

УДК. 551.435.749 + 539.215.4 (262.83)

**ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ
ДЕФЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ И ДИСПЕРСНЫЙ
СОСТАВ ПЕСКОВ ВОСТОЧНОГО ПРИАРАЛЬЯ**

Канд. физ.-мат. наук О.Е.Семенов
А.П.Шапов

Описаны геоморфологические и геологические особенности песчаных массивов Приаралья, влияющие на формирование дисперсного состава песков. Дана изменчивость логарифмически нормального и нормального распределений частиц песка по размерам в регионе и на осушенном дне Арала, показано влияние на них природных процессов, выделена область с наибольшим проявлением дефляции.

Быстрое падение уровня воды в Аральском море привело к образованию больших площадей суши. На 1993 год, при уровне моря 37 м абс., эти площади составили 33 тыс. км². Площадь моря с 1966 года сократилась в два раза. Значительная часть бывшего дна моря занята отложениями легкого механического состава - песками и супесями и подвергается интенсивным процессам выветривания. Появление в этом регионе мощного очага песчано-солевых бурь оказывает и будет в дальнейшем оказывать негативное воздействие на природу и хозяйственную дея-

тельность. Отрицательное влияние на природные ландшафты Приаралья, может оказать и падение уровня грунтовых вод вследствие понижения базиса эрозии. Такое падение уровня в сочетании с поступлением на поверхность значительного количества солей приносимых ветром может привести к угнетению, а в дальнейшем и к деградации некоторых фитоценозов этого региона [5,14].

Осушающееся побережье Аральского моря не представляет собой единой однородной поверхности с одинаковыми условиями дальнейшего формирования и преобразования экосистем. Эволюция природных ландшафтов при отступлении моря зависит от взаимодействия различных факторов в системе берег-море [12]. Учитывая, что значительная часть территории Приаралья сложена в различной степени закрепленными песками, а так же то, что доминирующим рельефообразующим процессом в течение длительного геологического времени здесь является дефляция, можно ожидать усиления процессов эоловой переработки поверхности не только в полосе вновь образовавшегося побережья, а и на сопредельных территориях.

Правильная оценка природных процессов, происходящих в этом районе, и их направленности позволит выработать мероприятия, максимально смягчающие отрицательные последствия выноса частиц твердой фазы, а так же приступить к хозяйственному освоению осушившейся части моря.

Успехи последнего десятилетия в изучении песчаных бурь Приаралья позволяют оценить объемы песка, выносимого за контуры осушенной части дна Аральского моря [1,5,8,19-22]. Более точные данные об этих величинах можно получить при наличии информации о площадях, занятых песками, их мощности и дисперсном составе. Изучение дисперсного состава песков Приаралья экспедициями КазНИГМИ (ныне КазНИИМОСК) было начато в 1980 году. Результаты исследований, выполненных до 1986 года, обобщены в монографии [5]. Для осушенной

части дна моря к этому времени была получена информация, главным образом, о песках восточной окраины вновь образовавшейся суши, что не позволило получить пространственные характеристики дисперсного состава песков. В дальнейшем эти работы были продолжены. В 1989 и 1990 годах было выполнено два вертолетных маршрута над осушившейся частью дна моря по направлению метеостанция Уялы - г.Аральск и четыре автомобильных маршрута в районе, прилегающем к бывшему острову Каскакулан, с отборами проб в различных пунктах этих маршрутов. Кроме того, производился отбор проб в пунктах проведения экспедиционных исследований песчано-солевых бурь. Накопленный материал дает возможность оценить пространственное изменение дисперсного состава песков и потенциал развития дефляционных процессов в этом регионе. Большой фактический материал о дисперсном составе песков помещен в фундаментальной монографии В.М.Боровского и М.А.Погребинского [3]. Однако, существенные различия в методике дисперсного анализа не позволили нам, к сожалению, использовать эти данные.

Геоморфологическая и геологическая характеристика песков региона

Процессы эоловой переработки поверхности в той или иной степени характерны практически для всей территории Восточного Приаралья. Основные источники почвенного аэрозоля приурочены здесь к пескам Приаральские Каракумы и Кызылкумы, дельтовой области р.Сырдарьи и осушенной части дна.

Приаральские Каракумы относятся к области Приаральского северо-пустынного останцового плато [7] и занимают его юго-восточную часть. Современный рельеф региона образовался в результате процессов денудации среднеплиоценовой равнины. Песчаные массивы приурочены; главным образом, к

