинки с их бортов осыпались и оплыли в разделяющие их некогда зияющие трещины. В результате образовалась мелкобугристая кочкарниковая поверхность. С понижением УГВ ниже 5 м прекратился и вынос солей капиллярным током к поверхности.

Центральная и восточная части Аджибайского залива занята луговыми солончаками с однолетними солянками и сарсазанниками (10) и луговыми солончаками с солянковыми юлгунниками и тростниками (11), находящимися в зоне подтопления сбросными водами с озера Судучьего и Муйнакского водохранилища. Южная часть, расположенная на сочленении берегового склона с дном залива, ныне представляет собой слабопологую супесчано-суглинистую равнину с отдельными буграми навевания и полями площадной дефляции с редким карабарак, сарсазаном и тамариксом на сильно засоленных автоморфных почвах в сочетании с пухлыми, лишенными растительности солончаками (12).

В конце 80-х – начале 90-х годов в дельте Амударьи и в бывших мелководных заливах Арала – Муйнакском и Рыбацком были созданы водоемы, а в заливе Жылтырбас обширное сбросное озеро. Все они представляют собой своеобразные искусственные тростниково-озерные урочища (35). Вдоль периодического стока с Думалака через Аббас и с Жылтырбаса на морском дне возникли густые тамариксово-тростниковые заросли (36). Непроходимый тростник достигает высоты 4–5 м. Сухой тростник местное население часто поджигает. На месте сгоревшего начинает расти молодой зеленый тростник, который используют для выпаса скота. Тамарикс при этом погибает.

К ландшафтам, сформированным древнеаральской трансгрессией относятся узкий островной песчаный бар (вал) Тигрового хвоста, осложненный высокими (3–4 м) кандымовыми и тамариковыми фитобуграми (37) и плоская, частично перевеянная, приподнятая песчаная

равнина (58–60 м абс.) с белосаксаульниками на незасоленных пустынно-песчаных почвах по обрамлению лагуны Сургуль (38).

На заключительном этапе деятельности Амударьи был сформирован наложенный на обсохшее дно моря ландшафт прирусловых валов Инженерозека, Аккая и Урдабая с древесно-кустарниковыми опустынивающимися (высыхающими) тугаями на остаточного-луговых и лугово-такырных незасоленных почвах (39). В северной части этих валов русловые пески перевеяны и образуют бугристо-барханные массивы с белосаксаульниками и тамариксом на песках и незасоленных пустынных песчаных почвах (40).

Основные выводы сводятся к следующему. Зарождение ландшафтов первично-аккумулятивной морской равнины связано с деятельностью Арала, а их становление и развитие с падением уровня моря и осушением его дна, приведших к смене первичных подводных ландшафтов качественно новыми ПТК континентального ряда, многие из которых наследуют основные морфологические особенности исходных комплексов.

Анализ закономерностей пространственно-временной дифференциации ландшафтов обсохшего дна моря и особенности их функционирования позволяет выделить три группы природных комплексов: начальных этапов формирования; формирующиеся и сформировавшиеся, которые, последовательно сменяя друг друга, продвигаются вслед за отступающим морем. Современное состояние первых и вторых характеризуется большой динамичностью. Сформировавшимся комплексом присущи установившиеся основные ландшафтообразующие свойства и черты типичные для пустынь Средней Азии (Рафиков, 1982). Аналогичные выводы сделаны Г.В. Гельдыевой и др. (1996), отметившими, что природные комплексы обсохшего дна Арала характеризуются определенными закономерностями структурообразования, функционирования и развития, приводящими к их естественной стабилизации.

Непрерывное и необратимое развитие природных комплексов происходит эволюционным путем через ряд стадий от гидроморфной до элювиальной. Эволюция ландшафтов и усложнение их внутренней организации осуществляется на фоне нарастания, а затем постепенного уменьшения активности природных процессов, сформировавших основные ландшафтные свойства аридных геокомплексов пустыни Аралкум.

2.4. Природные процессы и динамика их развития

С момента выхода морского дна на дневную поверхность оно становится ареной проявления различных природных процессов. Изучение этих процессов и их роли в формировании пустынных ландшафтов обсохшего дна моря необходимо для обоснования долгосрочных прогнозов

и выработке рекомендации по предотвращению неблагоприятных последствий вызванных усыханием Арала и опустыниванием окружающих территорий.

На обсохшем дне моря развиты – аккумуляция речных наносов, линейная эрозия, физико-химическое выветривание, галогеохимические, эоловые и ряд других процессов, подчиненных зональным закономерностям. Такие процессы как аккумуляция речных наносов, эрозионное расчленение и эоловые приводят к созданию качественно нового рельефа, не свойственного исходному первично-аккумулятивному рельефу морской равнины.

Рельеф речной аккумуляции, сформированный действующими до 1987–1990 гг. устьевыми руслами Амударьи – Урдабаем, Аккаем и Инженерозеком, представлен мощными русловыми валами наложенными на обсохшее дно моря. Этот рельеф, также как и линейное эрозионное расчленение обсохшего дна, продолжающееся вплоть до настоящего времени, периодическим стоком с озера Судочьего, Муйнакского и Рыбацкого водоемов, Думалака и Жилтырбаса, достаточно подробно описаны в предшествующих разделах данной работы. Поэтому ниже, мы остановимся на физико-химическом выветривании и господствующих на обсохшем дне процессах засоления и эоловых.

Процессу физико-химического выветривания подвержены суглинки и глины обсохшего дна Муйнакского, Аджибайского заливов и значительной части обсохшей акватории. Первоначально, водонасыщенные донные отложения, при высыхании теряют иловую воду, резко уменьшаются в объеме, сжимаются и растрескиваются.

Растрескивание начинается на 1–2 году осушки и протекает интенсивно на протяжении 3–5 лет. Первоначально узкие (1–2 см) трещины усыхания постепенно углубляются до 1–3 м и расширяются до 10–20 м, разбивая породы на отдельные 5–6-гранные полигоны, диаметром до 0,7–1,5 м. В результате одновременно происходящего засоления, обусловленного инсоляционным выпотеванием соляных растворов, суглинки и глины с поверхности на глубину до 3–5 см разрыхляются кристаллизующейся солью. С бортов полигонов деградированные суглинки и глины под действием дождевых и талых вод и гравитации, постепенно оплывая и оседая, заполняют первоначально зияющие трещины усыхания. При этом исходная плоская поверхность полигона приобретает вид кочки высотой 0,2–0,3 м. Так образуется кочковатый микрорельеф обсохшего дна в районах развития тяжелых суглинков и глин. По шурфам трещины усыхания прослеживаются на глубине до 2–3 м.

При снижении уровня грунтовых вод на глубину более 3 м и высыхании пород, растрескивание их прекращается. Сами трещины «залеживаются» заполняясь сползшими в них разрушенными, очень сильно засоленными суглинками и глинами. Но там, где покровные суглинки на глубине 2–3 м подстилаются песками, по первоначальным трещинам усыхания отмечается развитие суффозии, выраженной открытыми трещинами и неглубокими, до 1,5 м, провалами.

Процессам соленакопления на обсохшем дне Арала посвящен ряд работ Н.М. Богдановой с соавторами (1977, 1978, 1991). Эти вопросы рассматриваются в публикациях Т.П. Грязновой (1979), Т.Ф. Некрасовой (1979), А.А. Рафикова (1980, 1982), А.А. Рафикова, Г.Ф. Тетюхина (1981), Т.И. Будниковой (1987), Г.В. Гельдыевой (1989), И.В. Рубанова и др. (1987, 1998), В.Е. Сектеменко и др. (1991), Т.М. Таирова (1993), Б.И. Пинхасова, Т.Э. Мавлянова (1997), В.А. Попова (1998), Т.Э. Мавлянова и др. (1998).

Процессы континентального засоления начинают проявляться с момента выхода морского дна на дневную поверхность.

В рассматриваемой юго-западной части обсохшей акватории, засоление почво-грунтов происходит за счет интенсивного внутригрунтового испарения близко залегающих высокоминерализованных грунтовых вод. Особенности соленакопления на открытых пространствах обсохшего дна детально рассмотрены Н.М. Можайцевой, Г.Ф. Некрасовой (1984). Они отмечают, что в первые годы, вслед за отступающим морем, формируются маршевые и приморские солончаки. На этой стадии, через которую последовательно проходит вся осушка, в связи с полной водонасыщенностью грунтов и близкому залеганию грунтовых вод капиллярная кайма достигает поверхности. Соли, подтягиваемые капиллярным током, выпариваются с поверхности, образуя соляно-гипсовую корку толщиной 0,1–2 см и частично концентрируются в горизонте соленакопления мощностью 10–15 см. В 70–80-х годах стадия развития маршевых солончаков составляла 1 год, приморских 2–3 года. В последние годы, в связи с выравненностью рельефа дна и его крайне незначительными уклонами, приморские солончаки существуют 6–7 лет. В настоящее время они развиты севернее горизонтами 38,2 м абс. отвечающей осушки 1990 года.

С отступлением и понижением уровня моря на приморских солончаках начинают формироваться приморские почвы. В последующем они переходят в типичные и остаточные солончаки, ныне развитые южнее горизонтам 40 м абс. При дальнейшем снижении УГВ до 2–3 м и переходе гидроморфных условий увлажнения почв в полугидроморфные, а затем и полуавтоморфные, капиллярная кайма отрывается от дневной поверхности и опускается до глубины 0,7 м.

Соли, накопившиеся на поверхности начинают выветриваться, а отступление новых порций солей прекращается. Соляной профиль в почво-грунтах несколько выравнивается и растягивается. Поэтому в пределах многих эоловых массивов, где исходная поверхность дна разрушена ветром на глубину до 0,1–0,3 м и соли из нее вынесены в атмосферу, пески межбарханных понижений засолены значительно меньше (0,3–2%), по сравнению с остальной осушкой, которая не подверглась дефляции.

Как отмечает А.А. Рафиков и другие исследователи факторами определяющими засоления являются литолого-геоморфологические особенности обсохшего дна и гидрогеологические условия. Рельеф является одним из ведущих факторов засоления. Установлено, что понижение рельефа засолены обычно сильнее повышенных его участков.

Более слабое засоление последних связано чаще всего с меньшим их увлажнением, за счет более глубокого залегания УГВ и легким составом слагающих их грунтов. Но в пределах маршевых солончаков приподнятые участки рельефа высыхают быстрее и становясь своеобразными «фитилями» начинают втягивать в себя влагу с периферии, вследствие чего в них скапливается большее количество солей чем в понижениях. Такое «фитильное» засоление было описано А.А. Рафиковым для маршей 70-х годов. В отличие от них марши конца 90-х годов характеризуются практически идеально ровным рельефом и «фитильное» засоление им не свойственно.

В понижениях рельефа обсохшего дна соли формируются как за счет испарения морской воды, оставшейся в них после отступления моря, так и за счет выклинивания высокоминерализованных грунтовых вод, или внутригрунтового испарения. Так образовались многочисленные мирабилит-тенардитовые и галитовые пластовые залежи, галит-рапные озера и различные типы солончаков приуроченные к понижениям дна заливов и проливов Акпеткинского архипелага (Рафиков, 1982; Рубанов, 1994; Пинхасов, Мавлянов, 1997). В отличие от Акпеткинского архипелага рассматриваемая юго-западная часть обсохшей акватории не отличается таким разнообразием типов засоления. Здесь кроме маршевых и избыточно-гидроморфных лужа-рапных солончаков последних лет осушки развиты приморские влажно- и сухо-солянокорковые, корково-пухлые и пухлые солончаки и типичные остаточные отакыренные солончаки. Степень и тип их засоления детально описаны в предшествующем разделе, при характеристике ландшафтов, составной частью которых они являются.

Здесь же отметим, что основные запасы солей в них содержатся в корке и 5–10 см верхнем подкорковом горизонте. Но уже на глубине 0,5 м содержание солей в большинстве типов солончаков резко сокращается и редко превышает 2–3%. Вниз по профилю количество солей

постепенно уменьшается доходя до 1% и менее. Но при глубоком залегании УГВ (3–5 м) в нижней части разреза вновь отмечается увеличение содержания солей до 1–3%, отвечающее современному подъему капиллярной каймы.

Наблюдается определенная закономерность степени и типа засоления от строения разреза зоны аэрации и механического состава слагающих ее пород. Результаты анализов многочисленных данных по солевому составу образцов почво-грунтов показывают, что пески, алевриты и супеси засолены слабее суглинков и глин. Так, тип поверхностного засоления пляжных песков по соотношению SO_4/Cl в мг/экв., в основном, хлоридный, а подводно-отмельных песков вала Архангельского сульфатно-хлоридный. Степень засоления как правило меньше 2% сухого остатка. Но в пределах вала Архангельского засоление песков межбарханных понижений местами достигает 3,8–5,2%. Эти пески покрыты тонкой заструговой соляной корочкой. Столь высокое засоление их связано, прежде всего, с близким залеганием УГВ < 2 м и чрезвычайно высокой минерализации грунтовых вод 30–40 г/л.

В засоленном покровном горизонте песков вала Архангельского наблюдается определенная закономерность изменения содержания анионов и катионов от увеличения степени засоления. Так, при сухом остатке 0,5–1% SO_4 составляет 5–10 мг/экв., Cl – 1–3 мг/экв., Na – 1–3 мг/экв., Ca – 6–10 мг/экв., Mg – 0,5–1 мг/экв. При максимальном засолении песков (4–5%) эти содержания следующие: SO_4 – 35–45 мг/экв., Cl – 28–40 мг/экв., Na – 32–45 мг/экв., Ca – 20–25 мг/экв., Mg – 10–17 мг/экв. Таким образом, при увеличении засоления от 0,5 до 5% содержание SO_4 и Ca увеличивается в 4–5 раз, а Cl, Na, Mg – более чем в 10 раз.

В связи с тем, что значительная часть солей в очагах развевания уносится ветром в атмосферу, были подсчитаны запасы солей в верхнем 4 см слое, отвечающему величине дефляционного переуглубления песчаной поверхности обсохшего дна в год. Эти расчеты являются основой для подсчета объема солепылевыноса в очагах развевания. Кроме того, были подсчитаны запасы солей в верхней части разреза зоны аэрации, в слое 0,04–1 м. Расчеты основывались на степени и характере засоления наиболее крупных литологических комплексов по формуле:

$$N = 100 \cdot S \cdot \delta \cdot F \cdot n,$$

где N – запас солей, т;

S – содержание сухого остатка солей в грунтах, %;

δ – объемная масса скелета грунта, т/м³;

F – площадь контура с одинаковой степенью засоления, га;

n – мощность расчетного горизонта, м.

В пределах переветренных песчаных равнин пляжей и подводных отмелей вала Архангельского на площади около 1300 км² содержание солей в дефлируемом 4 см слое в среднем составляет 1 %. Запасы солей не превышают 5,1–6,4 т/га или 98 тыс. т.

В отличие от песков, супеси, суглинки и илы Аджибайского залива и прилегающей к нему обсохшей части акватории засолены гораздо сильнее – от 3–4 до 27 % сухого остатка. В отличие от них, содержание солей в покровных супесях и суглинках подводной дельты редко превышает 10 %. На глубине 0,5 м засоление повсеместно уменьшается в 2–10 раз, а еще ниже по профилю до 0,3–0,9 %. Для покровных суглинков наиболее характерен хлоридный тип засоления. На глубине 0,5–1 м засоление более пестрое и наряду с хлоридным, становится хлоридно-сульфатным и сульфатно-хлоридным. При минимальном засолении суглинков содержание анионов в них составляет Cl 30–40 мг/экв., SO₄ – 20–30 мг/экв., катионов Na – 20–30 мг/экв., Ca – 15–20 мг/экв., Mg – 3–5 мг/экв. При максимальном засолении – Cl – 210–220 мг/экв., SO₄ – 190–210 мг/экв., Na – 220–270 мг/экв., Ca – 20–30 мг/экв., Mg – 80–120 мг/экв.

При минимальном засолении (3–4 %) запасы солей в корке и подкорковом 4 см слое составляют 25–30 т/га, а при максимальном засолении (20–27 %) запасы солей доходят до 140–200 т/га. В среднем, запасы солей в покровном 4 см горизонте суглинков и супесей между чинком Устюрта и Жылтырбасом на площади около 5,5 тыс. км² составляет около 1,7 млн. т.

Запасы солей в суглинках и супесях в верхней части разреза зоны аэрации, в слое 0,04–1 м, при среднем содержании 1,3–1,5 %, составляют 130–149 т/га, или около 97 млн. т.

Основные выводы сводятся к следующему. Пространственно-временная эволюция процессов соленакопления на обсохшем дне Арала заключается в формировании маршевых и приморских солончаков в первые годы осушки (3–6 лет), когда соли подтягиваемые капиллярным током выпариваются на поверхности, образуя соляную корку.

В последующем, с продолжающимся отступлением моря и понижением УГВ, капиллярная кайма отрывается от поверхности и вынос солей в верхние горизонты прекращается. Начинается их частичное рассоление. Но последнее еще слабо изучено и требует дополнительных исследований.

Начиная с 1995 года в рапных лужах приморских солончаков отмечается кристаллизация мирабилита и галита и начало формирования безжизненной соляной пустыни.

Золотым рельефообразующим процессам и оценке объема выносимого ветром соли и пыли с обсохшего дна моря посвящены работы

Т.П. Грязновой (1979, 1982, 1986), Н.М. Богдановой и др. (1981), А.А. Рафикова, Г.Ф. Тетюхина (1981), А.А. Рафикова (1982), Н.М. Можайцевой, Т.Ф. Некрасовой (1984), Г.В. Гельдыевой, Т.И. Будниковой (1985), Г.В. Гельдыевой (1989), Т.И. Будниковой (1987), Г.В. Гельдыевой и др. (1996), М.А. Григорьева (1987), Н.Т. Кузнецова, М.Е. Городецкой (1986), И.В. Рубанова, Н.М. Богдановой (1987), «Гидрометеорологические проблемы Приаралья» (1990), Б.И. Пинхасова, Т.Э. Мавлянова (1997), Р.М. Разакова, К.А. Косназарова (1998), О.Е. Семенова (1998), О.С. Галаевой (1998), Г.А. Толкачевой и др. (1998), Т.Э. Мавлянова и др. (1998), В.А. Попова (1998).

Эоловые процессы являются основными в преобразовании рельефа обсохшего дна моря. Интенсивное их развитие обусловлено, прежде всего, частыми и сильными ветрами преимущественно северных и близких к ним румбов, свойственных данному региону. При скорости ветра 4 м/с и более незакрепленные пески приходят в движение (Петров, 1950). Ветер расчленяет и усложняет исходную поверхность обсохшего дна моря, формируя положительные (барханы) и отрицательные формы эолового рельефа, и перемещает пески на большое расстояние. Проявляются эоловые процессы с необычайной скоростью и силой и там, где дно сложено песками, они начинают находить свое выражение через 1–2 года после отступления моря. В настоящее время ими охвачено около 1000 км², что составляет около 25 % площади южной части обсохшей акватории.

Выделяется ряд стадий эолового преобразования рельефа обсохшего дна моря: начальная, переходная, низко- и высокобарханная (Пинхасов, Мавлянов, 1997). Стадии находятся в активном динамическом развитии и последовательно сменяя друг друга, завершаются образованием высокобарханного рельефа.

Спаянные в мощные цепи и начинающие зарастать кустарниками высокие барханы, постепенно утрачивают подвижность. Но и они продолжают свое развитие, постепенно наращивая высоту, или меняя конфигурацию в зависимости от преобладающего направления ветра.

На начальной стадии, которая характеризуется незначительным расчленением рельефа 0,1–0,3 м, сохраняется еще близкая к исходной, практически ровная поверхность обсохшего дна. Но уже на этой стадии сама первично-аккумулятивная поверхность морского дна частично видоизменяется. Она или снижается в результате дефляции, или наоборот несколько повышается, вследствие формирования положительных аккумулятивных форм рельефа. Существуют три разновидности начальной стадии эолового преобразования рельефа обсохшего дна: дефляционно-аккумулятивная, дефляционная и аккумулятивная. Первая развита

вдоль северо-восточного и восточного обрамления барханных массивов вала Архангельского, где ширина полосы ее проявления не превышает 2–4 км. Представлена она сечением отрицательных дефляционных и положительных аккумулятивных форм рельефа. Дефляцией созданы как небольшие коверны и язвы выдувания, так и обширные поля площадной дефляции, покрытые обильной ракушей, которая ранее содержалась в унесенном ветром покровом горизонте песка. Местами встречаются останцы «эоловой абрации» с нашлепками сухих водорослей – зостера, предохраняющими их от окончательного развевания. Высота этих останцев (0,2–0,3 м) отражает величину эолового переуглубления исходной поверхности дна с момента его осушения. Аккумулятивные формы выражены небольшими площадками, или буграми навевания и пока еще редкими зачаточными барханчиками.

Режимные наблюдения за данной разновидностью начальной стадии на полигоне восточнее Жылтырбаса показали, что площадь сравнительно небольшой каверны выдувания в 2020 м² увеличилась за год на 30%, а ее дефляционное переуглубление составило 3,3 см (Богданов и др., 1995).

Разрастание каверны происходило в юго-восточном направлении со скоростью 5 м/год, а на север 1 м/год. Объем дефлируемого материала в год составил в среднем 330 м²/год. При плотности песка 1,6 т/м³, масса перемещенного песка составила 438 т/га. Производство содержания солей в песке, которое составляет 1,5% сухого остатка, и массы перемещенного терригенного материала, дает объем солей вынесенных ветром из очага дефляции – 6,24 т/га.

Дефляционная разновидность начальной стадии характерна для районов с двучленным строением верхней части разреза обсохшего дна, когда относительно маломощный покровный горизонт 0,1–0,3 м, сложенный легкими грунтами, подстилается тяжелыми суглинками или глинами.

Так, в южной части авандельты и в узкой полосе прилегающей с севера к Узункаирскому пляжу, ветер практически полностью сдул покровные алевриты и пески и обнажил подстилающие плотные коричневые глины. Ничем не сдерживаемые на их гладкой поверхности большие массы песка перемещены к югу, где по окраине полей площадной дефляции образовались барханные цепи.

Третья разновидность – аккумулятивная представлена обширными покровами маломощных ровных навейных песков (0,1–0,4 м), развитых по обрамлению уже длительно существующих барханных равнин, пляжей и вала Архангельского. Сильными ветрами и бурями различных румбов пески выносятся из этих очагов развевания и в виде поземки перемещаются на большие расстояния 2–12 км, формируя постепенно

наращивающиеся и разрастающиеся песчаные покровы, перекрывающие суглинистое дно (рис. 2.2). По нашим наблюдениям за каждую бую накопывается по несколько миллиметров навееанных песков.