долинообразным понижениям, выработанным в палеогеновых глинах на месте синклинальных опусканий пластовой равнины и вытянутым в близком к меридиальному направлении. Рельеф песков полого-волнистый, бугристый, бугристо-грядовый. Относительная высота золотых форм рельефа изменяется от 2 до 20 м. Пески в значительной степени закреплены растительностью. Характерной чертой рельефа района являются цепи столовых останцовых возвышенностей и плосковерхих гор, часто бронированных сверху песчаником. Останцы приурочены к антиклинальным поднятиям среднеплиоценовой равнины и так же вытянуты в меридиальном направлении. Для этих цепей типичны более высокие, чем в долинах, песчаные холмы, образовавшиеся в межостанцовых понижениях в условиях ветровой тени при господствующих здесь ветрах северных направлений. Генетически с этими формами рельефа связаны довольно мощные песчаные отложения на южных подветренных склонах останцов. Относительно происхождения песчаных массивов нет единого мнения. Сравнение их минералогического состава с составом коренных песков показало, что они образовались за счет развеивания меловых и палеогеновых толщ пластовой равнины. С другой стороны отмечается существование здесь в плиоцене двух рек, которые приносили свои воды с Урала [16]. Не вызывает сомнения, что эти реки транспортировали песчаный материал в регион Приаральских Каракумов. Большое значение в формировании песчаного покрова также имеют процессы золотого переноса.

Песчаная пустыня Кызылкум к Аральскому морю непосредственно не примыкает. В пределах Казахстана находится незначительная ее часть, расположенная между южной границей республики и староречьем Жанадарья. В казахстанской части - это полузаросшая песчаная пустыня, полого наклоненная к северу. Рельеф грядовый, усложненный бугристыми, ячеистыми и барханскими песками. Высота песчаных гряд по северному краю Кызылкумов не превышает

7-14 м, к югу она увеличивается, достигая в центральной части 60 м. Они имеют близкое к меридиальному направление. Понижения между грядами достигают ширины 2-3 км и длины 5-6 км [3]. Пески Кызылкумов имеют аналогичный минералогический состав с подстилающими неогеновыми, а также более древними палеогеновыми и меловыми отложениями. По направлению к югу от Жанадарьинской равнины заметен пологий подъем поверхности на высоту в 20-30 м; желто-серые аллювиальные пески здесь постепенно приобретают красный оттенок и переходят в буро-красные пески, характерные для пустыни Кызылкум. Такой постепенный переход песков дельты в кызылкумские объясняется заносом аллювиальных песков из районов дельты на северный край Кызылкумского плато господствующими северными ветрами, препятствующими движению песка из пустыни в дельту [3].

Дельтовая равнина р.Сырдарьи занимает западную часть Нижне-Сырдарьинской среднепустынной низменности и северную часть Приаральско-Кызылкумской среднепустынной песчаной равнины [7]. В пределах рассматриваемой территории можно выделить две отличающиеся по природным условиям части. Современная (Казалинская) дельта, граница которой проходит на севере по руслу р.Сырдарьи от устья до г.Казалинска, на западе - по старому берегу моря, на юге - по линии Казалинск - зал.Бозколь. Древняя дельта, ограниченная на севере поймой р.Сырдарьи и современной дельтой, на юге - староречьем Жанадарьи.

Дельтовая область представляет собой обширную аллювиальную равнину с общим уклоном поверхности на запад, равным 0,00022 [3]. По этой равнине к Аральскому морю протягивается сложная система многочисленных староречий. Наиболее крупные из них Жанадарья и Кувандарья. Вдоль многочисленных русел современных и древних дельтовых потоков протягиваются мощные прирусловые валы. До самого устья река течет в собственных отложениях

и ее русла расположены на более высоких отметках, чем окружающее пространство. В настоящее время, в связи с понижением базиса эрозии и зарегулированием стока, аккумуляции аллювия на прирусловых валах практически не наблюдается и русловые процессы носят эрозионный характер. В геологическом отношении дельтовая область Сырдарьи относится к обширной плоской депрессии, сформированной еще в верхнем палеозое и известной в литературе под названием Сырдарьинской впадины [16]. В дальнейшем впадина была выполнена последовательно меловыми, палеогеновыми и четвертичными морскими и континентальными отложениями. Поверхность впадины в третично-меловых отложениях представляет собой широкое долинообразное понижение с незначительным уклоном в сторону моря. В направлении Хорхут-Карак-Аккыр-Куркуттау плоское антиклиналеобразное поднятие разделяет впадину на две котловины - Кзыл-Ординскую и Аральскую.

Четвертичные отложения представлены тремя слоями. Нижний - маломощная пачка неоген-нижнечетвертичных мало сортированных песков с галькой и катунами глины. Мощность их редко превышает 2-7 м. Средний - мощная пачка мелко- и разнозернистых в верхней части перевеянных кварцево-полевошпатовых средне- и верхнечетвертичных (кельтеминарская свита [3]) песков с отдельными небольшими линзами глин и суглинков. Мощность их в пределах Аральской котловины максимальна в междуречье Жанадарьи и Кувандарьи и составляет 30-45 м, к северу и западу она постепенно уменьшается. Вдоль побережья и в пределах Казалинской дельты четвертичные отложения местами отсутствуют и на поверхность выходят третичные. Верхний слой - пачка перемежающихся линзовых прослоев глин, суглинков, супесей и песков. Возраст отложений голоценовый (яксартская свита [3]). Пески тонкие мелкозернистые, пылеватые и содержат много слюды. Мощность их колеблется от 1 до 6 м. Они не перекрывают полностью нижележащих песков - спорадически

наиболее крупные гряды кельтеминарских песков выходят на поверхность, образуя песчаные острова, уходящие своим основанием под яксартский аллювий.

Пески в пределах дельты р. Сырдарьи занимают громадные площади и встречаются как в виде разбросанных по поверхности равнины отдельных барханов и небольших участков кучевых и бугристо-грядовых песков, так и обширных территорий, на которых песок образует сплошной покров. Наиболее крупный массив перевеянных бугристо-грядовых песков занимает междуречье Жанадарьи и Кувандарьи. Эти пески часто относят к Кызылкумам [23], однако генетически они представляют собой дельтовые аллювиальные пески и отличаются от кызылкумских. Между песчаными грядами наблюдается система лентовидных такырных понижений вытянутых в направлении с северо-северо-востока на юго-юго-запад. Гряды иногда имеют длину до десятков километров, с шириной от нескольких сотен до 1-2,5 км. Их высота составляет 12-15 м [3]. В юго-западной части равнины в пределы Казахстана заходит часть высокогрядовых песков Бозшаки с редкими пятнами такыров в межгрядовых понижениях. С юга к вершине Казалинской дельты примыкает обширный массив бугристых песков Жуванкум с небольшими пятнами такыровидных почв и солончаков.

Для всей территории дельтовой равнины характерны выходы на дневную поверхность третичных отложений чаще всего в виде останцев. Изредка на равнине встречаются отдельно стоящие высокие бугры, сложенные третичными и меловыми породами (Аккыр, Карак, Коксенгир и др.). Они возвышаются над равнинной поверхностью дельты на 60-80 м и являются останцами третично-мелового плато, однако в настоящее время есть данные, говорящие об их участии в тектонических движениях [3]. В западной, прибрежной части современной и древней дельты мощность аллювия уменьшается. Здесь часты выходы на поверхность третичных глин.

Наиболее интенсивные песчаные бури в Приа-

ралье наблюдаются на осушившейся части дна вдоль восточного побережья моря. Ее территория представляет собой равнину, ограниченную современным и коренным берегом. Ширина равнины меняется от 70 км в районе, примыкающем к заливу Бозколь, до 30 км в районе Казалинской дельты. В пределах Малого моря, севернее пос. Бугунь, ширина ее минимальна и составляет около 5 км. В морфологическом отношении на этой новой равнине можно выделить три основных типа поверхности, сформировавшихся в морских условиях. В пределах Малого моря, севернее современного устья Сырдарьи, сформировалось аккумулятивно-эрозионное побережье со сравнительно узким пляжем, крутым откосом (с уклоном до 0,003) и пологой прибрежной зоной. Характерной чертой рельефа побережья являются прежние небольшие мелководные и узкие заливы - култуки. Пляжи, береговая отмель и откос сложены, главным образом, песком, ближе к современному берегу моря - супесями и иловатыми глинами. Подчиненное значение здесь имеет лагунный тип побережья. Второй тип поверхности - это старое преддельтовое взморье. Его рельеф и состав грунтов обусловлены, в первую очередь, выносом Сырдарьей большого количества аллювия и характеризуется отмельми подводными склонами, сложенными светлыми песками, у главного устья на отметке 2 м они сменяются илами. Южнее ширина полосы, занятой песками, увеличивается. Практически вдоль всего пляжа дельты протянулась мощная дюна, сложенная крупным песком, которая образовалась на месте бывшего островного бара. Наконец, на юг от бывшего мыса Карашокат вдоль бывшего коренного берега сформировалась равнина, генетически представляющая собой лагуну. Ее территория на востоке ограничена коренным берегом, а на западе - системой островных баров, кос и мелей. Длина этих островов, по данным В.И. Лымарева [11], составляла обычно сотни метров или несколько километров, высота - всего 1- 1,5 м. Территория лагуны практически плоская. Западные

склоны островных баров имеют крутизну 0,004 - 0,0025, дальше на запад рельеф снова вы-
полаживается и уклоны заостровной равнины состав-
ляют 0,0002 - 0,0003. Равнина сложена песками в
среднем до изобаты 10 м. на запад от островов и на
несколько километров вглубь лагуны на востоке.
Ширина полосы песчаных отложений различна и сос-
тавляет в районе мыса Карашокат 20 км, в районе
45-ой параллели она увеличивается до 60 км [23].
Ближе к коренному берегу пески сменяются супе-
сями, суглинками и глинами. В сторону современно-
го берега - иловатыми песками и илами.