После своей аккумуляции пески быстро покрываются пухляковой соляной корочкой. На первый взгляд, ровная поверхность навееанных песков придает им сходство с незатронутыми ветром морскими донными песками. Но в отличие от последних, в них не содержится ракуша, которая в большом количестве встречается на поверхности суглинков, захороненных под песками. Покровы навееанных песков развиты на площади около 300 км².

Практически повсеместно эоловый рельеф созданный на начальной стадии своего развития по мере приближения к зрелым барханым массивам сочетается с рельефом переходной стадии. Последняя названа так потому, что, несмотря на более длительное ветровое воздействие и появление лучше выраженных положительных форм рельефа бугров и барханов, обсохшее дно в целом еще сохраняет свой плоский равнинный облик. Этим рельеф переходной стадии отличается от следующей за ней барханной стадии, массивы которой возвышаются над прилегающими пространствами.

На переходной стадии дефляция еще доминирует над созидательной – аккумулятивной работой ветра. Положительные эоловые формы рельефа – бугры и барханы высотой до 0,3–1 м занимают небольшую площадь очага развевания 20–30 %, в пределах которого они или хаотически разбросаны, или группируются в небольшие массивы. Зачаточные барханы имеют еще овальные расплывчатые очертания. Длина их (13–17 м) не на много превышает ширину (10–12 м). У зарождающихся барханов крутой подветренный склон только начинает формироваться и плавно переходит в окончания, еще не приобретенных форму рожков полумесяца. Межбарханые пространства заняты обширными полями площадной дефляции с останцами «эоловой абразии».

Низкобарханые пески высотой 1–2 м наиболее широко развиты на всех перевееанных пляжах и занимают значительную часть площади вала Архангельского, где источником их образования являются пески подводных отмелей и банок, а также образуют разрозненные массивы на севере Ержарской отмели.

Естественно, что низкобарханые массивы местами включают в себя и более высокие барханы 2–5 м. Но последние, в юго-западной части обсохшего дна, имеют крайне ограниченное развитие. На пляжах барханые, или бугристо-барханые пески частично закреплены и чаще всего образуют фито-бугры вокруг кандыма или тамарикса.

В пределах вала Архангельского и Ержарской отмели низкобархан-ные пески подвижные и лишены растительности. Наиболее характерной особенностью подвижных низкобарханных песков является изменение их морфологии в зависимости от сезонного направления ветров.

Установлено, что при длительном северо-восточном ветре, особенно весной и летом, низкие барханы группируются в идеальные барханные цепи, вытянутые с северо-запада на юго-восток вкрест господствующему ветру. Но зимой, в связи с частой сменой близких по силе ветров северных и южных румбов, сами барханы и их цепи практически полностью разрушаются и приобретают вид тающих снежных сугробов. Так при зимнем юго-западном ветре, сформировавшийся за лето крутой подветренный, обращенный к югу, склон бархана заносится песком и лишь самая верхушка его продолжает оставаться крутой. Пологий и длинный наветренный склон бархана также частично разрушается и покрывается застругами. Поздней осенью и зимой у низких барханов часто появляются два крутых срезающих друг друга склона. Таким образом, низкобарханный рельеф сильно зависит от смены направления ветра, который переформирует его морфологию. Наблюдения за динамикой низкобарханных песков приведенные Б.И. Пинхасовым и Т.Э. Мавляновым (Богданов и др., 1995) на полигоне к востоку от Жылтырбаса показали, что пески движутся к югу со скоростью 100–110 м, а к юго-западу 50–60 м в год. В северном направлении разрастание аккумулятивных форм песков не наблюдалось. Площадь самого массива увеличивалась на 18–20 % в год.

Таким образом, можно предположить, что за 5–6 лет площадь массива увеличится вдвое, а низкие барханы, нарастив свою высоту до 3–5 м, превратятся в средние и высокие. Низкобарханная стадия как и предшествующая является крайне динамичной, а сами низкобарханные массивы – основными очагами солепылевыноса. В пределах этих массивов 30–40 % площади занята барханными песками, соль из которых уже вынесена ветром. В песках и супесях субстрата межбарханных понижений в среднем содержится до 1–2 % от веса сухого остатка воднорастворимых солей. Средняя величина дефляционного переуглубления межбарханных понижений составляет 4 см/год, что позволяет рассчитать объем сорванного и перемещенного ветром терригенного и хемогенного материала низкобарханных очагов.

Высокобарханная стадия. Средние и высокие барханы 2–5 м развиты в северной части вала Архангельского и на юге, где граничат с Тигровым хвостом. Небольшие разрозненные массивы этих песков расположены и в южной части Ержарской отмели. На севере вала высокие барханы

образуют меридионально вытянутый массив длиной до 16 км, шириной 4–8 км. Здесь они лишены растительности и частично подвижны.

Барханы обычно сгруппированы в цепи, вытянутые с северо-запада на юго-восток, то есть ориентированы против северо-восточных ветров господствующих большую часть года. Цепи, часто представляющие собой уже довольно мощные эоловые гряды, протягиваются на 0,3–0,5 км. Составляющие их барханы или барханские бугры имеют длину до 50–60 м, ширину 35–40 м и четковидный характер соединения через пологие 15–20 м седловины. На окраине массивов встречаются одиночные барханы «кочующие» по ровной поверхности полей площадной дефляции со скоростью 15–20 м/год.

Аккумулятивные формы, то есть сами барханы в отличие от предшествующих стадий занимают значительно большую часть площади массива – до 50–60%. Межбарханские понижения с редкими зостеровыми останцами высотой 0,4–0,6 м покрыты обильной ракушей, «жесткий» покров который начинает играть роль защитного фактора предохраняя пески от интенсивного развевания. Такие покровы ракушки в восточной части обсохшего дна описаны Г.В. Гельдыевой и др. (1997) под названием «ракушечных мостовых».

На юге вала Архангельского и на Ержарской отмели, на территориях обсохших в 70-х годах, средне-высокие барханы частично закреплены кустарниковой растительностью.

В целом, проективное покрытие незначительно – 15–20%. При этом закрепление самих барханов значительно меньше межбарханских понижений. Но и столь незначительное зарастание часто вполне достаточно для того, чтобы барханские цепи потеряли свою подвижность. Барханы, составляющие такие цепи, условно можно отнести к «качающимся». Они «качаются» возле своей оси меняя поперечный профиль с крутого подветренного склона на пологий, и наоборот, в зависимости от смены господствующего сезонного направления ветра. При этом в движении участвуют только верхушки барханов, основания их остаются на месте. Таким образом, даже небольшое зарастание песков сдерживает развитие эоловых процессов и ведет к закреплению и стабилизации эоловых форм рельефа.

На высокобарханной стадии с уменьшением площади межбарханских понижений, являющихся основными источниками солепылевыноса, уменьшается объем выносимого ветром аэрозоля и намечается переход к закрепленным пескам кызылкумского типа.

В юго-западной части обсохшего дна Арала выявлено и откартировано 8 мощных очагов солепылевыноса, представляющих собой обширные

барханные массивы – Причинковый – пляжный (117 км²), Центрально-Аральский (вал Архангельского – 312 км²), Аджибайский (93 км²), Инженерозекский (80 км²), Урдабайский (58 км²), Островной (42 км²), Ержарский (124 км²), Аккала-Узункаирский (135 км²). Кроме барханных массивов, основными очагами выноса солей в атмосферу являются тенардитовые пухляки. Они широко развиты к востоку от рассматриваемой территории в пределах Акпеткинского архипелага. В год дефлируется 1,5–2 см тенардитовой пушонки, а со всех пухляков архипелага выносятся около 3–6 млн. т/год. При этом, сдутая пушонка вновь восстанавливается (Пинхасов, Мавлянов, 1997).

Закономерности развития эоловых процессов заключаются в следующем. Существует ряд стадий эолового преобразования рельефа обсохшего дна моря: начальная, переходная, низко- и высокобарханная, которые последовательно сменяют друг друга. От стадии к стадии, по мере роста барханов, форма их становится классической, а сами барханы, первоначально хаотически разбросанные, постепенно группируются в барханные цепи, образуя массивы подвижных песков. На заключительной стадии высокие барханы соединяются в мощные цепи, постепенно утрачивают свою подвижность и начинают зарастать кустарниками. От стадии к стадии наблюдается постепенное увеличение площади занятой аккумулятивными формами, то есть барханами. Сокращение площади развеваемых межбарханных понижений ведет к закономерному уменьшению объема выносимых ветром соли и пыли, так как перевеянные пески барханов практически их не содержат.

Эоловые процессы не ограничиваются обсохшим дном моря, но в виде мощного солепылевыноса с его поверхности, осложняют и без того неблагоприятную экологическую обстановку Приаралья. Оценка объема солепылевыноса с обсохшего дна Арала и влияние пыльных бурь на экологию Приаралья являются одним из ключевых проблем Аральской экологической катастрофы. Первоначально, по наблюдению из космоса, пылевые потоки прослеживались на 300–500 км (Григорьев, 1987). В последнее время, используя синоптический метод построения траектории частиц, были получены максимальные оценки расстояния выноса аральского солепылевого аэрозоля (Гелаева, 1998). Дальность выноса зависит прежде всего от скорости ветра на высоте переноса и продолжительности бурь. Для частиц размером 16 мкм она достигает 900–3200 км, а частицы размером 90 мкм уносятся на расстояние 170–1300 км.

Исследованиями КазНИГМИ и САНИГМИ установлено, что высыхание Аральского моря оказало заметное влияние на увеличение и интенсивность пыльных бурь. Существуют различные оценки масштабов

проявления эоловых процессов на обсохшем дне моря и объемов ветрового выноса соли и пыли с зоны осушки. По расчетам Н.М. Можайцевой, Т.Ф. Некрасовой (1984), в среднем, в атмосферу поступает от 60 до 100 т/га солей. В среднем с осушки 1960–1980 гг. приходится до 82 т/га в год. И.В. Рубанов, Н.М. Богданова (1986) считают, что вынос только водорастворимых солей без терригенной составляющей пыльных бурь равен в среднем 2286 т/км², а со всей площади осушки 43 млн. т в год. По прогнозам этих ученых в 2000 году будет выдуться 39 млн. т солей в год, т.е. намечется сокращение объема выдуваемых солей, несмотря на увеличение площади осушки.

Изучению механики пыльных бурь и определению объема переносимого ими песчано-солевого аэрозоля посвящена фундаментальная работа «Гидрометеорологические проблемы Приаралья» (1990). В этой работе О.Е. Семеновым и А.П. Шаловым дана модель переноса твердой фазы воздушным потоком и по данным наблюдений на сети метеостанции экспериментальных и экспедиционных исследований получены количественные характеристики этого явления. Было рассчитано, что только с двух очагов расположенных на казахской части обсохшего дна, вынос общей массы аэрозоля составляет 7,3 млн. т, а объем выдутых солей 50–70 тыс. т в год. Приняв плотность песка равную 1,5 т/м³, получилось, что весь годовой объем выноса составляет 5 млн. м³. О.Е. Семеновым было установлено, что скорость дефляционного переуглубления дна в очагах развевания в среднем за многолетия составляет 2 см/год, что близко к полученным нами величинам.

На экологической карте Приаралья масштаба 1:1000000, изданной в Алма-Ате в 1992 г. под редакцией Г.В. Хворова, площадь очагов пылесолевых выносов составляет 2,5 тыс. км². С одного км² обсохшего дна ежегодно выносятся около 8000 т соли и пыли. На карте выделено 5 зон солепереноса:

- 1 зона – сам очаг выноса соли и пыли, обсохшее дно моря;
- 2 зона – прибрежная полоса шириной 20 км на восток и 60 км на юг, где выпадает более 500 т/км² твердых осадков в год;
- 3 зона – примерно той же ширины, где в год выпадает более 200 т/км²;
- 4 зона – 80 т/км²;
- 5 зона – до 20 т/км².

По данным В.А. Попова (1998) с обсохшего дна Арала на прилегающие территории ежегодно выносятся 30–150 млн. т пылесолевой массы, или около 10–50 т/га в год. До 7 т/га ее каждый год выпадает в дельте Амударьи. По данным Р.М. Розакова, К.А. Косназарова (1998) вынос солей со злостных солончаков осушки составляет 12–20 т/га в год. Основные процессы дефляции и транспортировки пылесолевых частиц

происходят в 100 км прибрежной полосе. В дельте Амударьи количество выпадения солепылевых аэрозолей составляет 1,5–6,0 т/га, из них – растворимых солей 170–800 кг/га, а на обсохшем дне Арала до 1800 кг/га. В орошаемой зоне Каракалпакстана величина сухих атмосферных выпадений снижается до 150–300 кг/га, количество растворимых солей составляет в них 2–30 %. В солевом балансе территории роль эолового переноса в зоне осушенного дна и побережья составляет 6–26 %, а для 100–200 км орошаемой зоны 1–1,5 %.

Близкие значения по объему сухих атмосферных выпадений (АВ) были получены О.Е. Семеновым (1998) для казахской части Приаралья. По Р.М. Разакову, выпадающие во время пыльных бурь аэрозоли, приводят к потере урожая хлопчатника до 5–15 %, риса – 3–6 %. Солепылевая аэрозоль влияет на здоровье людей, ускоряет коррозию металла, повреждает линии электропередач. Ежегодное выпадение солей с атмосферными осадками достигает 150–300 кг/га. До 1975 года их минерализация составляла 30–100 мг/л. К настоящему времени она возросла до 100–150 мг/л.

Наиболее объективная оценка объема выпадений минеральных компонентов и пыли с сухими и мокрыми атмосферными осадками в Приаралье дана Г.А. Толкачевой с соавторами (1998). Они отмечают, что за десять лет наблюдений за осадками, минерализация их на севере и западе Приаралья возросла в 1,5–4,5 раза. В Северном Приаралье с осадками выпадение минеральных компонентов в 2–5 раз меньше, чем в Западном и Южном Приаралье, что совпадает с основными направлениями выноса песчано-солевого аэрозоля с обсохшего дна Арала. По сухим выпадениям такой четкой закономерности не прослеживается. В Южном Приаралье, в радиусе 100 км от обсохшего дна, массы сухих выпадений изменяются от 500 до 2702 кг/га в год. В общем, объем минеральных компонентов САВ во всех случаях превышает их массу выпадений с осадками, минерализация водных вытяжек проб САВ в 2–5 раз выше минерализации проб осадков. Суммарный поток минеральных компонентов с осадками и САВ изменяется от 260 до 2402,3 кг/га в год. Химический состав сухих и мокрых осадков следующий – в катионном составе преобладают Ca^+ и Na^+ . На приморских станциях содержание Na^+ увеличивается. В анионном составе преобладают гидрокарбонаты и сульфаты, что связано с влиянием на химический состав почвенных компонентов. Повышенное содержание хлоридов наблюдается на прибрежных станциях.

Таким образом, как отмечают все исследователи мощный солепылевынос с обсохшего дна Арала оказывает негативное воздействие на экологическую ситуацию Приаралья. Он влияет на радиационный баланс,

проявление парникового эффекта, изменение температуры и влажности приземного слоя, снижает урожайность многих возделываемых культур и естественных пастбищ, ухудшает среду обитания человека.

2.5. Ландшафты обсохшего дна Арала в будущем

Как и в настоящее время, изменение и развитие ландшафтов обсохшего дна Арала в будущем определяется прежде всего скоростью снижения уровня моря и сокращением его площади, то есть морфометрическими показателями. Влиянием снижения уровня моря на режим грунтовых вод, которые во многом определяют развитие гидроморфных и автоморфных ландшафтов и господствующих на обсохшем дне процессов соленакопления, эолового и физико-химического выветривания, а также седиментогенезом в остаточном водоеме, так как именно с характером осадконакопления в усыхающем бассейне связано формирование литогенной основы субстрата будущих ландшафтов, который, как отмечалось выше, является одним из основных факторов их становления и развития.

В дальнейшем, природным комплексам обсохшего дна Арала будут свойственны основные закономерности структурообразования, функционирования и развития, которые существуют в настоящее время. Продвигаясь вслед за отступающим морем, по мере снижения его уровня, гидроморфные ландшафты последовательно будут трансформироваться в элювиальные. Участки обсыхающего дна, сложенные песками, будут вовлекаться в эоловое преобразование, а на большей его площади – преобладать галогеохимические процессы. Активизация экзогенных процессов вызовет усложнение ландшафтной структуры осушенной части дна моря.

Проведенные Ш.Е. Ербаевым многолетние наблюдения за уровнем и минерализацией грунтовых вод на стационарном Акбулакском гидрогеологическом створе, расположенном севернее широты родника Акбулак, на осушке 80–90-х годов и Муйнакском створе, протяженностью от коренного берега до 25 км, позволили установить влияние снижения уровня моря на режим грунтовых вод. Так по Акбулакскому створу установлено, что в западной части территории, между чинком Устюрта и валом Архангельского, где разрез сложен в основном тяжелыми суглинками, при падении уровня моря на 1 м, УГВ снижается на 0,5 м. В более пестро построенном разрезе подводной дельты, сложенном переслаивающимися суглинками, супесями, алевритами и песками, т.е. породами с более высоким коэффициентом фильтрации, при том же значении падения уровня моря (1 м), УГВ снижается на 0,7 м (Муйнакский створ).

Располагая этими данными можно с большей определенностью установить, когда современные гидроморфные ландшафты, отвечающие уровню Арала 32,5 м абс. (2000 г.) с УГВ 1–2 м, перейдут в полугидроморфные, а затем и в автоморфные.

В пределах авандельты и прилегающей к ней обсохшей части акватории это произойдет при падении уровня Арала до 31 м абс., а на западе – несколько позже, при снижении уреза воды в море до 30–29 м абс.

Начавшееся превращение осушки 90-х годов в соляную пустыню лишенную растительности, в дальнейшем естественно будет только усиливаться. Накопление солей на поверхности обсохшего дна будет происходить не только за счет внутригрунтового испарения, как это было на открытом побережье 60–90-х годов, но и за счет все усиливающейся садки их непосредственно из интенсивно осолоняющихся вод моря.

Впервые, в 60-х годах, в самом начале аральской проблемы, С.Ю. Геллер (1968) обозначил круг вопросов связанных с предстоящим падением уровня моря, а в перспективе и с возможным исчезновением Арала. Будущее Арала, предстоящие изменения гидролого-гидрохимического режима моря, особенности седиментогенеза, закономерности формирования ландшафтов на обсохшем дне Арала, антропогенная реконструкция Арала и прогноз природной обстановки, если море не удастся спасти, были рассмотрены М.Е. Городецкой, А.С. Кесь (1978), В.Н. Бортником (1978, 1987), Н.Т. Кузнецовым (1975, 1976), Н.Т. Кузнецовым, М.Е. Городецкой и др. (1986), Т.И. Будниковой (1987), Г.В. Гельдыевой (1989), Г.В. Гельдыевой, Т.И. Будниковой, Н.Ю. Медведевой (1996), И.В. Рубановым, Б.И. Пинхасовым, А.К. Курбаниязовым (1998), а также в двух коллективных монографиях «Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР». Том VII. «Аральское море» (1990) и «Гидрометеорологические проблемы Приаралья» (1990).

Впервые, последовательность садки 10 млрд. т солей, содержащихся в водах Аральского моря, по мере его усыхания и превращения в соленое озеро изложил С.Ю. Геллер (1969).

В работе С.Ю. Геллера и других публикациях по гидрометеорологии и гидрохимии Аральского моря отмечается, что на первом этапе, пока минерализация аральской воды не достигнет 30%, из нее будет осаждаться только CaCO_3 . К этому состоянию Арал пришел в конце 1988 г., когда уровень моря упал до 39 м абс., и с закрытием пролива Берга произошло разделение его на Малое и Большое море.

По многим прогнозам, Малое море, после отчленения и отсутствия достаточного питания, будет быстро усыхать и в течении двух ближайших десятилетий может полностью исчезнуть, сконцентрировав в своих обсохших котловинах около 1,5 млрд. т солей.

Второй важный этап, наступивший в 90-х годах, когда соленость вод Большого моря достигла 33–35 ‰, карбонатное осадконакопление сменилось садкой гипса. В настоящее время (конец 90-х годов), когда уровень Большого моря снизился до 35–34 м абс., а соленость его значительно превысила океаническую, достигнув 40–49 ‰, оно перешло в градацию соленых вод.

Третий этап – разделение Большого моря на западную и восточные части может произойти в ближайшие годы, когда уровень моря достигнет отметки 29 м абс. и исчезнет неширокий 3–4 км пролив, ныне отделяющий обширный остров Лазарева – Возрождения от южной обсохшей части акватории. Соленость вод Большого моря в этот период достигнет примерно 75–80 ‰. При дальнейшем повышении солености вод 100–120 ‰ в зимний период начнет осадаться мирабилит. Как отмечает С.Ю. Геллер (1969) на конечной стадии высыхания Аральского моря образуется соленое озеро. Его твердую и жидкую фазу составят около 9 млрд. т солей Na и Cl.

При этом, сначала осядет мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, который затем перекроется пластом поваренной соли – галитом. Последний не поддается воздействию ветра и предохранит воздушный вынос Na_2SO_4 на прилегающие территории. Таким образом, вывод С.Ю. Геллера сводится к тому, что можно не опасаться выноса ветром обезвоженного мирабилита на прилегающие пространства. При этом С.Ю. Геллер не исключал небольшого ветрового выноса Na_2SO_4 , который образуется за счет зимних штормовых выбросов его на берег или внутригрунтового испарения на обсохшем дне.

Навряд ли с выводом С.Ю. Геллера можно полностью согласиться. Осоздание мирабилита представляет собой довольно длительную стадию. Осоздаваясь самостоятельно, мирабилит успеет покрыть значительные пространства обсыхающего дна моря, прежде чем его перекроет галит.

К такому заключению пришел И.В. Рубанов с соавторами (1998), рассматривая процессы соленакопления во впадине Арала в предшествующие геологические эпохи, в недавнюю бытность Арала полным морем и в том случае если море исчезнет.

Так, около 1500 лет тому назад, в период глубокой оксидной регрессии, когда уровень моря упал до 25–27 м абс., в Предчинковом глубоководном желобе и в северных заливах Арала осел мирабилит, который ныне залегает под 48–265 сантиметровым слоем донных илов. Общая площадь распространения соли около 1950 км², вскрытая мощность до 80 см, предполагаемая – несколько метров. При средней мощности соляной залежи даже в 1 м ее запасы составляют около 3 млрд. т.

И.В. Рубанов и др. (1998), рассматривая осадконакопление в недавнюю бытность Арала полным морем, освещая состояние катастрофически усыхающего водоема и давая прогноз его будущего, исходя из современной гидрологической обстановки, при которой приток в море практически отсутствует, также выделяет четыре стадии осадконакопления: терригенно-карбонатную, гипсовую, мирабилитовую и галитовую (рис. 2.3). Первая, как отмечалось выше уже закончилась. Вторая наступила в начале 90-х годов и протекает в настоящее время. В дальнейшем, при самых оптимистических прогнозах темпов падения уровня моря на 0,2 м в год, следует ожидать, что к 2040 году на месте Арала возникнет несколько изолированных озер с минерализацией более 200 г/л, занимающих центральную часть Большого моря, Предчинковый желоб, залив Тшебес и глубокие участки Малого моря.