Процессы дефляции в настоящее время широко
распространены на всей территории осушки. Золовая
переработка поверхности охватывает в пределах
бывшей береговой области Аральского моря практи-
чески все площади, занятые песчаными отложениями.
Наиболее активны эти процессы в пределах лагун и
сублиторали на всем протяжении восточного побе-
режья Большого моря - от Казалинской дельты Сыр-
дарьи до дельты Амударьи. На участке, протянув-
шемся от поселка Каратерень до бывшего острова
Узункаир, сформировались высокоподвижные бархан-
ные и барханно-грядовые пески с высотой барханов
и гряд 1 - 2 м. Начало их образования относится к
1980 году. Массив ограничен с востока и юга узкой
цепью бугристых в значительной степени закреплен-
ных древесной и кустарниковой растительностью
песков, высота которых составляет 4 - 6, а иногда
и больше метров. В направлении на запад, в заост-
ровной части, наблюдается постепенное насыщение
песков алевритовыми частицам и уменьшение интен-
сивности процессов дефляции. Южнее Каскакулана
обширнейший массив песчаных отложений охвачен
дефляцией в начальной стадии. Для поверхности ха-
рактерен мелкобарханный рельеф и участки с пер-
вичной золовой рябью на плоской поверхности. По
данным Н.М. Богдановой [12] золовые процессы ши-
роко развиты и южнее прежнего острова Уялы, в
особенности в районе Акпеткинского архипелага. За

10 - 12 лет барханные цепи там достигли высоты 5 - 6 м.

В меньшей степени процессы дефляции охватывают побережье Малого моря, где полоса осушки значительно уже. Здесь формирование барханного рельефа и эоловой ряби приурочено, главным образом, к бывшим заливам и области литорали. В настоящее время развитие процессов дефляции здесь несколько ослаблено благодаря тому, что сток р. Сырдарьи направлен в Малое море и уровень воды в нем на 3 - 4 м выше, чем в Большом. На осушенной части авандельты Сырдарьи наблюдается наступление образовавшихся в пределах бывшей литорали барханных песков на авандюну. Барханы, достигнув дюны аккумулируются на ней, увеличивая ее высоту. В целом для территории осушки по мере отступления моря характерно формирование переходных ландшафтов, обусловленных заменой морских условий континентальными со своими специфическими закономерностями развития и смены друг друга [4,15]. Развитие природных комплексов этого региона в основном идет по направлению образования устойчивых пустынных ландшафтов.

По данным исследований ряда авторов [13,15] формирование и изменение ландшафтов и почвенного покрова происходят по трем путям, определенным литологией донных отложений. При легком литологическом составе грунтов процессы дефляции ведут к образованию эоловых форм рельефа. Процессы почвообразования здесь сильно затруднены и могут растянуться на большой промежуток времени. Для донных осадков тяжелой литологии на первое место выступает формирование такыровидных либо более зрелых пустынных почв. Наконец, в условиях замкнутых недренлируемых котловин будут преобладать галогеохимические процессы, ведущие к образованию сорочых солончаков.

Основными факторами, определяющими развитие эоловых процессов, являются ветровой режим территории, механический состав подстилающей поверх-

ности, степень закрепленности ее растительностью, а также водный и солевой режим. Толща осадков, накопленных в пределах осушившегося дна моря, имеет, как правило, пестрый состав и сложную структуру. Для почвенных разрезов, выполненных во время экспедиционных исследований на осушенной территории между мысом Карашокат и о.Каскакулан характерны различные сочетания разных по мощности слоев песка, суглинков и глин. Состав отложений на расстоянии сотни метров может измениться от песков до глин. Характерной чертой отложений является наличие на различных глубинах тонких прослоев раковин моллюсков, встречаются также слои песка с большим содержанием ракушек [5].

Такая сложная литология обусловлена, в первую очередь, унаследованностью предыдущих условий осадконакоплений и может оказывать существенное влияние на все факторы ландшафтообразования, в том числе и на золотые.

Дисперсный состав песков и особенности его формирования

Взаимодействие ветрового потока с подстилающей поверхностью в значительной степени определяется размерами слагающих частиц и характером их распределения по размерам. Проведенные исследования большинства песчаных массивов Казахстана показали [5,18], что в подавляющем числе случаев распределение частиц по размерам у подвижных и полужакрепленных песков хорошо аппроксимируется логарифмически нормальным распределением с плотностью:

$$f(x) = \frac{0,43429}{b_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[- \frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2b^2_{\lg x}} \right], (1)$$

где x - размер песчинок, мкм; x_0 - средний геометрический размер частиц, мкм; b_{lgx} - среднее квадратическое отклонение (стандартное геометрическое отклонение) логарифмов размеров частиц.

Это распределение полностью описывается двумя параметрами X_0 и b_{lgx} , легко определяемыми по результатам ситового анализа размеров частиц песка [18]. Средний геометрический размер частиц X_0 равен размеру частиц песка 50 % накопленной вероятности, т.е. значению $X_{50\%}$.

Стандартное геометрическое отклонение b_{lgx} может быть рассчитано по формуле:

$$b_{lgx} = 0,304 \lg \frac{X_{95\%}}{X_{5\%}} \quad (2)$$

Здесь $X_{95\%}$ и $X_{5\%}$ - размер частиц, накопленная доля которых в пробе равна 5 % и 95 %, мкм.

Сравнительно редко встречаются пески с повышенным содержанием кварца, что свидетельствует об очень длительных процессах дефляции. Распределение частиц по размерам этих песков аппроксимируется нормальным распределением с плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{1}{b_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\bar{X} - x)^2}{2b_x^2} \right] \quad (3)$$

где \bar{X} - средний размер частиц, мкм; b_x - среднее квадратическое отклонение размеров частиц песка, мкм. Как известно, распределение этого типа полностью определяется значениями \bar{X} и b_x .

В процессе естественной переработки песка возможны селективный вынос или накопление частиц. В таких случаях распределение частиц по размерам становится асимметричным. При смещении пика расп-

ределения в сторону грубых фракций скошенность кривой будет отрицательна, при преобладании мелких песчинок - положительна. В частности, логарифмически нормальное распределение без логарифмического преобразования переменной является распределением с положительной асимметрией. Знание функции распределения, ее параметров и закономерностей их изменения позволяет оценить стадию развития и генезис песчаных отложений. Так, в работах [5,18] эволюция распределения частиц песка и почвы по размерам вследствие дефляции представляется следующим образом. В качестве исходного считается одномодальное распределение с большой положительной асимметрией за счет агрегатов и частиц размером больше 1 мм. При интенсивном выветривании уже в зоне уравновешенной дефляции оно преобразуется в логарифмически нормальное или близкое к нему. Продолжительная переработка песчаной поверхности ветром приводит к уменьшению дисперсии частиц, и при $b_{lgx} < 0,1$, логарифмически нормальное распределение мало отличается от нормального. Наконец, при очень длительном переносе, изменение частиц по размерам описывается нормальным законом распределения.

Влияние процессов транспортировки и условий осадкообразования на сортировку и асимметрию рассмотрены и в работе М.Р.Лидера [10]. Он так же считает, что продолжительная золовая переработка приводит к уменьшению дисперсии, а асимметрия довольно четко отражает характер обстановки осадкообразования. Так, свойственная аллювиальным пескам положительная асимметрия объясняется обогащением тонкими алевритовыми частицами, отрицательная асимметрия пляжевых песков является следствием избирательного вымывания мелких частиц постоянным действием волн, а золовых песков обусловлена малой эффективностью ветра при транспортировке грубых частиц. Оставаясь обычно на месте, они представляют собой остаточные отложения. Следует отметить, что идентификация отложений по

параметрам функций распределения применима не во всех случаях [17]. Она может быть затруднена унаследованностью предыдущих условий осадкообразования и чередованием различных физических процессов транспортировки и переработки твердого материала.

Размеры частиц, слагающих поверхность, являются определяющими для процессов дефляции во время песчаных бурь. Так, согласно исследованиям Багнольда [24], дефляция частиц с модальным размером 100 ± 20 мкм начинается при меньших скоростях ветра, чем в других случаях. Этот вывод подтвержден также Семеновым [19] для поверхностей, сложенных песком с логарифмически нормальной функцией распределения.

Средний геометрический размер частиц влияет на величину твердого расхода песка во время песчаных бурь. В свою очередь, твердый расход песка и критическая скорость начала процесса дефляции характеризуют устойчивость поверхности к дефляции и интенсивность последней [5,19]. Дисперсный состав образцов песка, отобранных во время экспедиционных работ, определялся ситовым анализом, методика которого опубликована в работах Семенова [18] и Коузова [9]. На основе полученных данных, была составлена карта дисперсного состава песков осушенной части дна Аральского моря и прилегающих районов Восточного Приаралья, представленная на рисунке.

Анализ параметров распределения обнаруживает определенные закономерности пространственной изменчивости размеров частиц песка и их дисперсии в рассматриваемом регионе. Подвижные пески здесь встречаются с двумя видами функций распределений - логарифмически нормальной и нормальной. Закрепленные пески и перевезаемые непродолжительное время донные отложения имеют чаще всего асимметричное логарифмически нормальное распределение.

Континентальные пески Восточного Приаралья отличаются значительной пространственной неодно-