Когда уровень этих озер достигнет 26 м абс., а соленость превысит 200 г/л, в них будет осаждаться мирабилит (мирабилитовая стадия – рис. 2.3В). Центрально-большеморское мирабилитовое озеро будет иметь площадь порядка 3–4 тыс. км² (30×115 км), Предчинковое 4,5–5 тыс. км² (10–35×200). Общая площадь мирабилитовых озер превысит 10 тыс. км², а общий объем рассола 100 км³. Объем солей, которые осядут в этих озерах, трудно подсчитать, поскольку невозможно определить будущий режим из водно-солевого питания.

При последующем усыхании озер останется только Предчинковое озеро и в заливе Чернышева. К 2065 году, когда первоначальный уровень Арала (+53 м) упадет на 30 м, а уровень озер, следовательно, приблизится к +23 м, в них начнется садка галита (галитовая стадия – рис. 2.3Г). Предчинковое галитовое озеро протянется примерно на 165 км вдоль западной глубоководной зоны, при ширине около 1–35 км. Размер галитового озера залива Чернышева будет всего 5×15 км. Общая площадь озер сократится до 2700 км², а объем рапы в них – до 41 км³. При высокой солености остаточных озер интенсивность испарения их заметно уменьшится и тем самым увеличится время перехода галитовой стадии в более поздние – астраханитовую, эпсомитовую, бишофитовую. Очевидно, что эти последние озера, будучи к тому же и базисом регионального подземного стока, исчезнут не скоро. Что же касается самой пустыни Аралкум, то она как и ныне, но только в еще более угрожающих масштабах, будет являться грандиозным очагом солепылевыноса, поскольку площадь остаточных соленых озер, по сравнению с первоначальной площадью Арала будет крайне незначительна (около 3 %) и они не будут препятствовать этому процессу.

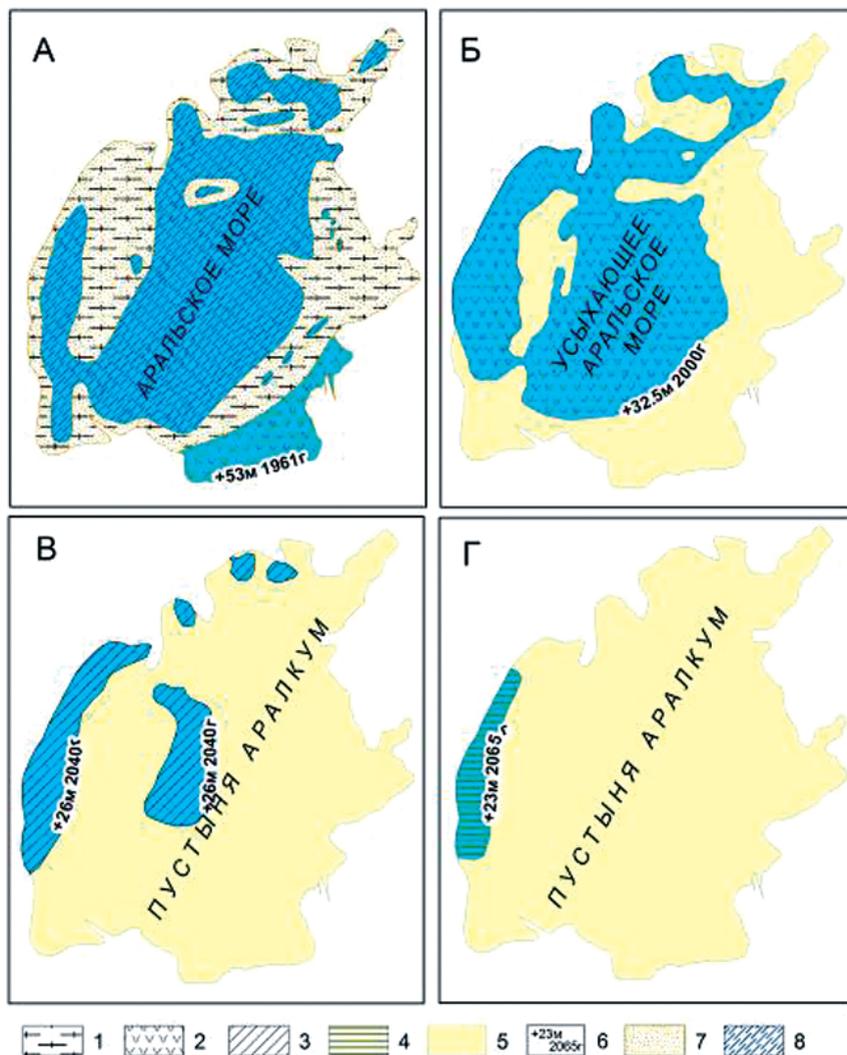


Рис. 2.3. Стадии осадконакоплений в Аральском море и усыхающем водоеме.
 Стадии осадконакопления: 1–4 (1А – терригенно-карбонатная; 1Б – гипсовая; 1В – мирабилитовая; 1Г – галитовая); 5 – песчано-солончаковая пустыня Аралкум; 6 – контур водоема, год, уровень; 7 – пески; 8 – алевриты, глины

Таким образом, когда Арал высохнет, его обсохшее дно будет представлено целым комплексом различных типов пустынь: злостные шоры с небольшими галитовыми озерами центральной части и Предчинковского желоба будут кольцеобразно окаймляться безжизненными мирабилит-тенардитовыми и соляно-гипсовыми пустынями, затем остаточными солончаковыми отакыренными супесчано-суглинистыми пустынями, а вдоль коренного берега и на валу Архангельского – эоловыми подвижными или частично закрепленными песками.

2.6. Пустынные ландшафты Арала – типичные аридные комплексы Туранской равнины

Формирующаяся на обсохшем дне Арала самая молодая в мире пустыня Аралкум относится к песчано-солончаковому типу аридных пустынь. Аридный климат и близкая для многих пустынь морфология исходного первично-аккумулятивного рельефа ведут к формированию одинаковых форм рельефа – подвижных и закрепленных эоловых песков, сухих русел, солончаковых понижений. Несмотря на перечисленные признаки объединяющие пустыни Средней Азии, каждая из расположенных здесь пустынь отличается особенностями развития и главенствующей ролью одних природных процессов над другими.

В этом отношении пустыня Аралкум, большинство природных комплексов которой находится в стадии своего активного развития, существенно отличается от более древних прилегающих к ней пустынь Приаралья. Это отличие выражено прежде всего в необычайной скорости и силе протекающей в ней природных процессов, формирующих основные ландшафтные свойства аридных геокомплексов обсохшего дна моря.

Для сравнения пустыни Аралкум с другими пустынями Арало-Каспийского региона рассмотрим их основные типы. Формирование типов пустынь зависит от многих природных компонентов и прежде всего от климата, литогенной основы субстрата, геохимических процессов почвообразования, жизнедеятельности растительного и животного мира, которые кладутся в основу типологической классификации и районирования пустынь. В связи с чем, в понятие тип пустынь заложен комплекс не только общегеографических, а также экологических показателей.

Но как отмечает А.Г. Бабаев с соавторами в классической монографии «Пустыни» (1986), в настоящее время отсутствует единый подход к классификации типов пустынь. Одни исследователи кладут в основу классификации пустынь климатические показатели, другие – почвы, третьи – растительность, четвертые – литоэдафические условия (характер почво-грунтов и условия произрастания на них растительности).

Редко кто из ученых в своей классификации исходит из комплекса признаков природы пустынь. Обзор классификации среднеазиатских пустынь дан А.Г. Бабаевым с соавторами в упомянутой выше работе.

А.Г. Бабаев, З.Г. Фрейкин (1977) делят пустыни Средней Азии и Казахстана на восемь основных типов: песчаные, песчано-галечные, щебнистые гипсированные, каменисто-щебнистые, глинистые, лессовые, такыровые, солончаковые. В монографии «Пустыни» (1986) А.Г. Бабаев с соавторами делит пустыни земного шара на три крупные эколого-генетические группы: пустыни бессточных впадин, пустыни плато и низкогорий, пустыни побережий океанов.

В пределах этих групп по морфоструктурным и литоэдафическим особенностям выделяются следующие типы пустынь: песчаные, песчано-щебнистые, щебнисто-гипсовые, каменистые, лессово-глинистые и солончаковые.

Из всех перечисленных классификаций ландшафты обсохшего дна Арала – пустыня Аралкум, ближе всего к прикаспийским пустыням и по типу является солончаково-галофитной.

По своему происхождению и природным особенностям ландшафты пустыни Аралкум аналогичны следующим выделенным А.Г. Бабаевым и другими исследователями, солончаковым пустыням:

1) аккумулятивно-морским плоским солончаковым равнинам новокаспийского и современного возраста сложенным песками с сарсазаново-поташниковой, кермеково-солянковой растительностью (восточный Прикаспий);

2) денудационно-дефляционным бессточным солончаковым впадинам верхнечетвертичного и современного возраста, сложенным глинами, суглинками и супесями с сарсазаново-кермековой растительностью и однолетними солянками на шоровых солончаках (западная часть Туркмении, Прикарабагазы, Сарыкамышская впадина);

3) аккумулятивно-морским приморским низменностям верхнечетвертичного и современного возраста, сложенным глинами, суглинками и песками с бедной солянковой растительностью на шоровых и мокрых солончаках (залив Мертвый Култук).

Перечисленные типы солончаковых пустынь и пустыню Аралкум объединяют близкие природные условия и прежде всего наиболее низкое их гипсометрическое положение (бессточная котловина) по отношению к прилегающим пространствам, вследствие чего они являются базисом регионального и местного поверхностного и подземного стока, в них практически отсутствует дренированность, а грунтовые воды характеризуются высокой минерализацией и застойным режимом.

На Арале, как и в Прикаспии, при превращении морского дна в сушу, господствуют единые природные процессы, среди которых ведущая роль принадлежит засолению и мощному эоловому преобразованию рельефа обсохшего дна.

Молодость рельефа прикаспийских солончаковых пустынь и обсохшего дна Арала, климатические и другие природные особенности обуславливают близкие условия формирования их почвенного и растительного покрова. Так, по мере регрессии Каспия, как и на обсыхающем дне Арала, с начала появлялись однолетние солянки и сарсазан, а на засоленных песках ажерек и тамарикс. Потом расселялась мезофильная и ксерофильная растительность. По мере развевания и навевания песков их осваивали гребенщикове, карабараковые и солянковые сообщества с участием черного саксаула.

Несмотря на это, и для пустыни Аралкум свойственны индивидуальные черты и ландшафтные особенности, которые в других пустынях Туранской равнины не встречаются. Здесь пустыня формируется на обсохшем дне моря, где условия рельефа и грунты на фоне аридного климата благоприятствуют развитию эоловых, гало-геохимических, эрозионных и других процессов. Единая бессточная макрокотловина Арала по мере его высыхания — от уреза воды до коренного берега, превращается в типичную пустыню различной стадии развития: от зарождения до вполне сформировавшейся. При этом надо иметь ввиду, что по мере отступления моря, освобожденная от воды часть его дна начинает подвергаться интенсивной переработке аридными процессами, а прежние зоны, освободившиеся от воды в 70–80-х годах, становятся уже типичными элювиальными пустынями того или иного типа. Здесь наблюдается единая направленная тенденция становления и развития пустынеобразования в широком масштабе и интенсивном темпе, которая еще не зафиксирована за последнее сто лет на Земном шаре.

В результате сопряженного анализа в динамичном аспекте основных ландшафтообразующих факторов было установлено, что зарождение и становление природных комплексов на обсохшей части дна Арала происходят с маршевой зоны в направлении коренного берега по мере углубления уровня грунтовых вод, т.е. по мере их обсыхания. В маршевой зоне комплексы зарождаются, а в зоне луговых и типичных солончаков идет процесс становление основных ландшафтных свойств, в зоне остаточных солончаков — развитие, т.е. приобретение главных ландшафтных признаков. Но это начальный этап развития, поскольку для появления установившегося характера режима состояния ландшафта характерного суглинистым и глинистым равнинам (будущим такырным геосистемам)

необходимо значительное время. В целом для обсохшей части дна моря в настоящее время характерно три группы природных комплексов: начальных этапов формирования, формирующиеся и сформировавшиеся.

На обсыхающей части дна Арала развиваются довольно много аридных процессов, но среди них приоритетными считаются эоловые, гало-геохимические. Процессы дефляции и аккумуляции характерны, главным образом, для территории освободившейся из под воды в 60–80 гг., что связано с образованием типичных эоловых форм рельефа, выдувания солей, соляных пылей и песка на окружающую среду. Солевой режим почвогрунтов обусловлен местными условиями рельефа, режимом грунтовых вод и составом отложений. Установлено, что почвы главным образом солончаковые, т.е. преобладающая часть солей накоплена преимущественно в корнеобитаемом слое, но и в нижних слоях профиля почв количество солей также значительно, что свидетельствует об интенсивном капиллярном выносе солей в зоне аэрации.

Устойчивое катастрофическое снижение уровня моря с начала приведет к расчленению Большого моря на две части (при достижении зеркала 29 м абс.), в дальнейшем в результате постепенного высыхания восточной мелководной части сформируются шорово-солончаковые с галитными озерами, а в дальнейшем возникнут безжизненные мирабилит-тенардитовые и соляно-гипсовые пустыни. В западной глубоководной части останется рапное озеро.

3. ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БОРЬБЫ С ПРОЦЕССАМИ ОПУСТЫНИВАНИЯ

3.1. Научные подходы и принципы борьбы с процессами опустынивания

Снижение уровня Аральского моря и расширение обсохшего его дна – это два процесса одной проблемы, которые связаны между собой как причинно-следственные явления. Конечно, при этом, для оптимизации проблемы прежде всего необходимо бороться с причинами исчезновения моря. Но, когда отсутствует реальная возможность направлять в море до 20 км³ воды в год для стабилизации его уровня на отметке близкой к 33 м абс., на первый план выступает борьба с последствиями снижения зеркала Арала.

В сложных, особенно динамичных регионах, целесообразно применять системный подход. Системный подход предполагает, что объект изучения рассматривается как система, а его исследование ведется системными методами (Смирнов, 1981). Аральское море со своими берегами является единой географической системой. Когда, в результате его обмеления, акватория прогрессивно уменьшается, а обсохшая часть функционально расширяется и усложняется, то в этом процессе изучение новой суши становится сложной проблемой.

Усложнение структурно-динамического состояния ландшафтов требует применения комплекса дифференцированных взаимосвязанных мероприятий, которые можно разместить в зависимости от степени сложности геосистем. Все это обуславливает эффективность применения системного подхода.

И.П. Герасимов (1985) пишет, что цель экологического подхода – выявление и исследование связей, существующих между изучаемой той или иной наукой, объектом и окружающей его средой. Да, действительно, именно этот подход способствует выявлению и изучению связей, существующих между природной средой и биотой. Применяемые меры (облесение путем фитомелиорации, повышение продуктивности пастбищ в результате организации агрофитоценозов и т.д.) на обсохшем дне моря, должны соответствовать конкретным экологическим условиям отдельных урочищ, так как именно нормальная взаимосвязь между фитоценозами и окружающими равнинами решает эффективности биологических, лесомелиоративных мероприятий. Для этого следует выбирать

такие засухо- и солеустойчивые растения, которые смогли бы выживать в аридных, засоленных условиях и постоянных ветров.

О ландшафтном подходе не раз писали А.Г. Исаченко (1980, 1991), В.С. Преображенский (1988) и другие. Суть ландшафтного подхода – изучая любой объект, любой процесс на Земле, необходимо учитывать, что он либо входит в одну из ландшафтных единиц, либо охватывает несколько таких единиц. А из этого следует – в любом случае объект природы является проявлением их жизни (входит в них), либо испытывает их влияние, либо сам влияет на них (способен изменить их). Таким образом, одна из важных особенностей ландшафтного подхода – рассмотрение не только объекта изучения, но и его среды как иерархически сложного сформированного целого (Преображенский и др., 1988).

В практическом отношении, ландшафтный подход уже давно зарекомендовал себя при осуществлении оценки геосистем для реализации проектов охраны природы, сооружения инженерных объектов и т.д. В условиях обсохшего дна моря ландшафтная карта позволяет осуществлять дифференцированные мероприятия по борьбе с опустыниванием.

Принцип комплексности в условиях осушки Арала рассматривает осуществление всех видов мероприятий в едином контексте, направленных на борьбу с процессами опустынивания. Иными словами можно сказать, что проектируемые инженерные, гидротехнические, мелиоративные, лесомелиоративные, пастбищно-мелиоративные и другие мероприятия должны быть взаимосвязанными и взаимообусловленными и направлены на одну главную цель – смягчения интенсификации опустынивания.

Обсохшее дно Арала в территориальном отношении занимает довольно большой регион, тесно связанный с Приаральем, и образующий с ним единый парагенетический комплекс. В связи с чем, целесообразно применение принципов целостности в охране природы. Первый из них предусматривает применение мероприятий природоохранного содержания одновременно в Приаралье и на обсохшем дне моря, что позволяет оптимизировать борьбу с нарушением природной среды на достаточно большой территории. Приаралье и обсохшее дно моря – это вместе довольно высоко динамичный регион, где всякие попытки улучшения природной среды должны осуществляться одновременно с охватом почти всех участков нуждающиеся в тех или иных мероприятиях.

Принцип районирования в условиях пустыни Аралкум наиболее эффективен в том отношении, что из-за пестроты природных условий и динамичности морфологической структуры ландшафтов, а также общего тренда природных процессов в сторону дальнейшей аридизации среды,

позволяет конкретно применять узкоспециализированные мероприятия в районах, которые нуждаются в улучшении различных параметров.

3.2. Закрепление почвогрунтов и подвижных песков

К настоящему времени накоплен значительный опыт по облесению и закреплению почвогрунтов и подвижных песков аридных пустынь. Он достаточно подробно изложен в работах М.П. Петрова (1950, 1974), И.С. Зонна, Н.С. Орловского (1984), коллективной монографии «Опустынивание в Узбекистане и борьба с ним» (1988).

В последнее десятилетие, в связи с аральской экологической катастрофой, исследования многих ученых были направлены на борьбу с опустыниванием, защиту осушенного дна моря от неблагоприятных естественных и антропогенных факторов, сокращение ветровой эрозии почв и солепылевыноса, возобновление травянисто-кустарниковой растительности путем фитомелиорации и других способов закрепления почвогрунтов и подвижных песков.

3.2.1. Фитомелиорация

Фитомелиорация обсохшего дна Арала является одним из основных путей закрепления донных песков от развевания и создания кормовых угодий. Большие опытно-экспериментальные работы по облесению обсохшего дна моря проведены Узбекским научно-исследовательским институтом лесного хозяйства (бывший СредазНИИЛХ). Первые результаты этих исследований, проведенные Н.Е. Кокшаровой и Г.Н. Исаковым (1985), показали высокую их эффективность. Создание защитных насаждений на супесчаных почвогрунтах и подвижных песках обсохших Рыбацкого и Муйнакского заливов путем посева семян и посадки черенков черного саксаула, черкеза Рихтера, кандыма, гребенщика проводилось одновременно с фиксацией рельефа. Последняя осуществлялась при помощи устилочных и полустоячих механических защит из лебеды и камыша, а также ленточных покрытий из нерозина или смеси сульфатно-спиртовой барды (ССБ) и поливинилацетатной эмульсии (ПВА). Было установлено, что на подвижных песках наиболее хорошо приживается черкез Рихтера, а на супесчаных не расчлененных равнинах — саксаул черный и кандым голова медузы. Продолжение опытных исследований по фитомелиорации позволили З.Б. Новицкому, Н.Е. Кокшаровой и В.В. Снигереву выпустить в 1991 г. «Рекомендации по созданию защитных насаждений на грунтах легкого механического состава осушенного дна Арала».

В 1997 году З.Б. Новицким была защищена докторская диссертация «Научные основы защитного лесоразведения на осушенном дне Арала».

В этих публикациях освещены научные принципы и технология создания защитных насаждений на супесчаных и песчаных отложениях обсохшего дна, ассортимент кустарниковых пород пригодных для фитомелиорации и способы механического и химического закрепления подвижных песков.

Основными лимитирующими факторами произростания кустарников, рекомендованных для фитомелиорации, являются допустимая степень и характер засоления верхнего горизонта (0,5–1 м), глубина залегания и минерализация грунтовых вод и степень эродированности поверхности.

Все типы грунтов делятся на две группы, для которых применяются соответствующие приемы лесомелиорации. К первой группе относятся плоские не расчлененные супесчано-песчаные равнины, ко второй – все типы подвижных песков – от низких бугров до высоких барханов. Принципиальное отличие методов создания защитных насаждений на них заключается в том, что на почвогрунтах первой группы, посев и посадка производится без фиксации рельефа, а на второй – с предварительной фиксацией поверхности песчаного рельефа.

На почвогрунтах первой группы рекомендуются три типа защитных лесонасаждений: пастбишно-защитные, мелиоративно-кормовые и почвозащитные. При их создании полосная обработка почвогрунтов производится чизелем и дисковой бороной с посевом семян и посадкой саженцев саксаула черного, черкеза Рихтера, а на опресненных песках саксаула белого, черкеза Палецкого, кандыма. Из кормовых кустарников и полукустарников рекомендуются чоган, кейрук, терескен.

Для фитомелиорации подвижных песков необходимо предварительное механическое или химическое их закрепление, а затем посев или посадка саксаула, черкеза, кандыма. Сеянцы высаживаются весной с затренированной стороны, а семена осенью.

Большой вклад в познание фитомелиоративных особенностей обсохшего дна Арала внесли ученые Каракалпакстана С. Кабулов (1997), С. Кабулов, М. Ганиев (1999). Все растения, способные произрастать на обсохшем дне, эти исследователи, по состоянию совокупности индивидуальных ценопопуляций, жизнестойкости, численности, возрастной структуре, интенсивности расселения делят на три группы: прогрессивные, регрессивные и локальные ценопопуляции (однолетние солянки).

Прогрессивные – являются наиболее перспективными для фитомелиорации обсохшего дна моря, т.к. характеризуются интенсивным семенным возобновлением и расселением. К ним относятся эресмопартон безлиственный, черный саксаул, кандым – голова медузы, астрагал песчаный, солянка Рихтера, солянка Палецкого, кейреук. Для фитомелиорации слабо- и средnezасоленных суглинистых почв наиболее пригодными

являются терескен, верблюжья колючка, аристида перистая (силен). Они являются ценными кормовыми растениями и культивирование их увеличивает биологическую продуктивность обсохшего дна моря.