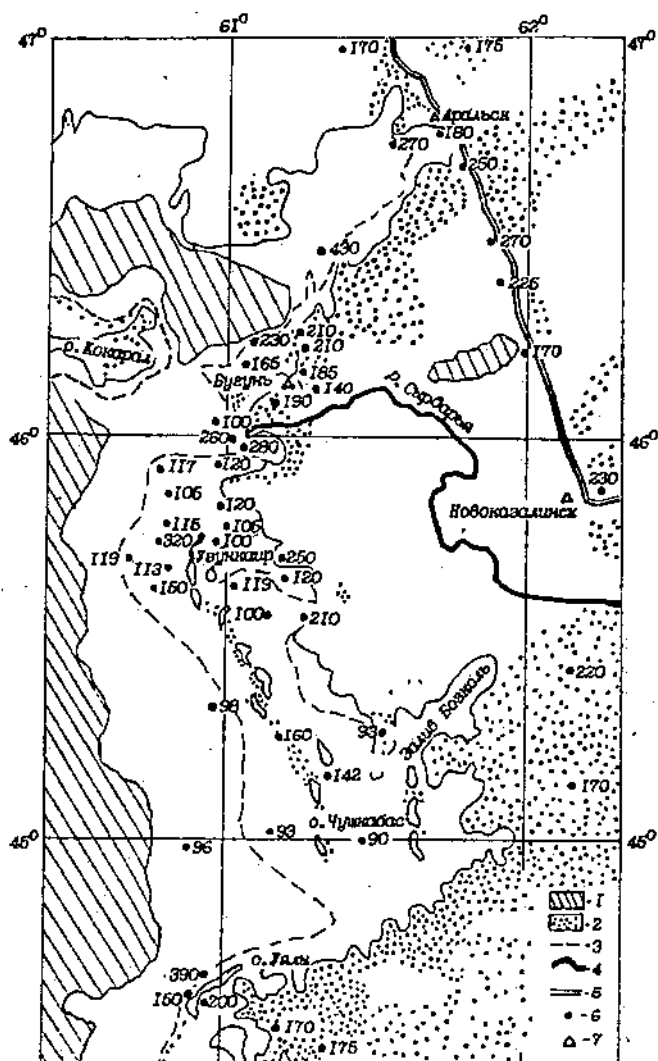


Рис. Дисперсный состав песков Восточного Приаралья.

1- водная поверхность, 2- песчаные массивы, 3 - граница песчаных отложений осушенной части дна моря, 4 - река, 5 - автомобильная дорога, 6 - пункты отбора проб, 7- населенные пункты.

родностью как по размерам частиц, так и по виду функции распределения. Однако, в пределах отдельных массивов можно выявить определенные и довольно закономерные изменения параметров распределения частиц по размерам.

Так для южной окраины массива бугристо-ячеистых песков, расположенных севернее г.Аральска, характерно логарифмически нормальное распределение. Средний геометрический размер частиц X_0 здесь равен 170 - 180 мкм при сравнительно хорошей сортировке (b_{lgx} около 0,15). Такой же дисперсный состав имеют пески в районе г.Аральска.

Южнее, вдоль дороги Аральск-Новоказалинск, протянулась полоса песков юго-западной окраины Приаральских Каракумов с нормальной функцией распределения частиц по размерам. Средний размер песчинок изменяется от 270 до 225 мкм. Пески с таким распределением по Лидеру [10] представляют собой остаточные отложения. На южной окраине этой полосы, в районе станции Камышлыбаш, распределение становится логарифмически нормальным с X_0 равным 170 мкм. Возможно недостаток песка мелкой фракции в северной части этой полосы обусловлен наличием хребта Жаксыкылыш, являющегося орографической преградой на пути северных ветров и отворачивающего ветропесчаный поток к западу, направляя его вдоль восточного побережья залива Сарышиганак. К сожалению, из-за отсутствия образцов с восточного побережья этого залива, дисперсный состав здесь не определен.

Подвижные пески восточнее Новоказалинска имеют средний геометрический размер частиц 230 мкм. К югу от Новоказалинска, в пределах песков Джуванкум, так же наблюдается уменьшение размеров частиц песка в южном направлении. В северной части массива, функция распределения нормальная ($\bar{X} = 220$ мкм). Дальше к югу размер частиц умень-

шается до $X_0 = 170$ мкм и функция распределения становится логнормальной. Такие же характеристики имеют пески восточнее острова Уялы.

В целом, для континентальной части Восточного Приаралья, в зоне уравновешенного баланса выноса и отложений песчаного материала, наиболее характерными являются пески со средним геометрическим размером частиц равным 170-180 мкм и лог-нормальной функцией распределения.

Очень большая пространственная изменчивость механического состава песков отмечается в прибрежной зоне. Объясняется это, по-видимому, селективной переработкой поверхности при западных и восточных бризовых ветрах. При ветрах, со скоростью выше критической, дующих с суши на море, ветропесчаный поток несет в сторону берега как крупный, так и мелкий песок, при этом большая часть мелкого песка, как более подвижного, выносятся за пределы массива и выпадает на водную поверхность. Ветры дующие с моря на сушу и не несущие твердого материала, набегаая на песчаный массив поднимают и уносят в первую очередь мелкий материал, оставляя на месте крупные частицы. Многократное повторение этого процесса приводит к пространственной дифференциации частиц песка по размерам: прибрежные барханы и авантюны содержат более крупный материал, в глубь массивов средний размер частиц закономерно уменьшается.