3.2.2. Механическое закрепление песков

На подвижных барханах, для предохранения посадок и посевов от выдувания и засыпания песком, устраиваются механические защиты – рядовые, линейные, клетчатые, пленочные, устилочные, которые ослабляют силу ветра и препятствуют развеванию песков. Наиболее приемлемыми с экономической точки зрения являются механические продольно-рядовые защиты из прямостебельной растительности – лебеды, тростника, гребенщика.

На средне- и высокобарханных песках ($h > 1,5$ м) механическими защитами перекрывают только $2/3$ пологого склона, расстояние между рядами защит 2–4 м. На низкобарханных массивах рядовые механические защиты должны покрывать всю площадь, включая и межбарханные понижения. Защитный материал раскладывается на песок, тростник располагается по рядам. Вдоль частично отработанных защит высеваются семена саксаула черного и черкеза Рихтера, а на опресненных песках – саксаула белого, черкеза Палецкого, кандыма.

Очень высокую эффективность показывают грунтовые покрытия из глинистого материала. Уложенные на песках ленты из глины шириной 0,7 м, толщиной 5–6 см хорошо фиксируют рельеф. Вдоль этих полос с заветренной стороны высеваются семена, которые уже в первый год дают хорошие всходы.

3.2.3. Химическое закрепление песков

Фиксация рельефа подвижных песков при фитомелиорации осуществляется также с помощью полосных химических покрытий. Как было сказано выше, высокую эффективность при закреплении песков показали нерозин и смеси ССБ (сульфатно-спиртовая барда) и ПВА (поливинилацетатная эмульсия). Ширина лент покрытия из этих материалов составляет 0,7 м, расстояние между ними 3–4 м. В качестве фиксатора рельефа применяются также и другие, не токсичные и устойчивые к разрушению ветром химические покрытия – водорастворимые полимеры типа К-4, К-6.

Сотрудниками института химии и физики полимеров АН РУз С.Ш. Рашидовой, И.Н. Рубан, А.И. Петровым (1998), С.Ш. Рашидовой, Д.А. Шток и др. (1998) разработаны способы закрепления подвижных песков композициями на основе ацетонформальдегиновой (АЦФ)

смолы. Прочная корка, образуемая при закреплении песков (АЦФ), не препятствует прорастанию семян. Полимерные композиции на основе АЦФ смол отвечают основным требованиям, предъявляемым к химическим мелиорантам: обеспечивают максимальную механизацию работ, не проявляют токсичности, не загрязняют окружающую среду и не разрушаются в течении 3-х лет.

В последние годы учеными Института общей и неорганической химии АН РУз разработаны два способа закрепления засоленных почвогрунтов обсохшего дна Арала на основе промышленных отходов. А.А. Агзамходжаевым, Ш.А. Кулдашевой и др. (1999) для закрепления подвижных песков рекомендуется использовать известкование грунта с добавлением высокодисперсной золы (зола – унос электрофильтров ГРЭС) с последующей обработкой раствором связующего – поверхностью активного вещества (ПАВ). В качестве ПАВ используются лигносульфат (отход целлюлозно-бумажной промышленности), отход масложировой промышленности и отход от очистки газов – моноэтаноломином. При обработке слабозасоленных песков этими композициями образуется корка, прочность которой составляет $6,0 \text{ кг/см}^2$. С увеличением содержания солей в почвогрунте до 25–30%, прочность корки возрастает в 3–4 раза.

Второй способ закрепления почвогрунтов основан на использовании отходов нефтяной промышленности (Кулдашева, Агзамходжаев и др., 2000). Опытные-полевые испытания были проведены на обсохшем дне Муйнакского, Рыбацкого заливов и на Кокдарье (Акпетки). После посева семян и посадки саженцев саксаула, кандыма и гребенщика, поверхность подвижных песков обрабатывалась МН – 3–6% – раствором малонафта – отходом нефтеперерабатывающего производства, 10–25% раствором апаратана – отходом Наманганской нетканной фабрики, ЭГ + зола и ЛСТ + зола – отходы масложировой и целлюлозно-бумажной промышленности и другими реагентами. При использовании этих композиций образуется прочная ($30\text{--}35 \text{ кг/см}^2$) и водостойкая корка. Последняя благоприятствует всхожести и прорастанию семян различных культур и росту черенков кустарниковой растительности.

3.3. Создание водоемов

В январе 1994 года на конференции глав государств Центральной Азии в г. Нукусе была принята «Программа конкретных действий по улучшению экологической обстановки в бассейне Аральского моря». В ней определялись первоочередные мероприятия, которые необходимо принять для смягчения кризисной обстановки в регионе.

Одной из задач предусмотренных программой являлось разработка инженерных решений по созданию на территории дельт Амударьи и Сырдарьи и прилегающего к ним осушенного дна моря, искусственно обводняемых экосистем.

В трудах этой конференции изложена программа под номером 4, суть которой заключается в проведении исследований и разработке необходимых инженерных решений для восстановления естественно-исторического экологического состояния дельт. Программа включает проект 4.1. «Восстановление водно-болотных угодий для создания устойчивого экологического профиля в Аральском море и Приаралье».

Проблема Аральского моря, по характеру, является водно-экологической. Поэтому, вышеназванной программой предусматриваются водохозяйственные мероприятия необходимые для создания условий восстановления прежних экосистем как самого моря (но уже при существующем его положении), так и дельт рек и прилегающих к ним участков обсохшего дна моря.

Для смягчения влияния на окружающую среду усыхания Аральского моря было намечено:

1. Изучение окружающей среды, с целью разработки принципов и стратегии создания устойчивой экосистемы в Аральском море и Приаралье и возрождение их биоразнообразия.

2. Техничко-экономическое обоснование и разработка проектов по созданию в дельте Амударьи и на обсохшем дне Аральского моря искусственно регулируемых водно-болотных угодий.

3. Техничко-экономическое обоснование и проект восстановления северной части Аральского моря, куда впадает Сырдарья.

Часть намеченных мероприятий уже осуществлена или осуществляется. Но, что касается самого катастрофически быстро усыхающего Аральского моря, пока ничего не сделано и имеются лишь старые варианты его антропогенной реконструкции, предложенные еще в 90-х годах.

К началу 90-х годов, для частичного возрождения дельты и прилегающих к ней обсохших мелководных заливах Арала, были созданы регулируемые или частично регулируемые озера и водоемы, за счет обводнения наиболее пониженных участков надводной дельты, т.е. бывших озерно-болотных междуречных понижений, остатками стока Амударьи и коллекторно-дренажными водами. Образовались искусственные озерно-болотные или тростниково-озерные угодья – Судочье, Шагирлыкколь, Макпалколь, Шегеколь (Междуречинское), Майлиозек (Майпост), Думалак, а на обсохшем дне водоемы – Муйнакский, Рыбаккий и обширное проточное озеро Жылтырбас. Гидрологический режим

перечисленных озер и водоемов не постоянен и полностью зависит от объема водоподдачи. По нашим наблюдениям к концу лета уровень многих из них падает на 1–2 м и значительная часть площади водохранилищ и озер высыхает. В целом восстановленные озерно-болотные угодья занимают до 20–25 % площади надводной дельты Амударьи.

Постоянный речной сток в ней осуществляется лишь по Казахдарье и Акдарье. Казахдарья, вместе с сбросными коллекторами КС-1 и 3, питает Жылтырбас.

Устье Кыпшакарды и, расположенная рядом с ним северная часть Междуречинского водоема, перекрыты дамбами. Кунград-Муйнакская система каналов питает Муйнакский и Рыбацкий водоемы. Первый, с запада ограничен 7 км насыпной дамбой. Небольшая 2-х км дамба отделяет Рыбацкий водоем от обсохшего дна моря. Из Рыбацкого водоема, при его переполнении, часть воды по сбросному каналу отводится в сухое русло Инженерозека, по которому в многоводные годы доходит до моря. Нерегулируемый периодический сброс в море осуществляется также с Думалака через Аббас и с Жылтырбаса. Сколько воды поступает в море с Рыбацкого, Думалака и Жылтырбаса неизвестно, так как объем ее никем не замеряется. По нашим наблюдениям сток этот крайне незначительный и не превышает нескольких км³, т.к. осуществляется в незначительную часть года, в основном, весной и в начале лета.

Имеющиеся водоемы на обсохшем дне Арала, вместе с озерами и регулярно обводняемыми междуречьями дельты Амударьи, имеют исключительно важное значение в борьбе с процессами опустынивания региона. Водоемы и постоянно обводняемые междуречья позволяют не только увеличить количество рыбы, но и способствуют повышению относительной влажности воздуха летом, что благоприятно воздействует на вегетацию травянистых, древесно-кустарниковых тугаев. Подъем УГВ на периферии водоемов (на определенном расстоянии) способствует вегетации растений, особенно тростника, ажрека и других кормовых трав. С другой стороны, заготавливается значительный объем сена на зимний период за счет тростника, который обычно охватывает береговые зоны и мелководные части водоемов и озер. В этом отношении местные жители имеют достаточный опыт регулярного обводнения отдельных участков дельты и эксплуатации водоемов обсохшей части дна моря. Обводнение экосистем благоприятно сказывается также на разнообразии и экологии отдельных видов животных (птиц, рыб, ондатры, копытных и т.д.).

Однако водоемы нуждаются в текущем ремонте и очистке, так как частые прорывы, постоянное заиливание и зарастание требуют проведения соответствующих профилактических работ.

Нам кажется целесообразно создать еще ряд водоемов инженерного типа на обсохшем дне Аджибайского залива, что будет способствовать улучшению состояния опустынивающейся природной среды дельты Амударьи и осушенного дна моря.

3.4. Природные комплексы южной части обсохшего дна Арала, нуждающиеся в применении природоохранных мероприятий

Природоохранные мероприятия, направленные на снижение последствий опустынивания обсохшего дна моря, отражены на соответствующей карте (рис. 3.1). При ее составлении ряд ПТК, обладающих близкими ландшафтными свойствами, были объединены в районы. Это облегчило задачу разработки природоохранных мероприятий и рекомендаций по рациональному природопользованию.

Ниже для каждого района, нашедшего свое отражение на карте (рис. 3.1, 1–10), дается сначала краткое описание, а затем предлагаемые практические мероприятия:

1 – маршевые, избыточно увлажненные лужа-рапные и влажные соляно-корковые приморские солончаки последних десяти лет осушки и мокрые пухляковые солончаки ранних лет осушки – лагуны Соргуль и Муйнакского взморья. Данные территории не пригодны для всех видов хозяйственной деятельности.

2 – массивы бургисто-барханных, частично закрепленных, перевенных песков пляжей, берегового склона и подводных отмелей. Запрещение вырубki кустарников – кандыма, саксаула, тамарикса.

3 – массивы оголенных подвижных барханных песков вала Архангельского и севера Ержарской отмели. На этих массивах в ближайшие один-два десятилетия, до достижения зрелости эолового рельефа, т.е. увеличения глубины его расчленения, образования мощных малоподвижных гряд и начала естественного зарастания кустарниками, фитомелиоративные работы не рекомендуются.

4 – высокий береговой вал (бар) Тигрового хвоста, осложненный фито-тамарикс-кандымовыми буграми. Сохранение уникального геологического памятника – бывшего островного бара. Запрещение вырубki кустарников и строительных работ.

5 – субгоризонтальные супесчано-суглинистые равнины подводной дельты Амударьи и обсохшего дна Аджибайского залива лишенные растительности или находящиеся в начальной стадии зарастания. На этих обширных пространствах рекомендуется фитомелиорация.

6 – субгоризонтальные супесчано-суглинистые равнины обсохшего дна Аджибайского залива и авандельты с карабарачниками и тамариксчатниками.

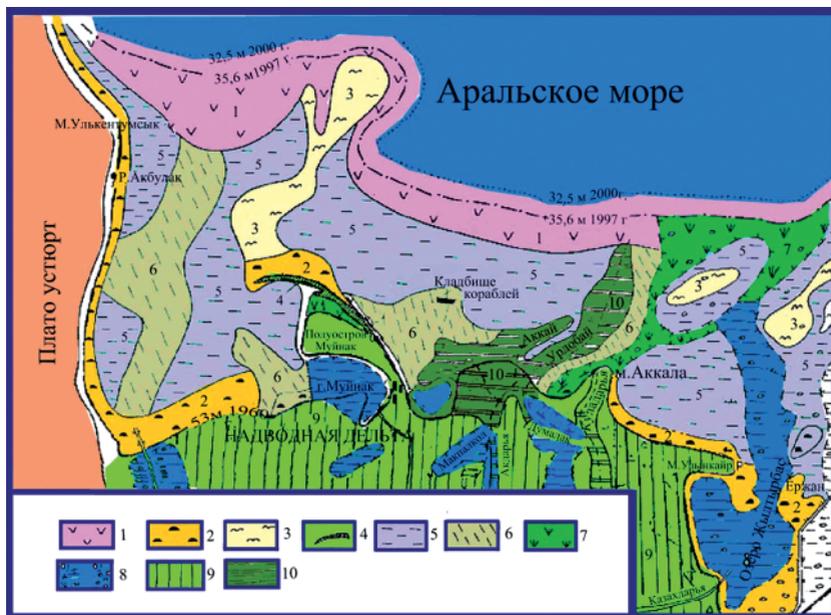


Рис. 3.1. Карта природоохранных мероприятий и рационального природопользования

Поддержание и закрепление естественного кустарникового зарастания регулируемым сбросом вод Судочьего, Муйнакского и Рыбачьего водоемов.

7 – защитная зеленая полоса высоких тамарикс-тростниковых зарослей вдоль периодического Аббас-Жылтырбасского сброса. Сохранение защитного тамарикс-тростникового барьера регулируемым стоком с Думалака и Жылтырбаса.

8 – тростниково-озерные угодья озера Судочьего, Муйнакского, Рыбачьего водоемов, Макпалколя, Думалака и Жылтырбаса:

- поддержка тростниково-озерных угодий регулярным обводнением;
- создание заповедников.

В пределах деградированной надводной дельты Амударьи при достаточном поступлении поверхностных вод, кроме поддержания водохранилищ, рекомендуется:

9 – бывшие междурусловые озерно-болотные понижения. Поливное земледелие и кормопроизводство (клевер, тростник).

10 – прирусловые валы. Периодический пропуск речных вод по руслу Акдарьи, Урдабау, Аккаю, Инженерозеку и Кунардарье для сохранения высыхающих уникальных древесно-кустарниковых тугайных зарослей.

3.5. Устойчивое управление тенденции развития процессов опустынивания и ландшафтов – основа оптимизации природной среды обсохшего дна Аральского моря

3.5.1. Возможности и характер управления природной средой Аралкум

Управление состоянием, функционированием, стабилизацией и развитием природных комплексов Аралкума – это чрезвычайно сложный механизм, требующий учета внешних, внутренних факторов и факторов, развивающихся в результате их взаимодействия. Эти факторы настолько изменчивы в пространстве и во времени, что их единовременное полное управление практически достигается с большим трудом. В условиях высокой степени динамичности природных комплексов и процессов целесообразно вести, наряду с глобальным управлением, охватывающим всю территорию Приаралья и Аралкум, также и региональное, где наблюдаются интенсивные неблагоприятные явления.

Структурно-динамическое состояние ландшафтных комплексов определяет их возможности и характер управления. Урочища маршевых, луговых избыточно-гидроморфных солончаков или природные комплексы начальных этапов формирования (32,5–35 м абс.), поскольку они находятся на стадии зарождения, становления и усиленного развития, применение тех или иных мероприятий не дает соответствующего эффекта, поэтому целесообразно воздержаться от них.

Урочища приморских гидроморфных солончаков или природные комплексы, также находящиеся на начальной стадии формирования (35,1–38,0 м абс.), характеризуются интенсивным накоплением солей в почвах, т.е. они находятся на стадии приобретения основных свойств галофитных ландшафтных комплексов. Высокая динамичность морфологических структур ландшафтов и тенденция соленакопления не благоприятствуют внедрению каких-либо практических мероприятий по управлению аридными процессами.

Урочища остаточных типичных солончаков, или формирующиеся и сформировавшиеся природные комплексы (38,1–47,0 м), в структурно-динамическом отношении, по сравнению с предыдущими ПТК, в значительной степени со сформировавшимися основными ландшафтными свойствами, характеризуются тем, что в них закончилась концентрация солей в корнеобитаемом слое и началось общее естественное рассоление почв этой зоны осушки моря. Грунтовые воды также приобретают установившийся режим, но с общей тенденцией дальнейшего снижения его зеркала. Эти природные комплексы, в целом, пригодны

для внедрения каких-либо мероприятий (в основном фитомелиорации) по предотвращению тех или иных неблагоприятных процессов или явлений. Урочища подвижных песков пляжей, берегового склона (47,1–53,0 м абс.) и вала Архангельского нуждаются в комплексе практических мероприятий, где в настоящее время осуществлялись определенные работы по закреплению песков.

Таким образом, Аралкум, в зависимости от структурно-динамического состояния природных комплексов от уреза моря до коренного берега, в различной степени пригодны для ведения комплекса мероприятий. При этом, из-за динамичности природных комплексов, рубежи территорий применяемых мероприятий, регулярно меняются в направлении уреза воды. В том же направлении меняются виды и типы мероприятий (от песчаукрепительных, до укрепления источников солей и очагов солепылевыноса и др.).

3.5.2. Управление динамикой и развитием природных процессов

Обсохшая часть дна моря является ареной действия различных аридных процессов, которые являются двигателями изменения геокомплексов. Установлено, что эоловые процессы в определенной степени управляемы, в то же время процессы соленакопления в условиях Аралкума практически не управляемы. С другой стороны нужны ли вообще мероприятия по предотвращению солесбора в зоне аэрации грунтов, так как по мере снижения зеркала грунтовых вод ниже 5–7 м, будет наблюдаться естественное рассоление почв за счет атмосферных осадков? В связи с этим, необходимо сосредоточить внимание на закреплении песков, а не на борьбе с солончаками, особенно пухлой категории, добиваясь максимального увеличения проективного покрытия растительности с целью предотвращения выноса солей и соляной пыли ветром.

Управление подвижными песками и борьба с ними должна вестись на основе богатого мирового опыта и последних достижений ученых Узбекистана. Песками покрыта значительная часть Аралкума. Они широкой полосой окаймляют коренной берег и, при господствующем северо-восточном ветре, продвигаются в сторону дельты Амударьи. Этим обусловлена необходимость быстрого прекращения миграции подвижных песков путем соответствующих мероприятий и предотвращения их развевания, т.к. солепылевынос опасен для дельтовой равнины Амударьи.

Дефляции подвергаются также супеси, алевроиты, легкие и отчасти средние суглинки, которые имеют значительное распространение на обсохшем дне моря. Первыми перемещаются и уносятся ветром отложения легкого механического состава, слагающие, как правило, повышенные

участки обсохшего дна. В целях управления эоловыми процессами необходимо в первую очередь, обратить внимание на закрепление повышенных элементов рельефа, как потенциальных объектов выдувания пудрообразных пухлых солончаков, состоящих преимущественно из сульфатных, частично хлоридных солей. В то же время в понижениях рельефа по закономерностям галогеохимии наблюдается формирование солончаков, состоящих главным образом из солей хлора и натрия. Эти солончаки имеют плотную корку и в меньшей степени подвергаются дефляции.

В управлении эоловыми процессами необходимо обратить внимание на мощность песка. Незначительный его слой (10–20 см) не позволяет формированию сколько-нибудь типичных форм эолового рельефа. При мощности свыше 0,5 м могут формироваться типичные формы эолового рельефа, но их параметры будут относительно незначительными. Большой по мощности слой (свыше 1 м) позволяет образованию подвижных песков с нормальными параметрами, когда высота барханов достигает 1,5–2,0 м и более. Такие мощные пески и соответствующие им формы эолового рельефа развиты вдоль коренного берега и на валу Архангельского.

Управление развитием природных процессов – в значительной степени сложный механизм комплекса оптимизации природной среды. Для этого каждый вид процесса должен быть устойчиво регулирован соответствующим комплексом мероприятий. Эффективность мероприятий будет наивысшей, когда тот или иной вид процесса будет отрегулирован в его динамичности во времени и пространстве. Поскольку развитие природных процессов охватывает ряд этапов эволюции (зарождение, становление, развитие зрелости, преобразование и др.), то их управление целесообразно начинать с момента зарождения. На последующих этапах их регулирование становится весьма сложным, трудоемким и требует ассигнования больших финансовых средств. Поэтому, например, управление развитием подвижных песков необходимо начинать с того момента, когда начинается скопление песка, регулируя дефлекцию грунта в том же ареале, или в соседнем.

Все это требует осуществления регулярного мониторинга рельефообразующих и других видов (типов) процессов. Своевременность и комплексность применяемых эффективных мероприятий может быть гарантией устойчивого управления природными процессами.

Эффективность оптимизации природной среды Аралкума может быть достигнута в результате устойчивого управления развитием природных комплексов. Созданные в 80-х годах, Муйнакский, Рыбацкий водоемы и озерно-болотный комплекс Жылтырбас, возникший стихийно

на месте обсохшего дна одноименного залива моря, оказывают положительное влияние на окружающую среду. С другой стороны, они служат объектом разведения и ловли рыб для Муйнакского рыбзавода и заготовки в большом количестве тростникового сена. Нормальное функционирование этих водоемов достигается только лишь при направлении в них достаточного объема речной воды. Ежегодно это не удается, вследствие дефицита воды в Амударье. Подобные регулируемые водоемы целесообразно создать и в других частях на периферии коренного берега.

К управлению подлежат ландшафтные комплексы, входящие в состав формирующихся геосистем (38,1–47,0 м абс.), где происходят процессы естественного рассоления. Здесь необходимо бороться с выносом солей и соляных пылей, миграцией песков в результате воздействия ветра. Дефляция песчаных отложений способствует формированию эолового рельефа, рачленению поверхности осушки. Типичные незакрепленные пески в дальнейшем могут передвигаться в юго-западном направлении, т.е. в сторону дельты Амударьи. Все это обуславливает необходимость сегодняшнего применения в зависимости от конкретных природных обстановок (или структурно-динамического состояния) геоконплексов, проектирования и внедрения соответствующих мероприятий.

К региональному управлению подлежат ландшафтные комплексы, входящие в состав формирующихся геосистем (47,1–53,0 м абс.), где наблюдается интенсивное преобразование и дальнейшее развитие эолового рельефообразования. Здесь, с целью регионального управления эоловыми ландшафтными комплексами, должны быть устойчиво закреплены все виды подвижных песков. От степени закрепленности песков зависит их миграция в сторону дельты Амударьи и населенных пунктов. Следовательно, управление развитием эоловых ландшафтных комплексов должно быть регулярным, комплексным, с налаживанием постоянного мониторинга.