Дюны и барханы, вблизи населенных пунктов, подвергающиеся интенсивному длительному эоловому и антропогенному воздействию, теряют мелкий материал и приобретают нормальную функцию распределения по размерам. Процессы потери мелких частиц наблюдаются и у отдельно стоящих барханов и гряд, окруженных недефлируемой поверхностью. Так очень крупный песок с логарифмически нормальной функцией распределения обнаружен в узкой полосе на бывшем побережье моря в районе поселков Бугунь и Старый Бугунь ($X_0 = 210 - 290$ мкм). В восточном направлении размер частиц уменьшается ($X_0 = 180 - 185$ мкм). К югу от Бугуня в районе поселка Карачалак, в прибрежной зоне размер песка составляет 190 мкм. Однако, и здесь наблюдается уменьше-

ние размеров песка до 140 мкм в 6 км восточнее поселка. Очень крупный песок слагает поверхность авантюны в районе пос. Каратерень. Образец, отобранный у ст. Баян, имеет $X_0 = 260$ мкм. Песок с нормальной функцией распределения обнаружен у дна с активным антропогенным воздействием в пос. Каратерень ($X_0 = 280$ мкм), Бугунь ($X_0 = 220$ мкм) и у отдельно стоящей гряды в районе бывшего рыбпромысла Жангельтюбе ($X_0 = 250$ мкм).

Большое разнообразие в дисперсном составе песков наблюдается на осушенной части дна моря. Формирование толщ морских отложений происходило здесь под действием морских течений, сгонно-нагонных явлений, сейш и ветровых волн. Осадочный материал в пределы моря поступал в виде взвешенных и донных наносов р. Амударьи и р. Сырдарьи или заносился ветром с сопредельных территорий. В пределах территории можно выделить два, коренным образом отличающихся, типа поверхности и два района с разными условиями осадкообразования.

Первый тип поверхности сформировался на узкой береговой полосе в активной зоне пляжа и в пределах островных баров, кос и мелей. Генезис этих типов поверхностей рассмотрен в работе Лымарева [11]. Отличительной особенностью этих осадков является то, что их отложение происходило при воздействии активных волновых процессов, при этом осуществлялась интенсивная селекция частиц. Более мелкие частицы вымывались из зоны влияния волн в более глубокие или защищенные от волн участки водоема, крупные частицы, наоборот, намывались на отмели, образуя устойчивые к волновой абразии участки. Некоторую роль в формировании островов играли и эоловые процессы. Большое разнообразие условий волновых воздействий предопределило существенную пространственную неоднородность распределения частиц по размерам. Даже на небольших расстояниях средние размеры частиц могут отличаться в несколько раз. Как правило, наиболее крупные пески отмечаются на бывших отмелях

островных баров. Все эти пески, за исключением образца, отобранного с мыса Каратуп в проливе Берга, имеют логнормальное распределение с хорошей сортировкой (b_{lgx} равно 0,15 - 0,17). Средний геометрический размер песка на них достигает 200 - 390 мкм. Так на севере, в районе поселка Бугунь, бывшие острова имеют средний геометрический размер частиц, равный 210 мкм. Для береговой отмели о.Узункаир $X_0 = 320$, а в районе острова Уялы $X_0 = 390$ мкм. Самый крупный песок с нормальной функцией распределения и средним размером $X = 430$ мкм отмечен на мысе Каратуп. Спорадически в пределах всей островной цепи, встречаются небольшие участки с очень крупными частицами, размер их может достигать 5 мм. Пляжевые пески побережья имеют логнормальное распределение, средний геометрический размер их меняется в пределах 200 - 270 мкм. У северного берега, в районе Аральска, X_0 составляет 270 мкм, южнее, в районе пос.Бугунь, $X_0 = 210$ мкм. Дальше на юг, в пределах лагунного побережья воздействие волн в зоне пляжа уменьшалось и участки с крупным песком встречаются эпизодически, здесь X_0 составляет 200 - 210 мкм.

Второй тип поверхности - это отложения более глубоких участков литорали и сублиторали, где влияние волновых процессов было минимальным и сортировка частиц волнами была незначительной. В пределах Малого моря песчаные поверхности формировались за счет поступления материала с сопредельных территорий и размыва аккумулятивной террасы. Ширина полосы песчаных отложений незначительна. Средний геометрический размер частиц донных песчаных отложений у Аральска составляет 180 мкм. В районе пос.Бугунь $X_0 = 165$ мкм. Однако, встречается и более мелкий песок. У восточного побережья Большого моря донные песчаные отложения формировались, главным образом, из речных наносов Сырдарьи. Под действием морских течений, имеющих южное направление [5], твердый материал

переносился вдоль берега к югу. Здесь наблюдается четкая пространственная дифференциация частиц по размерам. На севере, между устьем р. Сырдарьи и мысом Карашокат X_0 составляет 100 - 115 мкм. Дальше на юг отложения обогащаются алевритовыми частицами и средний геометрический размер отложений становится меньше 100 мкм.