3.5.3. Вопросы оптимизации природной среды обсохшего дна Арала

Снижение уровня Арала привело к освобождению из-под воды свыше 4 млн. га суши, которая представляет собой, в основном, песчано-солончаковые земли. Значительная часть этих земельных ресурсов относится к Республике Узбекистан.

Солончаковые равнины (47–40 м абс.) в изучаемой части обсохшего дна, в связи с практически бессточностью, наличием моря и достаточно большого объема солей, в ближайшие 10–15 лет (а может еще и больше) совершенно не пригодны для поливного земледелия. Песчаные равнины

(53–47 м абс.) и приморские солончаки на отметках рельефа от 40 м до 32 м абс. вообще не пригодны для орошения.

Обширная часть обсохшего дна моря лишена постоянного стока, кроме незначительного временного стока с Думалака и Жылтырбаса.

В последнее десятилетие сток в дельту не превышает 3–5 км³, Муйнакский, Рыбацкий водоемы и озеро Жылтырбас имеют суммарный объем до 1 км³ и предназначены для рыбной ловли, заготовки тростниково-го сена и тростниковых матов для строительства.

Растительные ресурсы являются одним из больших богатств обсохшей части моря. Береговая песчаная полоса 60–70-х годов отличается разнообразием растительных сообществ. Здесь хорошо чувствуют себя черный саксаул, гребенщик и другие псаммофиты и ксерофиты – основа пастбищ песчаной равнины. Урожайность псаммофитных пастбищ колеблется от 5 до 1,5 ц/га (сентябрь), что связано с богатством эфемеров и эфемероидов.

Все отакыренные остаточные солончаковые поверхности заняты однолетними солянками в комплексе с гребенщиками, карабарачниками, сарсазанниками, местами разнотравьем. При этом доминирующими считаются гребенщиковые сообщества, иногда образующие густые заросли. На сильнозасоленных почвах по ареалам растет карабарак, который часто сочетается с гребенщиками. Пастбища указанной зоны не очень богаты (летом и осенью достигая 0,5–1,5 ц/га). Вдоль русел Урдабая и Аккая и Инженерозека развиты тугайные сообщества с не очень богатыми пастбищными ресурсами. Прекращение стока по этим руслам не позволяет широкому развитию тугайных (древесных, кустарниковых и травянистых) фитоценозов. Поэтому пастбища тугаев очень скудны, повидимому их общая продуктивность колеблется от 1 до 3 ц/га.

Тростниковые заросли типичны для зон фильтрации и побережья Муйнакского, Рыбацкого водоемов, береговой полосы и островов Жылтырбаса и сбросов с них. В многоводные годы тростниковые заросли занимают большие пространства и состояние их бывает удовлетворительное, тогда продуктивность достигает больших величин – свыше 10–12 ц/га.

Приморские солончаки (38–32 м абс.) из-за сильной засоленности почвогрунтов в настоящее время не покрываются растениями, если не считать отдельные разреженные кустики однолетних солянок (солерос и сведы), которые также очень чахлые.

Южная часть обсохшего дна моря богата различными полезными ископаемыми. В районе мыса Аккала и Муйнакского залива имеется крупное одноименное промышленное месторождение сульфатных солей. В Аджибайском заливе уже открыты и эксплуатируются месторождения

природного газа и нефти. Сейчас продолжают работы по их дальнейшему поиску и разведке.

Морской аральский песок используется как строительный материал, а ракушки – для украшения стен зданий.

Вопросы природопользования обсохшего дна Арала требуют учета большой изменчивости и хрупкости природной среды. С другой стороны, природные комплексы находятся на стадии становления и развития, т.е. наблюдается формирование природного (экологического) равновесия. Поэтому нарушение любого компонента природы приводит к широкомасштабному развитию негативных явлений и процессов. В частности, рубка кустарников в полосе подвижных песков способствует усилению развития барханов, миграции песков в сторону дельты, заносу песками дорог, инженерных объектов и др.

В целях устойчивого сохранения и стабилизации эоловых форм рельефа необходимо временно отказаться от использования ряда природных (особенно растительных, пастбищных, земельных) ресурсов. Надо создать соответствующие условия для самозарастания осушки моря в целях предотвращения солепылевыноса и развевания песков. В связи с этим, необходимо до минимума сократить влияние техносферы на окружающую среду. Помимо этого, необходимо создание почвозакрепительных лесных полос, облесение песчаных массивов, расширить зоны вегетации тростниковых зарослей и других гидрофитов, мезофитов, ксерофитов, псаммофитов, галофитов.

Происходящие изменения природной среды обсохшего дна Арала настолько динамичны, что за относительно короткое время здесь наблюдается интенсивная трансформация рельефа, режима грунтовых вод, почвенно-растительного покрова в элювиальной тенденции, что в естественных условиях других пустынь Туранской равнины не отмечается, т.е. аналогов нет.

Эоловые процессы здесь не только формируют дефляционно-аккумулятивный рельеф, но и способствуют выдуванию и транспортировке солей на прилегающие территории. Следовательно, эоловые процессы становятся ведущим фактором в расчленении первичной поверхности обсохшего дна моря и транспортировке солей и пыли в другие районы Приаралья. Иными словами, ветер является здесь движущей силой в трансформации природной среды, на что необходимо обратить особое внимание при ее оптимизации.

Отсюда вывод, что всеми силами (потенциалом) и возможностями, особенно, вовлечением мирового опыта, стараться урегулировать деятельность ветра. Необходимо изыскать дополнительные, т.е. еще не выявленные возможности борьбы с ветроэрозийными процессами.

Было бы целесообразно разработать комплексную ландшафтную (графическую) модель Аральского моря, характеризующую происходящие природные процессы (причинно-следственные связи) и их управление. Это намного облегчит возможности управления обсохшей частью дна моря, так как модель дает четкую схему связи между основными блоками аральского «феномена». Такую модель можно создать на нынешнем этапе функционирования Арала и на будущее время (прогнозная модель). Это позволит подготовиться в будущем применять те или иные мероприятия, содержание которых сейчас не известно.

Как отмечалось выше, в будущем на месте Большого моря в результате его полного высыхания по нашему мнению возникнут 4 группы природных комплексов:

1) эоловые песчаные равнины в различной степени закрепленные псаммофитами (это песчаная полоса вдоль коренного берега и эоловые массивы вала Архангельского);

2) остаточные отакырненные и отакырывающиеся супесчано-суглинистые солончаковые равнины, с разряженными черными саксаульниками, карабарчниками, однолетними солянками, гребенщиками;

3) соляно-гипсовые и соляные безжизненные равнины;

4) шоры в сочетании с рапными галитовыми озерами, занимающие центральную часть обсохшего дна моря.

Исходя из этого, следует планировать мероприятия по управлению обсохшего дна моря. При этом, природные комплексы эоловых песков (1) и остаточных солончаков (2) подлежат к управлению, тогда как галогенные комплексы (3, 4) не подлежат управлению.

Природные и искусственные почвозащитные лесные полосы и кустарниковые заросли, нам кажется, будут являться заслоном против выдувания субстрата указанных комплексов. С другой стороны они могут противостоять горизонтальному переносу соли и пыли, выдуваемых с соляных залежей и шоров центральной части обсохшего Большого моря в будущем.

В целях регулярного контроля развития негативных природных процессов на обсохшем дне моря целесообразно на характерных участках создать ряд мониторинговых станций, что весьма необходимо для быстрого регулирования этих процессов.

В результате всестороннего ландшафтного анализа эколого-географических основ динамического состояния природных комплексов необходимо применить комплекс мероприятий по предотвращению негативных процессов. В песчаных почвогрунтах эффективным считается фитомелиорация за счет псаммофитов (посадка саженцев белого

саксаула, черкеза, кандыма и др.), суглинисто – супесчаных засоленных почвах – ксерофиты и галофиты (черный саксаул, тамарикс, карабарак и др.), на ограниченных (сильно разрушенных) участках целесообразно применить механическое и химическое закрепление песков, оказать содействие естественному закреплению песков псаммофитами, вегетации различных кустарников на засоленных почвах и солончаках с целью максимального уменьшения выноса солей и песка на окружающую среду. Все это требует устойчивое планомерное управление режимом развития природных процессов и состоянием динамики морфологических частей ландшафта. При этом необходимо учитывать тенденции изменения и развития эоловых, галогеохимических, гидрогенных и других активных процессов, сказывающихся на состоянии и развитии ландшафтов. Для этих целей целесообразно организовать на различных участках обсохшего дна моря геоэкологических станций-полигонов мониторингового назначения, что полезно для слежения, контроля, оценки динамики процессов, прогнозирования развития природных комплексов, своевременного управления режимом геосистем и негативных природных процессов.

4. СОВРЕМЕННЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЛАНДШАФТАХ ОСУШИВШЕГОСЯ ДНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

4.1. Сезонность в изменениях увлажненности и ландшафтов

Последствием усыхания Арала, помимо изменений морфометрических, гидрологических и других параметров, было образование на месте осушенного дна огромной пустыни площадью к настоящему времени почти 5 млн. га [Духовный и др., 2008]. Ландшафтно-геоморфологические свойства этой пустыни различны в разных частях бывшей акватории моря и зависят от характера ветровых и иных атмосферных воздействий и других факторов. Они также зависят от того, насколько долго тот или иной участок дна находился в осушенном состоянии, и в какой стадии осолонения находилось море в момент обнажения этого участка.

Автор работы [Рафиков, 1982], выделяет следующие основные типы ландшафтов обсохшего дна:

1) слабо наклоненная пляжевая площадь из песков с глубиной грунтовых вод 0–0,5 м с почвами в виде опесчаненных маршевых солончаков – занимает 3 % площади;

2) то же, при глубине грунтовых вод 0,5–2,0 м с почвами в виде луговых опесчаненных солончаков – 22 % площади;

3) то же, при глубине грунтовых вод 2,0–3,0 с песчаными солончаками – 49 % площади;

4) перемежающиеся соляные пятна в песках – 3 % площади;

5) песчаные барханы, подстилаемые суглинками и супесями при глубине грунтовых вод ниже 5–7,0 м – 23 % площади.

Этот обширный круг вопросов не находился в фокусе наших исследований, однако некоторые данные были получены. Несмотря на свою очевидную неполноту, эти данные, с нашей точки зрения, могут представлять интерес, особенно учитывая, что опубликованная ранее информация на эту тему весьма ограничена.

Для исследований сезонных изменений ландшафтов бывшего дна моря на основе спутниковых изображений на кафедре картографии и геоинформатики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова была составлена карта природно-территориальных комплексов Приаралья на 2002 г. [Кравцова, Мудря, 2004].

По спутниковым снимкам, сделанным в 2002 г, прослежены сезонные изменения ландшафтов и составлена серия карт сезонных изменений

состояния природно-территориальных комплексов (см. [Ginzburg et al., 2009]). Эти карты отражают фенологические изменения растительности окружающих пустынь, для которых характерна весенняя и раннелетняя зеленая «волна» растительности и позднелетнее и осеннее выгорание растительного покрова. Карты показывают также асинхронность фенологического развития растительности пустынь и тростниковых зарослей в дельтах рек, возобновляющих вегетацию позже, к лету, и завершающих ее также позже, осенью.

Состояние природно-территориальных комплексов меняется с просыханием грунта после зимне-весеннего увлажнения [Kravtsova, 2006]. Режим засоления территории тесно связан с изменением увлажнения. Весной увлажнена широкая 20–30-километровая зона низких террас вокруг моря. По ее краю, благодаря испарению, образуется солевая корка, окаймляющая увлажненную поверхность террас сплошной полосой шириной 2–10 км.

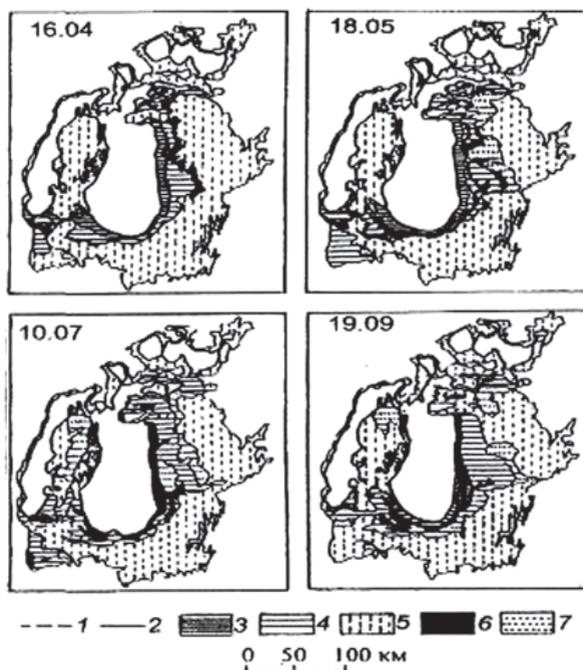


Рис. 4.1. Сезонные изменения увлажнения и засоления бывшего морского дна в 2002 г. Береговая линия: 1 – в 1961 г.; 2 – в 2002 г. Участки бывшего морского дна: 3 – сильно увлажненные; 4 – увлажненные; 5 – сухие; 6 – солевые корки; 7 – участки выпадения солей в результате развевания солевых корок

По мере просыхания территории корка высыхает, эродируется ветром, являясь источником солевых бурь, и постепенно разрушается. Через 2–3 месяца она распадается на отдельные фрагменты и окрестные территории покрываются налетом солей. К концу лета ее остатки полностью исчезают. Параллельно с разрушением первой полосы солевой корки (весенней, наиболее мощной), по мере просыхания низких террас, по краю сужающейся увлажненной полосы образуются новые солевые корки, вначале влажные, а потом высыхающие и испытывающие разрушение дефляционными процессами. Некоторое время существуют одновременно две или даже три полосы солевых корок, каждая из которых находится на разной стадии в цикле формирования по краю увлажненной террасы, высыхания и затем дефляционного разрушения (рис. 4.1).

Таким образом, основные процессы динамики территории бывшего морского дна связаны с режимом ее увлажнения и засоления, просыханием грунта и образованием, а затем разрушением солевых корок по краю сужающейся увлажненной полосы.

4.2. Западный берег западного бассейна

Экспедиционные исследования почвенно-ландшафтных изменений осушенной части дна моря в сочетании с дистанционными наблюдениями проводятся учеными Узбекистана и Казахстана (см., например, [Духовный и др., 2008]), а также группой авторов этой книги.

В ходе полевых работ 2004–2009 гг. было выполнено ландшафтно-геоморфологическое районирование тестовых участков обнажившегося дна в районе мыса Кейинчяк на западном берегу западного бассейна Большого Арала (2004, 2008, 2009 гг.) и на западном берегу восточного бассейна Большого Арала в районе бывшего острова Возрождения (2008 г.). Хотя полученные данные, конечно, не могут считаться полными по отношению ко всей бывшей акватории моря вследствие их ограниченного пространственно-временного охвата, в этом разделе они приводятся в качестве репрезентативного примера и иллюстрируются фотографиями.

В районе мыса Кейинчяк был выделен тестовый участок общей площадью около 5 км² (рис. 4.2).

Участок наблюдений четко делится на южную (равнинную) и северную (сложную неогеновыми известняками сарматского возраста части и имеющую большие уклоны поверхности) части (рис. 4.3, 4.4).

В пределах южного (аккумулятивного) участка приморские остаточные гидроморфные, а южнее полугидроморфные корковые, корково-пухлые. местами пухлые солончаками, припесчаненны сверху песками и супесями. Распространены заросли сведы на солончаках и песках.

По мере снижения степени засоления территории начинают осваиваться многолетние гидро и мезофиты. Полигональные структуры способствуют усыханию почв, подвергаются воздействию осадков и ветра, заполняются песком, способствуя перемещению солей в микропонижения. Полигональные элементы способствуют прорастанию семян эфемеров и многолетних растений. В зависимости от местоположения контура, механический состав может в значительной степени варьироваться в сторону тяжелых или легких фракций.



а

б

Рис. 4.2. Район наблюдений: западный берег Арала:
а — спутниковое изображение и границы тестового участка; б — общий панорамный вид



Рис. 4.3. Аккумулятивная часть контрольного участка
(видна четкая поперечная зональность от уровня 53 м под чинком — до уреза Арала)

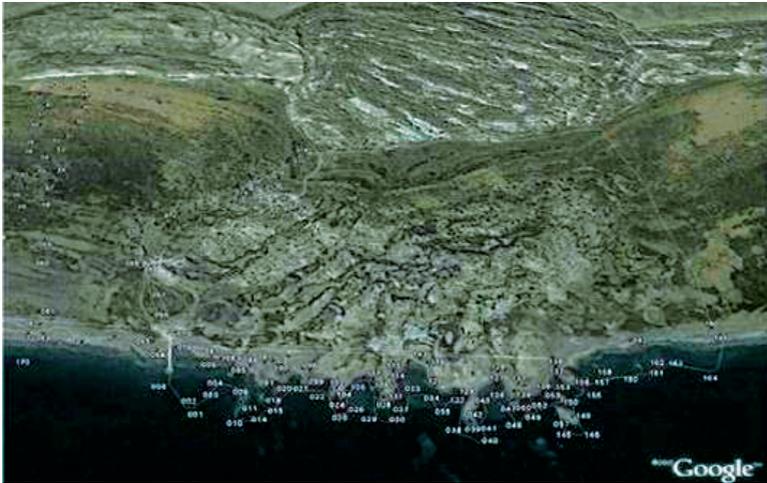


Рис. 4.4. Абразионная часть контрольного участка (видна четкая унаследованность форм прибрежного рельефа от уреза моря к уровню 53 м)

Основными структурными единицами в пределах южного участка являются следующие (в порядке удаления от современного уреза воды).

1. Выровненная полого-наклонная равнина с маршевыми солончаками и пионерными группировками мезогалофитов, подверженная периодическому затоплению морскими нагонными водами (рис. 4.5).



а

б

Рис. 4.5. Выровненная полого-наклонная равнина с маршевыми солончаками и пионерными группировками мезогалофитов, подверженная периодическому затоплению морскими нагонными водами:
а – участки, частично покрытые водой; б – маршевый солончак;
в – зона заплеска, покрытая солевой коркой

2. Мелкобугристая супесчано-суглинистая равнина на приморских солончаковых почвах (рис. 4.6).



а



б

Рис. 4.6. Мелкобугристая супесчано-суглинистая равнина на приморских солончаковых почвах:

- а – с группировками галофитов на приморских солончаковых почвах;
б – с присутствием однолетних псаммофитов в группировках галофитов на участках, перекрытых тонким плащом песка на корковых солончаках

3. Бугристо-ячеистая песчанно-супесчаная солончаковая равнина, с переработанным рельефом в процессе субаэрального развития, с разреженным растительным покровом при участии галофильных кустарников на сорových солончаках (рис. 4.7).

4. Песчаные бенчи, отмечающие долгие периоды стояния Арала, с раковинами *Cardium Edule* и волноприбойной галькой (рис. 4.8).

Ландшафты, соответствующие коренному берегу и уровню начала отступления моря, показаны на рис. 4.9.

В пределах северного абразионного участка основными структурными единицами являются следующие:

1. Абразионные участки морского берега, состоящего из сарматских известняков, мергелей и красноцветных глин (рис. 4.10).

2. Различные формы изрезанности береговой линии (острова, мысы, полуострова, лагуны, рис. 4.11).

3. Ландшафт, сформировавшийся на месте обсохших лагун и заливов (рис. 4.12). Необходимо отметить, что в этих изолированных котловинах ландшафтные зоны, растянутые в аккумулятивной зоне на сотни метров, сменяются на масштабах нескольких метров.

4. Участки берега эскарпового типа (рис. 4.13).

5. Бугристо-ячеистая супесчано-песчаная равнина с приморскими почвами и чехлом желтых среднезернистых несков, местами с переработанным рельефом (рис. 4.14).

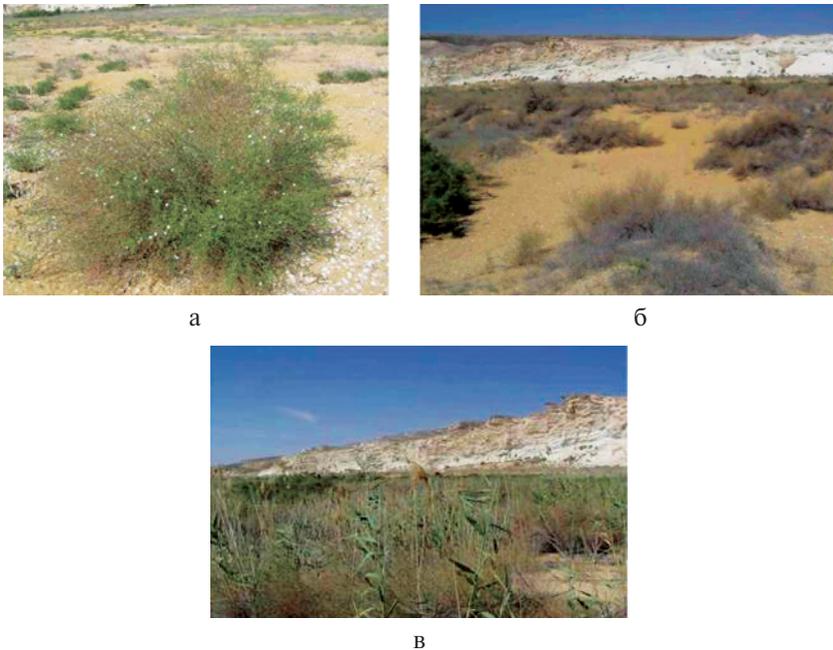


Рис. 4.7. Бугристо-ячеистая песчано-супесчаная солончаковая равнина, с переработанным рельефом в процессе субаэрального развития, с разреженным растительным покровом при участии галофильных кустарников на сорых солончаках: а – полого-волнистая с участием сарсазана и тамариксов; б – грядово-бугристая, с участием селитрянки, тамариксов и сарсазана; в – четковидно-бугристая с локальными выходами грунтовых вод, маркируемых тростником, сарсазаном и карабарком в межбугровых пространствах



Рис. 4.8. Песчаные бенчи, отмечающие долгие периоды стояния Арала, с раковинами *Cardium Edule* и волноприбойной галькой



Рис. 4.9. Уровень 53 м перед чинком Устюрта, от которого началось отступление Арала



Рис. 4.10. Различные абразионные формы морского берега состоящего из сарматских известняков, мергелей и красноцветных глин



Рис. 4.11. Различные формы изрезанности береговой линии (острова, мысы, полуострова, лагуны)



Рис. 4.12. Ландшафт, сформировавшийся на месте обсохших лагун и заливов



Рис. 4.13. Сформировавшиеся ранее берега эскарпового типа

Для абразионной части контрольного участка на первый план выходит геоморфологический принцип унаследованности форм коренного берега. При отступании моря банки превращаются в острова, острова – в мысы, мысы – в возвышенности, бухты и заливы – в лагуны, лагуны – в шоры. Рис. 4.15 хорошо иллюстрирует смену этих формаций.



Рис. 4.14. Бугристо-ячеистая супесчано-песчаная равнина с приморскими почвами и чехлом желтых среднезернистых несков, местами с переработанным рельефом, представлена разреженными экземплярами жужгуна, тамариксов и черного саксаула на мелкобугристых песках



Рис. 4.15. Смена унаследованных формаций по мере регрессии Арала

4.3. Западный берег восточного бассейна (район острова Возрождения)

В отличие от западного берега западного водоема, на территории, примыкающей к бывшему острову Возрождения (западный берег восточного водоема Арала), границы ландшафтных зон отстоят друг от друга на десятки километров. Уклоны здесь минимальны.

В пределах пройденного тестового участка были выделены следующие структурные единицы:

1. Мелкобугристая супесчано-песчаная равнина со слабо переработанным рельефом и слабо закрепленная растительностью на приморских песчаных почвах (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Мелкобугристая супесчано-песчаная равнина со слабопереработанным рельефом, слабо закрепленная растительностью на приморских песчаных почвах

2. Бугристо-ячеистая супесчано-песчаная равнина с приморскими почвами и чехлом желтых среднезернистых песков, местами с переработанным рельефом (рис. 4.17).

3. Реликтовые ландшафты морского побережья с фитогенными буграми тамариксов на слабо развитых пустынных песчаных почвах (рис. 4.18).

4. Сочетание высоких песчаных бугров бывших островов и зарастающих глубоких солончаковых впадин (рис. 4.19).

5. Участки коренного берега бывшего острова Возрождения сложенные сарматскими известняками (рис. 4.20).

6. Зона свежей осушки с лужами рапы (рис. 4.21).



а

б

Рис. 4.17. Бугристо-ячеистая супесчано-песчаная равнина с приморскими почвами и чехлом желтых среднезернистых песков, местами с переработанным рельефом:
а — лишенная растительности на участках остаточных солончаков;
б — с разреженными экземплярами жузгуна, тамариксов и черного саксаула на мелкобугристых песках



Рис. 4.18. Реликтовые ландшафты морского побережья с фитогенными буграми тамариксов на слабо развитых пустынных песчаных почвах



Рис. 4.19. Сочетание высоких песчаных бугров бывших островов с деградирующей пустынной растительностью и зарастающих глубоких солончаковых впадин обсохших морских проливов



Рис. 4.20. Участки коренного берега бывшего острова Возрождения сложенные сарматскими известняками



Рис. 4.21. Зона свежей осушки с лужами рапы (соль кристаллизуется прямо в колеях от вездеходов)

5. ПРОЦЕССЫ СОВРЕМЕННОГО ГАЛОГЕНЕЗА И ГЕОМОРФОЛОГИИ АРАЛЬСКОГО МОРЯ XXI ВЕКА

Аридно-столовый ландшафт Приаралья приурочен к восточной части Устюрта. В строении этого района участвуют меловые и третичные отложения известняково-мергелистого состава. Рельеф плато Устюрт равнинный, абсолютные высоты 200–250 м, местами рельеф его осложняется слабо выраженными грядами и западинами. Ограничивая Арал, Устюрт образует ровную слабоизрезанную, абразионную береговую линию.

Морфологический облик района обусловливается, главным образом, участками коренных берегов, обычно слегка выпуклыми в плане. Последним свойственны клифы высотой в несколько десятков метров. Различие в высотах объясняется оползнями.

Образовавшиеся на береговом склоне оползневые террасы придают ему характер своеобразной лестницы. У подножия клифа этого берега, как правило, располагается узкий песчано-галечный пляж. В ряде случаев абразионные участки, где нет оползней, имеют аридно-денудационный облик (значительное овражно-балочное расчленение, следы выветривания и завал обломочного материала).

Участки ровного коренного берега с клифом типично абразионного вида здесь редки. Местами на коренных берегах, особенно на вогнутых участках, сохранились останцы морской древнеаральской террасы четвертичного возраста. Сложены террасы песчано-галечным материалом.

В строении структур принимают участие известняково-мергелистые и песчано-глинистые отложения мелового и, главным образом, третичного возраста. Четвертичные осадки представлены здесь слабо. В береговой зоне эти осадки выражены верхнечетвертичными отложениями (преимущественно глинистые мелкозернистые пески с раковинами *Cardium edule* и часто прослоем гальки) или современными песками и гальками морского происхождения.

Экспедиционные исследования проводились между мысами Улькентумсык и Дуана. Самая глубокая часть подводного желоба Западного Приаралья в пределах района располагается между мысом Дуана и урочищем Кассарма и на сегодняшний день имеет глубину около 30 м.

Аральское море переживает регрессивную стадию своего развития. Уровень моря, начиная с 1965 года, понизился почти на 35 метра. Острова Лазарева, Возрождения, Барса – Кельмес и Кокарал соединились

с суши, стали полуостровами. Все южные и восточные заливы, кроме северного залива Чернышева, высохли. Большое море разделилось по валу Архангельского на две части: Западную и Восточную, которые соединяются узким проливом.

Берега Аральского моря в современной стадии развития характеризуются выровненным контуром, в отличие от берегов, существовавших до начала регрессии моря. Южный и восточный берега частично представлены аккумулятивными и дельтовыми отложениями. Поскольку в Большое море из Амударьи почти не поступает вода, дельтовые берега можно считать отмершими. Западный, северо-западный берега – абразионные, абразионно-оползневые и абразионно-аккумулятивные, в настоящее время также относятся к отмершим. В настоящее время в результате понижения уровня моря на 30 м береговая линия переместилась более, чем на 1–2 км вглубь моря. На некоторых участках коренные породы (палеоген-неогеновые глины) подходят вплотную к береговой линии и подводно – береговой склон, сложенный ими (мыс Кеинчияк, Джидали-булак и др.), перемывается, и происходит их переотложение при нагонно-сгонных явлениях. Под воздействием последних у береговой линии происходит дифференциация осадков, как по гранулометрическому, так и по минералогическому составу.

В настоящее время в связи с увеличением солености (80–90 г/л) Аральское море превращается в солеродный бассейн. Происходит накопление гипса, в дальнейшем по мере увеличения солености будут осаждаться легкорастворимые соли (мирабилит, астраханит, галит и др.).

Установлено несогласное залегание конгломератов (N – Q) возраста на глинисто-алевритовые отложения палеогена. Абсолютная отметка обнажения » 140 м, координаты точки наблюдения (далее т.н.) 1 – сев. ш.: 45°06,786'; вост. долг.: 58° 19,877' (определение проведено докт. физ.-мат. наук Амбросимовым А.К., Институт океанологии РАН) (т.н. 1, рис. 5.1).

Конгломераты сложены крупно (плоские глыбы мощностью до 10–15 м, длиной до 1,2 м), средне и мелкообломочный материалом, представленным: песчаниками, мергелями, глинами алевритистыми, гипсами (редкие обломки до 10 см длиной). Обломки остроугольные, без следов переотложения. Цемент конгломератов глинисто-мергелистый, цвет (на пологих обнажениях) – светлый, белый, за счет преобладания в составе цемента белых мергелей.

Мощность конгломератов 0,8–2,8 м; азимут падения 140°, угол – 25–28°. Выход конгломератов прослеживается на расстоянии около 50 м.

В С-С-В направлении, по простирацию от выхода конгломератов в т.н. 1, на расстоянии около 80 м, на вертикально обнаженной

стенке (останец выхода палеогеновых отложений) обнажается блок пород в виде нашлапки размером 1,5×1,5 м, также сложенный конгломератами (т.н. 2) Породы, подобно конгломератам, обнажающимися в т.н. 1, но только более мелкообломочные, а цвет их зеленовато-серый.

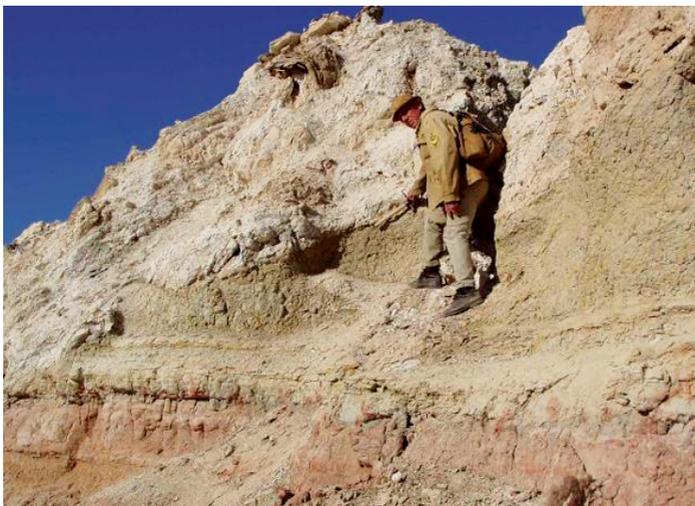


Рис. 5.1. Несогласное залегание конгломератов Аральского моря

Останец сложен (снизу-вверх):

1) пестроцветными глинисто-алевритистыми глинами с субгоризонтальной слоистостью, аналогичными обнажающимся в т.н. 1. Мощность выхода глин 1,2 м;

2) песчаниками мелкозернистыми, горизонтально слоистыми, бледно, светло-коричневыми, крепкими, мощностью около 3,5–4 м. Азимут падения пород 100° , $\angle 15^\circ$. Характерной особенностью песчаников является наличие на вертикально обнаженной стенке их выхода, обращенного в восточном направлении в сторону моря, неясно выраженных впадин, углубляющихся в породу на глубину 10–15 см. Форма впадин, их заглабленность, характерны для обнажений клифа – прибрежного уступа, морского или океанского происхождения. (К одной из этих впадин и прикреплен выход нашлапки конгломератов);

3) глинами пестроцветными алевритистыми, мощностью до 0,5 м;

4) гравелитами, сложенными хорошо окатанной галькой. Мощность гравелитов около 1 м; Общая высота останца около 6–6,5 м.

Итак, конгломераты, обнажающиеся в т.н. 1 и 2, представляют собой фрагменты единого пласта, прослеженного по простиранию на расстояние около 80 м и мощностью до 2,8 м. По характеру залегания конгломератов в т.н. 2, в виде вертикально залегающей нашлепки, прикрепленной нижней частью к пестроцветным глинисто-алевритистым осадкам, а верхней – к углублениям в песчаниках, форме выхода последних – впадины на вертикально обнаженной поверхности песчаников, можно полагать, что обнажение в т.н. 2, представляет собой фрагмент древнего берегового клифа Приарала.

От т.н. 2, вниз по склону обнажаются выходы пестроцветных-темно-зеленых гидрослюдисто-монтмориллонитовых глин палеогенового возраста (рис. 5.1). Далее они перекрываются сползшими глыбами, плитами песчаников, др. пород, вновь выныривают из под обломков и вновь перекрываются ими.

2. На отметке около 70 м выход пласта окатанных конгломератов, залегающих без видимых следов размыва на палеогеновых глинах (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Конгломераты сложены уплощенными – гальками, окатанными глыбами

Как видно из рис. 5.2, конгломераты сложены уплощенными – гальками, окатанными глыбами (мощность до 5–10 см, длина до 1 м) известковистых песчаников, песчаников (редко), единичной полуокатанной

галькой кварца светло-серого цвета и бурыми включениями оксидов железа. Мощность конгломератов около 0,5–0,8 м. Залегают окатанные конгломераты строго горизонтально и параллельно слоистости зеленых глин палеогена без нарушения их последовательности. В зоне контакта конгломератов и глин прослеживается темная, почти черная корочка вторичных карбонатов, мощностью до 1 см. Размеры выходов кровли пласта конгломератов на дневную поверхность составляют в ширину до 5–6 м. Возраст конгломератов 4–5 тыс. лет (устное высказывание докт. г.-м. наук Б.И. Пинхасова, 12–Х1–2003 г). К вопросу о происхождении окатанных конгломератов, обнажающихся в т.н. 3 (рис. 5.1). Представляется, что окатанные конгломераты (обнажение в т.н. 3, рис. 5.1) были образованы в результате морской абразии неокатанных, грубообломочных конгломератов, выход которых был зафиксирован в т.н. 1, 2 (рис. 5.1). История их происхождения неразрывно связана с древней (постнеогеновой) историей развития Аральского бассейна.

На первом, древнем, этапе дно моря представляло собой полого-круто (до 25°) наклонную, в восточном направлении, поверхность, сложенную песчаниками и др. породами, слагающими нынешнюю поверхность чинка Устюрта. В прибрежной части моря формировались грубообломочные конгломераты, сцементированные глинами, мергелями и др. породами. Одно из таких обнажений показано на рис. 5.2.

В результате морской абразии глины, мергели и пр. слабо сцементированные породы, подстилающие либо перекрывающие песчаники, разрушались и размывались. Тонкая фракция глин, мергелей и более крупнозернистая часть разрушенных песчаников, переотлагалась, в восточном направлении, в открытую часть моря. Здесь происходила постепенная аккумуляция дисперсных глинисто-карбонатных осадков с примесью более грубозернистого материала (кварца, слюд, др. минералов) – продуктов разрушения песчаников, пр. пород.

В волноприбойной зоне моря и на некотором удалении от нее, вынос глин, мергелей, др. слабо сцементированных пород, подстилающих пласты песчаников, способствовал разламыванию и обрушению последних, хаотичному сползанию, нагромождению и торошению плит, глыб этих пород на дне моря. (В настоящее время пространство, занятое руинами этих глыб, расположено, примерно, между обрывами чинка, но ближе к отметке в 140–150 м (район т.н. 1, 2) и, точно, у отметки в 70 м, на глубину в 250–350 м. Область скопления плит, глыб создает обманчивое впечатление формирования их при современных оползневых процессах).

Поселившиеся, на этой подводной части моря, камнеточцы-сверлильщики (морские закрепленные организмы), способствовали

образованию многочисленных дырок, пустот в тонких плитах песчаников, выступавших на дне моря. (При дальнейших работах следует выявить поля подобных дырчатых песчаников, глубину их продвижения в сторону суши и пр.)

В прибрежной части моря в результате морской абразии, грубообломочные конгломераты перетирались, окатывались и постепенно сползали по зеленым глинам палеогена, выстилая, на некоторой глубине, порядка 50–60 м, береговой уступ дна моря. Этим и объясняется налегание плит, глыб, окатанных конгломератов, гальки, без видимых следов размыва, на глины палеогена вблизи отметки 70 м (рис. 5.2).

На всем протяжении этого отрезка времени продолжалась аккумуляция терригенных осадков в восточной части моря и ее постепенное заполнение переотложенным материалом.

Следует отметить, что в 50 км к югу от мыса Кейинчияк в районе мыса Кассарма Д.П. Ишниязовым А.К. Курбаниязовым и А.А. Колдаевым было отмечено субгоризонтальное налегание окатанных конгломератов на палеогеновые глины. Однако, здесь можно видеть многочисленные просадки в глинах, их дробление на блоки, куски, проникновение в них по трещинам на глубину до 3–4 м, блоков, обломков грубообломочных известковистых песчаников и др. пород, что может свидетельствовать о большей близости этой части дна моря к береговой отметке или о более значительной крутизне берега).

Дальнейшая история развития морского бассейна связана с постепенным вздыманием морского дна. В результате альпийских тектонических движений (возможно более поздних) был сформирован вал Архангельского (о-ва Лазарева, Возрождения). Море разделилось на две части – западную глубоководную и восточную, заполненную переотложенным материалом, мелководную.

С этого времени начинается современная история развития морского бассейна Аральского моря, постепенно сменившаяся его новейшей историей в 21 веке.

6. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОСТАТОЧНОМ ВОДОЕМЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

6.1. Минерализация вод в остаточном водоеме Аральского моря

До начала антропогенной регрессии хемогенное осадконакопление в Аральском водоеме (при высоком состоянии уровня моря) находилось на стадии образования карбонатов. В результате снижения уровня моря и с увеличением солености воды до 30 г/л и более процесс карбонатонакопления сменился гипсонакоплением. Восточнее бывшего острова Возрождения от Большого моря в пониженной части дна сохранился небольшой остаточный водоем площадью около 400–450 м², глубиной до 1 м с минерализацией воды – 218 г/л, в котором накапливаются соли галит-астраханитового состава. К галогенным осадкам, нами отнесены (наряду с водорастворимыми солями) гипс и хемогенный карбонат.

Среди осадков Аральского моря хемогенные минералы представлены следующими: карбонатами кальция и магния (кальцит, доломит), сульфатами кальция (гипс), сульфатами натрия (мирабилит), сульфатами натрия и магния (астраханит) и хлоридами натрия (галит). Они образуют прослойки, пласты, отдельные включения и относятся к породообразующим минералам. Остальные галогенные минералы (глауберит, эпсомит) встречаются в небольшом количестве, в основном в виде включений, поэтому мы отнесем их к аксессуарным.

Карбонаты среди донных осадков Арала представлены органическими и хемогенными образованиями. Минералогический состав карбонатов представлен кальцитом, доломитом и арагонитом, который был детально изучен и представлен в [Берг Л.С., 1908]. Карбонаты подробно описаны в [Бродская Н.Г., 1952]. В этом же разделе коротко остановимся на хемогенном карбонате. Хемогенный карбонат образует субмикроскопические мелко- и тонкозернистые агрегаты (менее 0,01–0,002 мм). Кристаллы имеют неправильные и ромбовидные формы, собранные часто в агрегаты. Нами карбонаты специально не изучались, мы ограничились определением общей карбонатности осадков при проведении гранулометрического анализа, пересчета данных химических анализов и изучением под микроскопом шлифов и иммерсионных препаратов. Под микроскопом карбонаты узнаются по темным цветам интерференции и двупреломлением минеральных агрегатов. В минеральном составе карбонатов преобладает кальцит. Встречается он в виде ромбоэдров,

иглолечек и сферолитов размером от тысячных долей до 0,1 мм. Магнезиальный кальцит образует оолиты и карбонатные обрастания. Доломит встречается в осадках очень редко и находится в виде пелитоморфных зерен размером до 0,002 мм. По данным химического анализа наибольшая карбонатность отмечается в тонкозернистых осадках в Западной глубоководной зоне, где содержание карбоната в глинах достигает 45–51%. Эти породы можно отнести к мергелям. Гипсы – исключительно хемогенные образования. Среди донных осадков Арала гипс, как породообразующий минерал, образует слои мощностью от 1 мм до 60 см и отдельные включения. Вещественный состав, разновидности кристаллов и распространение по всей акватории Арала детально изучены и описаны в [Блинов Л.К., 1956]. Мы остановимся на последних данных, полученных во время экспедиционных исследований 2010–2015 гг.

При современной минерализации воды в остаточном водоеме (110–147 г/л) по всей акватории водоема создались благоприятные условия для процессов гипсонакопления. Гипс был изучен по образцам, взятым по берегам и со дна пролива, соединяющего Западную и Восточную части моря. По бортам гипс образует твердую корку мощностью более 5 см светло-серого цвета с незначительной примесью стально-серой глины. Согласно полученным результатам химических анализов водорастворимые соли составляют 8,95%, а кислотнорастворимая часть на 100% состоит из гипса (табл. 15). Кристаллы гипса в шлифах и иммерсионных препаратах имеют преимущественно удлиненно призматические формы размером от 1 до 10 мм. В 2010 г. дночерпателем отобраны донные осадки в Западной глубоководной части и у бывшего острова Возрождения. Установлено, что содержание гипса составляет 0,6 и 73,17% соответственно. В образцах глин и глинистых алевролитах, взятых у уреза воды Западного остаточного водоема, солянокислой вытяжкой установлено содержание гипса от 7,2 до 18,5%, хотя визуально гипса не наблюдается. Возможно в этом случае гипс очень тонкозернистый или пелитоморфный. Таким образом, отметим, что гипс относится к породообразующим минералам донных осадков Арала. Он образует прослой разной мощности и накопление его продолжается в остаточном водоеме наряду с водорастворимыми солями. Мирабилит – $(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$. Среди донных осадков образует прослой мощностью 5–15 и более см рыхлых пород, загрязненных черным илом. Осаждается он из осолоняющейся рапы при температуре 0–18°C при концентрации солей около 120–150 г/л. Кристаллы мирабилита водянoproзрачные, короткопризматические, размером 3–5 мм.

Таблица 6.1
Химический состав водной вытяжки из соленосных пород Западного Арала

Порода	№ пр	Глуб, см	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	-H ₂ O	НО	Воло- раств. ост.
Донные осадки											
Глина алевроито-карбонатн.	1	0-15	1,02	0,01	0,1	0,16	3,41	0,8	0,25	94,2	5,75
Глина алевроито-карбонатн. (мергель)	2	15-31	1,32	0,02	0,12	0,21	3,08	1,01	0,78	93,35	6,54
Алеврит глино-карбонат.	3	72-160	0,85	0,01	0,21	0,12	1,48	0,9	0,15	96,15	3,73
Глина (мергель)	4	160-260	1,65	0,01	0,24	0,23	3,3	1,21	0,88	92,41	7,52
Глина алевр.	22	0-30	0,89	0,03	0,24	0,20	2,75	0,98	0,78	94,03	5,87
Глина алевроит-карбонатная (у уреза)	20		1,74	0,04	0,76	0,18	2,08	1,25	2,01	90,81	9,06
Песок алевроит.-карбонатный (м.Кейнчиак)	8	0-35	0,08	-	0,15	-	0,46	0,09	-	99,15	0,78
Корки незасоленных грунтов											
Соляно-гипсовая (Аджибай)	10	Поверх.	1,48	0,01	1,21	0,08	2,85	1,81	0,35	92,09	7,79
Соляная корка (Аджибай)	21	Дно	2,15	-	1,78	0,1	3,7	2,45	0,28	89,45	10,46
Соляные породы (минералы)											
мирабилит	A-09-02		14,33	0,06	0,16	0,32	32,57	0,6	51,8	0,1	99,94
Мирабилит (глуб. СКВ.)	40	9-12	15,2	0,02	1,24	0,6	39,02	0,7	42,94	0,08	99,9
Галит-астрах. Порла (о. Возрожд. Вост. Арал)	35	дно	25,28	0,08	0,18	3,76	34,91	24,25	11,25	0,18	99,89
Гипсовая корка (пролив м-у Зап. и Вост. Аралом)	30	Дно, борт	2,07	0,004	2,05	0,14	1,58	3,05	0,12	90,98	9,02

В настоящее время концентрация солей в воде Западного остаточного водоема Арала достигает 110–147 г/л. Это говорит о том, что в водоеме наступила стадия галогенеза и идет интенсивное накопление мирабилита. При современной минерализации не происходит накопление галита и астраханита. Тем не менее, в большинстве проанализированных проб (водная вытяжка) отмечается присутствие галита от 1 до 5,48 %, в некоторых пробах отмечается наличие астраханита. В большинстве случаев среди черных глин образуются зернистые скопления, загрязненные иловым материалом. При описании керна из скважины глубиной 5 м, пробуренной во время полевого сезона 2014 г. в Западной части Аральского моря, был обнаружен мирабилит. В интервале 9–12 см в черных алевролитистых глинах встречается скопление столбчатых, водяно-прозрачных кристаллов мирабилита, которые образуют агрегаты диаметром 3–5 см, легко распадающиеся на отдельные кристаллы, покрывающиеся на свету белым налетом (обезвоженный мирабилит-пушонки тенардита). Химический анализ отобранного образца показал содержание мирабилита до 88 %.

В этом же году были отобраны донные осадки в Западном остаточном водоеме Аральского моря. Результаты анализа донных осадков показали, что содержание мирабилита в пробе А-09-02 составляет около 97,4 %. При слабом надавливании на мирабилит, помещенный на твердую поверхность, образуется белый порошок – тенардит. Таким образом, можно констатировать, что в остаточном водоеме Аральского моря происходит интенсивное накопление мирабилита.

Анализ образца соли, отобранного из остаточного водоема, образовавшегося восточнее бывшего о. Возрождения, показал, что основными пороодообразующими минералами в этом случае является астраханит – 51,74 % и галит – 40 %. Как акцессоры присутствуют тенардит – 7 % и гипс – 0,7 %. Таким образом основную породу можно характеризовать как галит-астраханитовую. Галит (NaCl) представлен мелко и средне-зернистыми рассыпчатыми зёрнами. Кристаллы имеют кубическую форму размером от 2–4 до 10 мм. Большие кристаллы бесформенные, со следами растворения. Цвет светло-серый или бесцветные, водяно-прозрачные. Галит кристаллизуется из рапы при минерализации 210–250 г/л.

Астраханит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). На его долю приходится 51,75 % от веса породы. Представлен изометричными зёрнами неправильной формы, прозрачными или голубоватыми размером от 1 до 4 мм. Редко встречаются коротко-призматические бесцветные кристаллы.

Кристаллы астраханита выпадают из рапы вслед за галитом. Незначительное количество астраханита встречается в отобранном нами керне

из глубоководной скважины со дна моря. Из-за малого количества материала химический анализ не проводился, мы ограничились изучением его под микроскопом в иммерсионных препаратах. Зерна астраханита чистые водяно-прозрачные, изометричные. Встречаются в небольших количествах зерна близкие по форме к коротко-призматической, размером 1–2 мм. Зерна явно дигенетического происхождения и кристаллизовались, по-видимому, в иловых водах повышенной минерализации внутри пустот алевритовых глин. Показатели преломления $N_g - 1,486 \pm 0,001$, $N_p - 1,482 \pm 0,001$. При попадании воды на поверхность зерен возникают характерные фигуры растворения – треугольники.

6.2. Осаждение минералов на обсохшее и подводное дно Аральского моря

Полученные к настоящему времени данные по современному ионно-солевому составу вод Аральского моря позволили впервые оценить балансовым методом полную массу и минеральный состав солей, осевших на дно в ходе высыхания моря. Посредством сравнения ионно-солевого состава вод моря до начала высыхания [Вейнберг И.Г., 1979] и в настоящее время, с учетом изменения общего объема вод за этот период, были подсчитаны полные массы солеобразующих ионов, выведенных из водной толщи и, предположительно, осевших на дне подводном и обсохшем.

Укажем здесь лишь их конечные результаты (в миллиардах тонн и процентных долях, см. также рис. 6.1): карбонат кальция – 0,07 (2%); карбонат магния – 0,1 (2%); гипс $\text{CaSO}_4 > 2\text{H}_2\text{O}$ – 2,3 (49%); мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 > 10\text{H}_2\text{O}$ – 1,9 (40%); галит NaCl – 0,4 (8%).

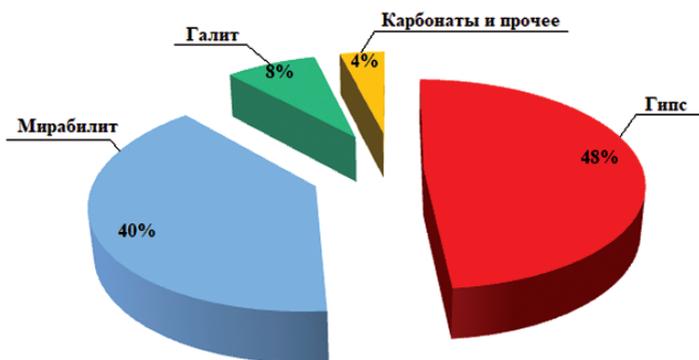


Рис. 6.1. Рассчитанная по новым данным массовая структура минералов, осевших на дно Аральского моря за весь период его высыхания и осолонения с 1960 по 2008 г.

Таблица 16
 Результаты анализа состава донных отложений (в % по массе)

Станция, район	T5	T2	B1	A0902	A0906	Среднее по 5 про- бам
	запад, суша (50 м от воды)	запад, прибой- ная зона	запад, склон	котло- вина	восток, склон	
Глубина, м	0	1	7	36	2	
Na ₂ O	–	0,89	3,07	–	–	1,98
Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	–	–	–	97,40	–	19,48
MgO	4,63	3,14	2,95	0,54	0,53	2,36
Al ₂ O ₃	7,09	6,59	6,42	0,15	0,18	4,09
SiO ₂	23,09	28,46	22,08	0,14	1,05	14,96
P ₂ O ₅	0,07	0,09	0,05			0,04
NaCl	5,53	3,68	5,47	1,08	2,45	3,64
K ₂ O	1,48	1,53	1,49	0,09	0,09	0,94
CaSO ₄ ·2H ₂ O	18,19	18,24	38,20	0,56	73,17	29,67
CaO	11,49	13,01	–	–	–	4,90
TiO ₂	0,50	0,49	0,41	–	–	0,28
Cr		0,04		–	–	<0,01
MnO	0,05	0,05	0,03	–	–	0,03
Fe ₂ O ₃	4,71	4,20	3,85	0,02	0,10	2,58
Rb	0,01	–	0,01	–	–	<0,01
Sr	0,16	0,25	0,24	<0,01	0,44	0,22
Zr	0,03	0,02	0,04	–	–	0,02
BaO	–	0,02	–	–	–	<0,01
Потери при прокаливании	22,19	19,30	15,74	0,01	21,88	15,82

Далее, исходя из этой информации и известных составов основных осаждающихся минералов, были оценены массы последних. Действительно, поскольку гидрокарбонат-ион потребляется только при осадке карбонатов кальция и магния, зная общее уменьшение полного содержания HCO₃⁻ и Mg²⁺, можно рассчитать массы выпавших карбонатов

и затраченного при этом кальция. Оставшаяся невязка в уменьшении содержания кальция задает массу выпавшего гипса и потребленного при этом сульфат-иона. В свою очередь, невязка в содержании сульфат-иона должна объясняться садкой мирабилита, массу которого можно теперь подсчитать вместе с массой потребленного в этом процессе натрия. Оставшийся после этого существенный дефицит в бюджете натрия может объясняться только садкой галита, причем можно рассчитать массу последнего, а также потребленного при этом хлор-иона. Дефицит хлора можно найти и непосредственно из данных ионно-солевого состава, и две этих оценки должны быть близкими, что и произошло. Таким образом, можно надеяться, что описанная выше цепочка расчетов дает реалистичные результаты.

Важным выводом из этих расчетов является то, что садка мирабилита к настоящему времени оказалась почти столь же массивной, сколь и садка гипса, а садка галита уже началась. Общая масса выпавших на дно минералов составила около 4,8 миллиардов тонн.

Учитывая, что период высыхания моря составил к настоящему времени 49 лет, скорость соленакопления оценивается в 0,1 миллиарда тонн в год (или, в среднем, около 3 кг на квадратный метр в год). Эти расчеты также качественно подтверждаются впервые выполненным анализом валового химического состава проб донных отложений (верхние 1–2 см наилка), отобранных на 5 станциях в поперечном сечении западного бассейна моря. Анализы проб выполнены рентгеноспектральным методом по нашему заказу в Центральной лаборатории анализа вещества Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, исполнители: И.А. Рощина, С.М. Черногорова.

Обращают на себя внимание следующие особенности. Прежде всего, верхний слой донных осадков в глубокой части моря (станция А0902) почти полностью (более чем на 97 %) состоит из мелких кристаллов мирабилита.

Однако на мелководных станциях, как на западном, так и на восточном побережьях, а также на обсохшем дне мирабилита в верхнем слое грунта не обнаружено вовсе. Очевидно, это должно быть связано с тем, что если в глубокой части моря температура всегда составляет 5 °С и ниже, то на мелководьях она в течение по крайней мере теплой половины года гораздо выше (15–25 °С в момент экспедиции), и недостаточно низка для садки мирабилита при современной солёности. Зато в мелководных пробах отмечено значительное содержание гипса (от 18 % в прибойной зоне западного побережья до более 73 % у восточного берега, вблизи бывшего острова Возрождения). По нашему предположению, такое уменьшение относительной доли гипса в осадках с востока на запад определяется

ролью терригенного SiO_2 , весьма значительной у западного берега в зоне интенсивного эолового пылевого выноса с плато Устюрт, но гораздо более скромной в глубокой части моря и у песчаного восточного побережья. Наконец, во всех пробах обнаружен галит NaCl в количествах от 1% до почти 6%, что подтверждает сделанный нами ранее по изменениям ионно-солевого состава водной массы моря и достаточно неожиданный вывод о начавшейся уже садке галита (рис. 6.2–6.4). Пропорции между массами мирабилита, гипса и галита в донных осадках, оцененные балансовым методом и полученные при прямом анализе проб, оказались качественно довольно близкими (40:49:8 и 38:60:8, соответственно).



Рис. 6.2. Мирабилит-галитовые осадки

Термохалинная структура вод западного бассейна Большого Аральского моря, наблюдаемая в каждой из экспедиций за исследуемый период, характеризовалась «трехслойной» структурой распределения величин солёности и температуры, что хорошо описывается T, S -кривыми, построенными по данным наблюдений. Наиболее теплые воды в каждой из съемок относятся к верхнему перемешанному слою. Тип вод с наименьшими значениями температуры и солёности, выделяющийся на каждой из кривых, относится к промежуточному, менее соленому слою толщи западного бассейна. Отметим, что год от года в этом слое, как

и в верхнем перемешанном, происходит рост значений солености. За период с 2009 по 2012 гг. рост солености здесь составил приблизительно 10 г/кг. Третий слой – придонный, он характеризуется наличием максимальных значений солености и некоторым повышением температуры ко дну относительно промежуточного слоя. В противоположность верхнему слою, в придонном слое в период наблюдений происходило снижение величин солености (за исключением 2009–2010 гг.).



Рис. 6.3. Осадки мирабилита предыдущей регрессии Арала



Рис. 6.4. Мирабилит, переходящий в тенардит



Рис. 6.5. Берег залива Чернышова
с тонким слоем гипса и мирабилита, переходящего в тенардит

Была проведена работа, посвященная результатам численных экспериментов, целью которых являлось установление причин возникновения «необычной» (по сравнению с соседними морями – Черным, Азовским, Каспийском) антициклонической циркуляции вод в поверхностном слое моря под воздействием преобладающих северо-восточных ветров.

Таким образом, в современных морфологических условиях Аральского моря при воздействии климатического северо-восточного ветра в поверхностном слое бассейна формируется антициклонический характер циркуляции вод. Отметим совпадение этого факта с приведенными выше результатами прямых наблюдений. Использование в экспериментах «инвертированного» относительно продольной оси бассейна рельефа дна немедленно привело к изменению знака циркуляции вод на противоположный, т.е. формированию циклонической завихренности в поверхностном слое бассейна. Аналогичные результаты были получены как для условий реальной стратификации водной толщи, так и отсутствия стратификации. Это позволяет заключить, что, несмотря на значительно

сократившиеся размеры моря и глубокие изменения его гидрофизических характеристик, особенности донного рельефа бассейна продолжают являться основным фактором, определяющим «нетипичный» характер поверхностной циркуляции Аральского моря. Другим важным выводом, вытекающим из результатов выполненных модельных экспериментов, является установленное влияние стратификации на характер придонной циркуляции. В случае однородной водной толщи общее движение вод в придонном слое (здесь имеется в виду глубоководный участок котловины, расположенной вдоль западного берега бассейна) организуется в направлении против действия ветра и не обладает выраженной завихренностью. В этом случае знак циркуляции на глубоководном участке не изменяется с глубиной от поверхности до дна. Введение в эксперимент основанной на натурных наблюдениях стратификации вод резко меняет картину течений в придонном слое бассейна. В глубоководной части моря происходит формирование циклонического вихря, т.е. знак циркуляции меняется с глубиной на противоположный. Кроме того, общий поток распадается на несколько циклонических круговоротов суббассейнового масштаба (что косвенно подтверждается и некоторыми данными прямых наблюдений). «Инвертирование» распределения глубин качественно не изменяет картину течений в придонном слое как в случае стратифицированного, так и в случае однородного бассейна.

В целом Аральское море представляет собой яркий пример экосистемы подверженной мультистрессорному эффекту – гиперсолонения и аноксии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ландшафтные исследования проведенные в южной части обсохшего дна моря – пустыни Аралкум, сводятся к следующему:

1. Установлена роль природных факторов: рельефа, литологического состава донных отложений, поверхностных и подземных вод, климата, почв и растительности в становлении и развитии ландшафтных комплексов.

2. Дана классификация ПТК до уровня урочищ.

3. Зарождение ландшафтов первично-аккумулятивной морской равнины связано с деятельностью Арала, а их становление и развитие с падением уровня моря и осушением его дна, приведших к смене первичных подводных ландшафтов качественно новыми ПТК континентального ряда, воздействием аридного климата и природных процессов.

4. Анализ закономерностей пространственно-временной дифференциации ландшафтов обсохшего дна моря и особенности их функционирования позволяют выделить три группы ПТК: начальных этапов формирования, формирующиеся и сформировавшиеся, которые последовательно сменяя друг друга продвигаются вслед за отступающим морем. Современное состояние первых и вторых характеризуется большой динамичностью. Сформировавшимися комплексам, присущи установившиеся основные ландшафтные свойства и черты аридных геоккомплексов. Непрерывное и необратимое развитие ПТК происходит эволюционным путем через ряд стадий от гидроморфной до элювиальной включительно. Эволюция ландшафтов и усложнение их внутренней организации осуществляется на фоне нарастания, а затем постепенного уменьшения активности природных процессов, сформировавших основные ландшафтные свойства аридных геоккомплексов пустыни Аралкум.

5. На обсохшем дне моря развиты: линейная эрозия, физико-химическое выветривание, галогеохимические, эоловые и ряд других процессов подчиненных зональным закономерностям. Господствующими являются процессы засоления и эоловые. Первые связаны с интенсивным внутригрунтовым испарением близко залегающих высокоминерализованных грунтовых вод и формированием маршевых и приморских солончаков, через которые проходит вся осушка. Эоловые процессы являются рельефообразующими. Выделяется ряд стадий эолового преобразования обсохшего дна моря: начальная, переходная, низко- и высокобарханная. Стадии последовательно сменяют друг друга образуя массивы

подвижных песков. На заключительной стадии высокие барханы соединяются в мощные цепи и постепенно утрачивают свою подвижность. Выделено и откартировано 8 мощных очагов солепылевыноса площадью около 1000 км².

6. Прогнозирование изменений геосистем показывает, что в будущем, ландшафтам Аралкума будут свойственны основные закономерности структурообразования, функционирования и развития, существующие в настоящее время, эоловые и галогеохимические процессы будут господствующими. По мере усыхания Арала и разделение его на западную и восточную части, начнется формирование хомогенных комплексов. Вслед за современной садкой гипса, по мере осолонения остаточных водоемов, будет осажаться мирабилит, а на заключительной стадии в центральной Большеморской части и Причинковом желобе останутся лишь злостные шоры и небольшие галитовые озера. Последние будут кольцеобразно опоясываться различными типами пустынь: сначала безжизненными соляными покрытыми мирабилитом и пухляковым тенардитом, затем соляно-гипсовым и, потом остаточными солончаковыми супесчано-суглинистыми, а вдоль коренного берега и на валу Архангельского, эоловыми бугристо-барханными в различной степени закрепленными песками.

7. В борьбе с процессами опустынивания на обсохшем дне моря необходимо применять системный, экологический и ландшафтный подходы. Все виды природоохранных мероприятий, направленные на смягчение интенсификации опустынивания, должны осуществляться комплексно, т.е. быть взаимосвязанными и взаимообусловленными и по принципу целостности проводиться одновременно в Приаралье и на обсохшем дне моря.

8. В улучшении природной среды Аралкума и предотвращении солепылевыноса большое значение имеют лесомелиоративные мероприятия: пастбищнозащитные, мелиоративно-кормовые, почвозащитные, проводимые одновременно с механическим и химическим закреплением подвижных песков. Большую эффективность при фитомелиорации песков показали полосные химические покрытия из керозина и смеси сульфатно-спиртовой барды, поливинилацетатной эмульсии, композиции на основе ацетанформальдегиновой смолы и различные покрытия на основе промышленных отходов.

9. Для смягчения влияния на окружающую среду усыхающего Аральского моря приоритетным является восстановление водно-болотных угодий и создание искусственных экосистем – Муйнакского и Рыбацкого водоемов, озера Жылтырбас.

10. Исходя из сложных природных условий, большой динамичности ПТК и общего тренда природных процессов в сторону дальнейшей

аридизации, составлена карта применения конкретных природоохранных мероприятий и рационального природопользования.

11. Устойчивое управление тенденции развития процессов опустынивания является основой оптимизации природной среды обсохшего дна Арала. Установлено, что эоловые процессы в определенной степени управляемы, т.к. подвижные пески и легкие почвогрунты самозарастают или закрепляются фитомелиорацией. При этом управление развитием эоловых ландшафтных комплексов желательнее начинать в начале их формирования, оно должно быть регулярным, комплексным с налаживанием мониторинга. Процессы соленакопления в условиях Аралкума практически не управляемы.

12. Вопросы природопользования обсохшего дна Арала требуют учета большой изменчивости и хрупкости природной среды. Частично заросшие псаммофитами и ксерофитами эоловые пески пляжей и остаточные солончаки обладают определенной продуктивностью до 1,5 ц/га. Но использование их как пастбища в ближайшие десятилетия не рекомендуется, т.к. повлечет за собой деградацию этих молодых ПТК и усиление эоловых процессов. Зато тростниковые заросли по берегам водохранилищ и Жылтырбаса уже используются для выпаса скота и заготовки тростникового сена.

13. В будущем на месте Большого моря, если не удастся предотвратить его высыхание, возникнут 4 группы ПТК:

1) эоловые различно закрепленные песчаные равнины побережья и вала Архангельского;

2) остаточные отакыранные супесчано-суглинистые солончаковые равнины с черносаксаульниками, тамарисчатниками и карабарачниками;

3) безжизненные соляно-гипсовые и соляные мирабилит-тенардитовые равнины;

4) а в центральной части и Причинковом желобе шоры и рапные галитовые озера. ПТК эоловых равнин (1) и остаточные солончаки (2) подлежат управлению, а хемогенные ПТК (3,4) не подлежат управлению.

Для контроля развития негативных процессов на обсохшем дне моря целесообразно создать ряд мониторинговых станций для быстрого регулирования этих процессов.

Задачи дальнейших исследований. Учитывая общесоциальные и экологические последствия Аральской катастрофы необходимо ускорить проектирование и осуществление природоохранных мероприятий направленных на ослабление негативных последствий сокращения моря, замедление темпов снижения его уровня, продолжить комплексные ландшафтные исследования пустыни Аралкум, изучение процессов опустынивания, становления новых геоконплексов и тенденции их развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агзамходжаев А.А., Кулдашева Ш.А. и др. Закрепление засоленных почвогрунтов и песков осушенного дна Арала // Тез. конф. «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». – СПб., 1999. – 83 с.
2. Агзамходжаев А.А., Кулдашева Ш.А. и др. Подбор добавок для создания структуры в песчаных дисперсиях // Узб. хим. журн. – 2000. – № 1. – С. 41–45.
3. Антонов В.И. Водные ресурсы Узбекистана, как часть общих водных ресурсов бассейна Аральского моря и их использование в современных условиях и в перспективе // Водные ресурсы, проблемы Арала и окружающая среда. – Ташкент: Университет, 2000. – С. 19–39.
4. Атааниязов К.М., Бахиева Л.А., Алламуратова А.А. Солевой состав воды современных заливов Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 143–144.
5. Бабаев А.Г., Фрейкин З.Г. Пустыни СССР: вчера, сегодня, завтра. – М.: Мысль, 1977. – 180 с.
6. Бахиев А. Растительные индикаторы засоления почв и грунтовых вод в дельте Амударьи. – Ташкент, 1979. – С. 21–24.
7. Бельгибаев М.Е., Некрасова Т.Ф. Прогноз формирования почвенного покрова обсохшего дна Аральского моря // Природопользование Северного Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1983. – С. 63–86.
8. Берг Л.С. Аральское море. Опыт физико-географической монографии // Изв. Турк. русского географ. об-ва. – СПб., 1908. – 580 с.
9. Блинов Л.К. Гидрохимия Аральского моря. – Л.: ГИМИЗ, 1956. – 152 с.
10. Богданова Н.М., Костюченко В.П. Процессы соленакопления на осушившемся дне Аральского моря и их связь с геоморфологическими и литологическими условиями // Изв. АН СССР. – Сер. геол. – 1977. – № 3. – С. 29–31.
11. Богданова Н.М., Костюченко В.П. Засоленность почвогрунтов осушившегося дна Аральского моря // Изв. АН СССР. – Сер. географ. – 1978. – № 2. – С. 65–71.
12. Богданова Н.М., Востокова Е.А. и др. Условия формирования солевых накоплений в Южном Приаралье // Изв. АН СССР. – Сер. географ. – 1981. – № 3. – С. 98–103.
13. Бортник В.Н. Настоящее и будущее Аральского моря. – Обнинск: Гидрометеиздат, 1978. – 11 с.
14. Бортник В.Н. Основные этапы дальнейших изменений гидролого-гидрохимического режима Аральского моря // Химия и биология морей. – М.: Гидрометеиздат, 1987. – С. 13–17.

-
15. Бродская Н.Г. Донные отложения и процессы осадкообразования в Аральском море // Ин-та геол. наук АН СССР. – Сер. геол. – 1952. – Вып. 115. – 104 с.
16. Будникова Т.И. Формирование ландшафтов осушенной части дна Аральского моря и прилегающих территорий. Автореф. дисс. канд. географ. наук. – Ашхабад, 1987. – 24 с.
17. Вейнбергс И.Г., Стелле В.Я. Позднечетвертичные стадии развития Аральского моря и их связь с изменениями климатических условий этого времени. – М., 1979. – С.175–181.
18. Ганешин Г.С. и др. Типовая легенда геоморфологических карт. – Л.: Недра, 1977. – 16 с.
19. Геллер С.Ю. Некоторые аспекты проблемы Аральского моря. Проблема Аральского моря. – М.: Наука, 1969. – С. 5–24.
20. Гельдыева Г.В., Будникова Т.И. Эоловые процессы на первичных морских равнинах Приаралья // Изв. АН СССР. – Сер. географ. – 1985. – № 5. – С. 87–91.
21. Гельдыева Г.В. Степные и пустынные ландшафты равнинного Казахстана (систематика, тенденция развития в условиях современного землепользования): Автореф. дисс. докт. географ. наук. – Л., 1989. – 32 с.
22. Гельдыева Г.В., Будникова Т.И., Медведева Н.Ю. Основные закономерности естественной стабилизации ландшафтов осушенного дна Аральского моря // Вест. КазГУ. – Сер. географ. – 1996. – № 3. – С. 34–40.
23. Гельдыева Г.В., Курбаниязов А.К. Роль поверхностных и подземных вод в развитии ландшафтов обсохшего дна юго-западной части Аральского моря // Мат.-лы науч.-практич. конф. «Реальность и перспективы устойчивого развития экосистем Аральского региона». – Алма-Аты. – 2000. – 35 с.
24. Герасимов И.П., Кузнецов Н.Т., Городецкая М.Е. Современные задачи научных исследований по проблеме Аральского моря // Изв. АН СССР. – Сер. географ. – 1980. – № 4. – С. 40–45.
25. Герасимов И.П., Кузнецов Н.Т., Кесь А.С. Проблема Аральского моря и антропогенного опустынивания Приаралья // Проблемы освоения пустынь. – 1983. – № 6. – С. 22–33.
26. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира. – М.: Наука, 1985. – 248 с.
27. Герасимов И.П. Гидрометеорологические проблемы Приаралья. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 276 с.
28. Герасимов И.П. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР // Аральское море. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – Т. VII. – 195 с.
29. Городецкая М.Е., Кесь А.С. Влияние снижения уровня Аральского моря на природную среду Приаралья (хроника) // Изв. АН СССР. – Сер. географ. – 1978. – № 5. – С. 24–30.

30. Григорьев А.А. Крупномасштабные изменения природы Приаралья по наблюдению из космоса // Проблемы освоения пустынь. – 1987. – № 1. – С.16–22.
31. Грязнова Т.П. Геоморфологические условия осушившегося юго-восточного Приаралья // Проблемы освоения пустынь. – 1979. – №2. – С. 52–57.
32. Грязнова Т.П. Динамика экзогенных процессов на осушенном дне восточной части Аральского моря (по данным аэрофотосъемки) // Геоморфология. – 1982. – № 1. – С. 71-80.
33. Грязнова Т.П. Процессы рельефообразования на осушившемся дне Аральского моря в районе древней Казалинской дельты Сырдарьи // Геоморфология. – 1986. – № 1. – С. 47-54.
34. Доклад к совещанию стран – доноров в г. Ташкенте. Международной фонд спасения Арала. – 1997. – Кн.1. – 24 с. – Кн.2. – 59 с.
35. Епифанов М.И. О террасах Аральского моря // Тр. Союз. геол.-поиск. конторы. – М., 1961. Вып. 2. – С. 65-71.
36. Житомирская О.Н. Климатическое описание района Аральского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 67 с.
37. Жоллыбеков Б. Изменение почвенного покрова и ландшафтов Южного Приаралья в связи с антропогенным воздействием – Нукус: Билим, – 1995. – 244 с.
38. Зенкович В.П. Донные отложения Аральского моря // БМОИП, отд. геол. – 1947. – Вып. 4. – № 22. – 87 с.
39. Зонн И.С., Орловский Н.С. Опустынивание – стратегия борьбы – Ашхабад: Илым, 1984. – 320 с.
40. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. – М.: Высшая школа, 1991. – 365 с.
41. Кабулов С. Изменение пустынных фитоценозов при аридизации. Ташкент: Фан, 1990. – 240 с.
42. Кабулов С. Фитомелиорация осушенной части дна Аральского моря и опустыненных конусов вынос Амударьи // Вестник ККО АНРУз.-1997. – № 5. – С. 3–5.
43. Кабулов С., Ганиев М. Фитомелиорация осушенной части дна Аральского моря. – Нукус: Билим, 1999. – 16 с.
44. Кесь А.С. Основные этапы развития Аральского моря // Проблемы Аральского моря. М.: Наука, 1969. – С. 41–47.
45. Кесь А.С. Естественная история Аральского моря и Приаралья // Изв. АН СССР. Сер. географ. – 1991. – № 4. – С. 36-42.
46. Клейнер Ю.М., Кравчук В.Н. О древней террасе Аральского моря // Изв. Вузов. Сер. геол. и разведка. – 1966. – № 19. – С. 15–20.
47. Кокшарова Н.Е., Исаков Г.И. О лесомелиорации осушенного дна Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1985. – № 5. – С. 28-31.

-
48. Кузнецов Н.Т., Николаева Р.В. Морфолого-морфометрические основы конструирования Аральского моря // Влияние межбассейнового перераспределения речного стока. – М.: ИВП АН СССР. – 1975. – С. 43–45.
49. Кузнецов Н.Т. Географические аспекты будущего Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1976. – № 1. – С. 10–15.
50. Кузнецов Н.Т., Городецкая М.Е. и др. Проблема Аральского моря и Приаралья – настоящее и будущее // География, управление и природопользование. – М.: Мысль, 1986. – С. 111–121.
51. Кузнецов Н.Т. Научные основы прогнозирования изменений природной среды вследствие падения уровня Аральского моря // Изв. АН СССР. – Сер. географ. – 1997. – № 5. – С. 48–51.
52. Кулдашева Ш.А., Агзамходжаев А.А. и др. Закрепление засоленных почвогрунтов Арала на основе промышленных отходов // Тр. Респ. научн. техн. конф. – Ташкент. – 2000. – С. 70–71.
53. Курбаниязов А.К. Рельефообразующие процессы на обсохшем дне Арала // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 2. – С. 83–85.
54. Курбаниязов А.К. Особенности ландшафтов осушенной части дна Аральского моря // Мат.-лы межд. науч.-практ. конф. – Нукус: Билим, 1999. – С. 115–116.
55. Курбаниязов А.К. Процессы формирования ландшафтов осушенной части дна Аральского моря // Узбекистон география жамияти ахбороти. – Тошкент. – 2000. – Т. 21. – 55 с.
56. Курочкина Л.Я., Макулбекова Г.Б. К вопросу о фитомелиорации осушающихся побережий Арала // Проблемы освоения пустынь. – 1984. – № 4. – С. 27–31.
57. Лымарев В.И. Берега Аральского моря – внутреннего водоема аридной зоны. – Л.: Наука, 1967. – 252 с.
58. Львович М.И., Цигельная Н.Д. Управление водным балансом Аральского моря // Изв. АН СССР. Сер. географ. – 1978. – № 1. – С. 42–45.
59. Мавлянов Т.Э., Пинхасов Б.И., Отеев Р., Курбаниязов А.К. Очаги солепылевыноса на обсохшем дне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 119–122.
60. Маев Е.Г. и др. Разрез донных отложений центральной части Аральского моря // Палеогеография Каспийского и Аральского морей в кайнозое. – М.: Ч. II, МГУ, 1983. – С. 119–133.
61. Макулбекова Г.Б. Растительность Босайского створа и ее смены // Проблемы освоения пустынь. – 1979. – № 5. – С. 36–39.
62. Марецкович Г.И., Клицунова Н.К., Матушко А.Н. Основы ландшафтоведения. – Минск: Высшая школа, 1986. – 204 с.
63. Махмудов В.М., Хасанов С.Х. и др. Биоэкологические особенности некоторых однолетников, произрастающих в условиях осушенного дна

Аральского моря // Актуальные проблемы комплексного изучения природы и хозяйства южных районов Узбекистана. – Карши, 1991. – 134 с.

64. Можайцева Н.Ф., Некрасова Т.Ф. Метод подсчета ветрого выноса солей с обсохшего дна Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1984. – № 6. – С. 15–21.

65. Молоснова Т.И. и др. Климатические последствия хозяйственной деятельности в зоне Аральского моря – М.: Гидрометеиздат, 1987. – 119 с.

66. Николаев В.А. Проблемы регионального ландшафтоведения. – М.: Изд. МГУ, 1979. – 160 с.

67. Некрасова Т.Ф. Особенности водно-солевого режима почв юго-восточного побережья Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1979. – № 4. – С. 28–31.

68. Новицкий З.Б. Научные основы защитного лесоразведения на осушенном дне Аральского моря: Автореф. дисс. докт. сельхоз. наук. – Ташкент, 1997. – 57 с.

69. Опустынивание в Узбекистане и борьба с ним / Рафиков А.А. и др. – Ташкент: Фан, 1988. – 156 с.

70. Петров М.П. Подвижные пески и борьба с ними. – М.: Изд.-во АН СССР, 1950. – 454 с.

71. Петров М.П. Пустыни земного шара. – М.: Недра, 1973. – 435 с.

72. Петров М.П. Мировой опыт облесения и закрепления подвижных песков в пустынях земного шара. – М.: Изд. ЛГУ, 1974. – 47 с.

73. Пинхасов Б.И. Неоген-четвертичные отложения и новейшая тектоника Южного Приаралья и Западных Кызылкумов. – Ташкент: Фан, 1984. – 148 с.

74. Пинхасов Б.И., Мавлянов Т.Э. Современные геологические процессы на обсохшем дне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1997. – № 1. – С. 68–72.

75. Попов В.А. Проблемы Арала и ландшафт дельты Амударьи. – Ташкент: Фан, 1990. – 120 с.

76. Попов В.А. Роль миграции солей в ландшафтогенезе Приаралья // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 122–126.

77. Преображенский В.С. и др. Основы ландшафтного анализа. – М.: Наука, 1988. – 192 с.

78. Пустыни / Бабаев А.Г., Зонн И.С. и др. – М.: Изд. Мысль, 1986. – 318 с.

79. Разаков Р.М., Косназаров К.А. Эоловый вынос и выпадение солепылевых частиц в Приаралье // Проблемы Аральского моря и природоохранных мероприятий. – Ташкент: САНИИРИ, 1987. – С. 24–32.

80. Разаков Р.М., Косназаров К.А. Миграция солей и токсикантов в Приаралье // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 63–70.

-
81. Рафиков А.А., Тетюхин Г.Ф. Снижение уровня Аральского моря и изменение природных условий низовьев Амударьи. – Ташкент: Фан, 1981. – 200 с.
82. Рафиков А.А. Процессы соленакопления на высохшей части дна Аральского моря // ДАН УзССР. – 1980. – № 8. – С. 28-31.
83. Рафиков А.А. Природные условия осушающегося южного побережья Аральского моря // Ташкент: Фан, 1982. – 147 с.
84. Рафиков А.А., Эргашев Ш.Э., Хайдаров Э. Процессы опустынивания Южного Приаралья. – Ташкент: Университет, 1997. – 220 с.
85. Рашидова С.Ш., Рубан И.Н. и др. Полимерные композиции для укрепления неустойчивых грунтов // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 164–167.
86. Рашидова С.Ш., Шток Д.А. и др. Закрепление подвижных песков водорастворимыми терморактивными олигомерами // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 168-172.
87. Рекомендации по созданию защитных насаждений на грунтах легкого механического состава на осушенном дне Арала. – Ташкент. – 1991. – 38 с.
88. Рубанов И.В. О прослое растительных остатков в донных осадках Аральского моря // ДАН СССР. – 1982. – Т. 264. – № 4. – С. 927-929.
89. Рубанов И.В. Сульфатонесные осадки Аральского моря, их строение и состав // Литология и полезные ископаемые. – 1984. – № 1. – С. 117-125.
90. Рубанов И.В., Богданова Н.М. Количественная оценка солевой дефляции на осушающемся дне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1987. – № 3. – С. 9-16.
91. Рубанов И.В. и др. Геология Аральского моря. – Ташкент: Фан, 1987. – 180 с.
92. Рубанов И.В. Осадки современной осушки Аральского моря, их диагенез и влияние на экологию Приаралья // Литология и полезные ископаемые. – 1994. – № 2. – С. 17-23.
93. Рубанов И.В., Пинхасов Б.И., Курбаниязов А.К. Процессы соленакопления в акватории Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 31–37.
94. Сектеменко В.Е., Таиров Т.М., Наумов А.Н. Почвенный покров и почвоохранные мероприятия в зоне обсохшего дна Аральского моря. – Ташкент: Фан, 1991. – 15 с.
95. Семенов О.Е. Об оценке масштабов выноса массы Аральского аэрозоля // Гидрометеорология и экология. – 1995. – № 1. – С. 15–18.
96. Семенов О.Е. Выпадение песчано-солевого аэрозоля на поверхность Приаралья // Проблемы освоения пустынь. – 1998. – № 3–4. – С. 37-44.

97. Смирнов Л.Е. Системный подход и картографирование систем в географии // Картографирование географических систем. — М.: Изд. МГУ, 1981. — С. 5–10.

98. Субботина О.И. и др. Материалы по изменчивости климата Приаралья. Ташкент. — 1994. — 86 с.

99. Таиров Т.М. Геохимическая характеристика почв обсохшего дна Аральского моря и их природоохранная мелиорация: Автореф. дисс. канд. сельхоз. наук. — Ташкент, 1993. — 22 с.

100. Толкачева Г.А. и др. Оценка миграции солей в бассейне Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. — 1998. — № 3–4. — С. 55–59.

101. Хрусталеv Ю.П. и др. Литология и геохимия донных осадков Аральского моря. — Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1977. — 160 с.

102. Черненко И.М. Водно-солевой баланс и использование высыхающего Арала // Проблемы освоения пустынь. — 1983. — № 2. — С. 32–42.

103. Чернышов А.К. Использование дистанционной информации для оценки выноса солей из осушенной части Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. — 1998. — № 3–4. — С. 59–62.

104. Отчет «Эколого-гидрогеологические и инженерно-геологические исследования и картографирование осушенной части дна Аральского моря масштаба 1:200000 в пределах листов К-41-I, L-41-XXXI / ГПП «Узбекгидрогеология»; Ответственный исполнитель Богданов А.Л.; № ГР 38-89-240/14; Инв. № 6058. Ташкент, 1995. — 348 с.

105. Отчет о научно-исследовательской работе за 1997–1999 гг. «Мониторинг динамики растительности осушенной южной части дна Аральского моря» / Институт Биоэкологии ККО АН РУз; Ответственный исполнитель Кабулов С.; N ГР 01970006897; Инв. № 10867. Нукус, 1999. — 45 с.

106. Отчет «Эколого-гидрогеологические и инженерно-геологические исследования и картографирование осушенной части дна Аральского моря и прилегающей территории масштаба 1:200000 в пределах листов К-40-V, VI, L-40-XXXV, XXXVI» / ГПП «Узбекгидрогеология»; Ответственный исполнитель Пинхасов Б.И.; № ГР 94–68/15; Инв. № 6368. Ташкент, 1999. — 274 с.

107. Заключительный отчет по теме «Составить почвенную карту Южного Приаралья в 50-ти километровой полосе от современного берега Аральского моря с использованием аэрокосмических снимков» / Институт Почвоведения; Ответственный исполнитель Попов В.Г.; № ГР 012678; Инв. № 24389. Ташкент, 1990. — 160 с.

**Природные комплексы южной части обсохшего дна
Аральского моря**

1. Марши — зона активного влияния моря.
2. Избыточно увлажненные тонко-соляно-корковые и лужа-рапные илистые приморские солончаки, осушки 1996–1997 гг., зона пассивного влияния моря.
3. Влажные тонко-соляно-корковые суглинистые приморские солончаки, осушки после 1994 г.
4. Плоские сухо-соляно-корковые суглинистые равнины на стадии высыхания, лишенные растительности, осушка после 1990 г.
5. Плоская пухляк-корковая суглинистая равнина с фрагментарно сохранившимся покровом сухой лебеды на очень сильно засоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах.
6. Плоская пухляковая суглинистая равнина с сарсазаниками и зеленой лебедой на очень сильно засоленных автоморфных почвах.
7. Плоская пухляк-корковая кочковатая суглинистая равнина с тамарисчатниками (проектное покрытие 50–60%; h — 1–1,5 м) на очень сильно засоленных автоморфных и полуавтоморфных почвах.
8. Плоская соляно-корковая глинисто-суглинистая равнина с разряженным тамарисчатником на очень сильно засоленных полуавтоморфных почвах.
9. Плоская пухлякова кочковатая суглинистая равнина с разряженными тамарисчатником и карабарак на отакыренных очень сильно засоленных автоморфных почвах.
10. Плоская суглинистая равнина с однолетними солянками и сарсазаниками на луговых солончаках — зона подтопления сбросными водами озера Судочьего.
11. Плоская суглинистая равнина с солянковыми юлгунниками и тростником на луговых солончаках — полоса периодического затопления сбросными водами озера Судочьего и Муйнакского водоема.
12. Слабопологая пухляковая супесчано-суглинистая равнина с отдельными невысокими буграми навевания и полями площадной дефляции с редким карабарак, сарзаном и тамариксом на очень сильно засоленных автоморфных почвах в сочетании с пухлыми лишенными растительности солончаками.
13. Слабопологая пухляк-корковая супесчано-суглинистая равнина с фрагментарно сохранившимся покровом сухой лебеды и сведы на очень сильнозасоленных гидроморфных и полугидроморфных почвах.

14. Слабопологая пухляк-корковая супесчано-суглинистая равнина с тамарисчатниками (проективное покрытие 20–50%), разряженным угнетенным тростником на сильнозасоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах.

15. Слабопологая пухляковая песчано-супесчаная равнина с небольшими массивами низко-бугристых песков, кандымом и черносаксаульниками (проективное покрытие 20–30%) на сильно засоленных полугидроморфных почвах.

16. Влажные пухляк-корковые солончаки – соры на песках без растительности, ранних лет осушка (лагуна Сургуль и Муйнакское взморье).

17. Слабонаклонная пухляковая супесчано-глинистая равнина с господством площадной дефляции, разряженными тамарисчатниками на сильно засоленных полугидроморфных почвах.

18. Слабопологая сухо-соляно-корковая и пухляковая песчаная равнина с разряженным тамарисчатником и угнетенным тростником на сильнозасоленных полугидроморфных почвах.

19. Слабонаклонная пухляковая супесчаная равнина с отдельными невысокими буграми навевания и зачаточными барханами, с разряженным тамарисчатником на сильнозасоленных полугидроморфных почвах.

20. Слабонаклонная пухляковая супесчаная равнина с тамарисчатниками и тростником (проективное покрытие 30–60%) на сильнозасоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах.

21. Плоская пухляковая и пухляк-корковая супесчаная равнина с однолетними солянками, густым зеленым чертополохом на гидроморфных и полугидроморфных сильнозасоленных почвах.

22. Слабонаклонная влажно-соляно-корковая песчаная равнина лишенная растительности с гидроморфным режимом увлажнения.

23. Слабонаклонная тонко-соляно-корковая песчаная равнина в начальной стадии эолового преобразования с угнетенным тростником, дерезой русской и сухой лебедой (на юге) на сильнозасоленных гидроморфных почвах.

24. Маломощные покровы (5–40 см) ровных навейных песков, вынесенные бурями из очагов развевания и наложенные на сильнозасоленные донные суглинки, лишенные растительности.

25. Слабоприподнятая песчаная равнина вала Архангельского с подвижными барханами и обширными сухо-соляно-корковыми полями площадной дефляции, лишенными растительности с сильнозасоленными гидроморфными песчаными почвами.

26. Слабоприподнятая бугристо-барханная перевенная песчаная равнина южной части вала Архангельского с разряженным кандымом

и чахлым тростником на сильнозасоленных гидроморфных и полугидроморфных почвах.

27. Слабонаклонная бугристо-барханная перевеянная песчаная равнина с черносаксаульниками и кандымом на песках и засоленных полуавтоморфных пустынных песчаных почвах.

28. Плоские бугристо-барханные (1–3 м) перевеянные песчаные равнины Ержарской отмели с тамарисчаниками (проективное покрытие 40–70 %) на песках и средnezасоленных гидроморфных почвах.

29. Плоские пухляковые супесчано-песчаные равнины с тамарисчатниками и тростником на сильнозасоленных гидроморфных почвах.

30. Плоская пухляк-коркова супесчано-песчаная равнина с редким тамариском и тростником на сильнозасоленных гидроморфных почвах.

31. Плоские барханные перевеянные песчаные равнины, лишённые растительности с гидроморфным режимом увлажнения.

32. Плоская пухляковая супесчано-суглинистая равнина с сарсазанниками и тамарисчатниками (проективное покрытие 40–70 %) на сильнозасоленных полугидроморфных и полуавтоморфных почвах.

33. Наклонная бугристо-барханная перевеянная песчаная равнина пляжа и берегового склона с белосаксаульниками, кандымом и тамарисчатниками на песках, незасоленных или слабозасоленных пустынных песчаных почвах.

34. Слабонаклонные бугристо-барханные перевеянные песчаные равнины пологого пляжа с разряженными сарсазанниками, карабарчниками, тамарисчатниками на песках и засоленных пустынных песчаных почвах.

35. Тростниково-озерные ландшафты Муйнакского и Рыбачьего водоемов и озера Жылтырбас.

36. Тамариск-тростниковые заросли вдоль периодического стока сбросных вод с Думалака и Жылтырбаса.

37. Узкий островной песчаный бар (вал) Тигрового хвоста с высокими кандымовыми и тамарисковыми фито-буграми.

38. Плоская частично перевеянная песчаная равнина с белосаксаульниками на незасоленных пустынных песчаных почвах (древнеаральская поверхность).

39. Прирусловые валы с древесно-кустарниковыми опустынивающими (высыхающими) тугаями на остаточнo-луговых и лугово-такарных незасоленных почвах.

40. Бугристо-барханные массивы перевеянных русловых валов с разряженными белосаксаульниками и тамариском на песках и незасоленных песчаных почвах.

Научное издание

Курбаниязов Абылгазы Коптлеувич

**ЭВОЛЮЦИЯ ЛАНДШАФТОВ ОБСОХШЕГО ДНА
АРАЛЬСКОГО МОРЯ**

Монография



Компьютерный набор, корректура
и форматирование авторов
Технический редактор Кулакова Г.А.
Подписано в печать 22.09.2017

Бумага офсетная.
Гарнитура NewtonС
Формат 60×84 1/16

Печать трафаретная. Печ. л. 9,25.
Тираж 500 экз. Заказ № 049-17.

Отпечатано в типографии ИД «Академия Естествознания»,
440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3