Анализ представленных данных показывает на существование различия в дисперсном составе песчаных массивов континентальных регионов Восточного Приаралья и осушенной части дна Аральского моря. Континентальные пески имеют средний геометрический размер 170 - 180 мкм. Для районов остаточных песчаных отложений, в которые поступает мало мелкого песка с сопредельных территорий характерно нормальное распределение со средним размером частиц 200 - 270 мкм. Пески осушенной части дна моря значительно мельче. Средний геометрический размер для песков Малого моря равен 160 - 180 мкм. В пределах Большого моря значительные площади заняты песчаными отложениями со средним геометрическим размером около 100 мкм. В пределах территории осушки выделяются узкие и протяженные участки песков с очень крупным песком, где X_0 варьирует в пределах 200 - 370 мкм, они приурочены к зоне пляжей и цепочке островных баров.

Таким образом, наиболее опасным районом развития песчаных бурь является обширный массив песков от устья Сырдарьи до урочища Уялы. Размер частиц массива обеспечивает начало процесса переноса при минимальных скоростях ветра и его максимальную интенсивность. Выполненные исследования показывают на принципиальную возможность районирования таких крупных, имеющих существенные различия в литологии, регионов по дисперсному составу песков. Данные могут быть использованы для оценки и прогноза дефляционных процессов в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азыдова Р.Н., Семенов О.Е. Оценка объемов ветрового переноса песка в районе Аральского моря по наблюдениям метеорологических станций // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1985. - Вып. 85. - С. 13-19.
2. Богданова Н.М. Геоморфологические особенности осушившегося дна Аральского моря // Геоморфология. - 1984. - № 3. - С. 44 - 50.
3. Боровский В.М., Погребинский М.А. Древняя дельта Сыр-Дарьи и Северные Кызыл-Кумы. Т.1. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1958. - 514 с.
4. Гельдыева Г.В., Будникова Т.И. Ландшафты Казахстана части Приаралья // Арал сегодня и завтра. - Алма-Ата: Кайнар, 1990. - С. 144-182.
5. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н.Чичасова. - Л.: Гидрометеиздат, 1990. - 277 с.
6. Жданко С.М. Течения в Аральском море // Метеорология и гидрология. - 1940. - № 1-2. - С. 78-83.
7. Казахстан / Под ред. И.П.Герасимова. - М.: Наука, 1969. - 482 с.
8. Кондратьев К.Я., Жвалев В.Ф., Каипов И.В. Исследования воздействия процессов опустынивания на атмосферу // Проблемы освоения пустынь. - 1987. - № 1. - С. 3-9.
9. Коузов П.А. Основы дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. - Л.: Химия, 1987. - 264 с.
10. Лидер М. Седиментология. Процессы и продукты / Пер. с англ. Н.П.Григорьева и др. - М.: Мир. - 1986. - 439 с.
11. Лымарев В.И. Берега Аральского моря - внутреннего водоема аридной зоны. - Л.: Наука, 1967. - 252 с.
12. Можайцева Н.Ф. Эволюция ландшафтов при обсыхании восточного побережья Аральского моря // Проблемы освоения пустынь. - 1979. - № 3. - С. 19-24.
13. Проблема Аральского моря и антропогенного

- опустынивания Приаралья / И.П.Герасимов, Н.Т.Кузнецов, А.С.Кесь, М.А.Городецкая // Проблемы освоения пустынь. - 1983. - № 6. - С.22-33.
14. Проблема Аральского моря и природоохранные мероприятия / В.А.Духовный, Р.М.Разаков, И.Б.Рузиев, К.А.Косназаров // Проблемы освоения пустынь. - 1984. - № 6. - С. 3-15.
 15. Прогноз формирования почвенного покрова обсыхающего дна Аральского моря / М.Е.Бельгибаев, Т.Ф.Некрасова, Р.Х.Киевская, Н.Ф.Можайцева / Природопользование Северного Казахстана. - Алма-Ата, 1983. - С. 63-86.
 16. Сваричевская Э.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. - Л.: Изд-во Ленинградского гос. ун-та, 1965. - 296 с.
 17. Селли Р. Введение в седиментологию: Пер. с англ. С.С.Чекина. - М.: Недра, 1981. - 370 с.
 18. Семенов О.Е. О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. - 1970. - Вып.36. - С. 153-165.
 19. Семенов О.Е. Общий расход песка при пыльных бурях как функция динамической скорости потока // Тр.КазНИИ Госкомгидромета. - 1980. - Вып.66. - С. 61-66.
 20. Семенов О.Е. Оценка ветрового выноса песка и солей с осушенной части дна Аральского моря // Тр.КазНИИ Госкомгидромета. - 1988. - Вып.102. - С. 39-54.
 21. Семенов О.Е., Шапов А.П. Оценка объемов переноса песка при пыльных бурях в районе Аральского моря // Тр.КазНИИ Госкомгидромета. - 1984. - Вып.82. - С. 21-29.
 22. Семенов О.Е., Шапов А.П. Ветровой перенос солей в приземном слое атмосферы во время песчано-солевых бурь на побережье Арала // Тр. КазНИГМИ. - 1990. - Вып.105. - С. 3-13.
 23. Экологическая карта Приаралья / Под ред. Г.В.Хворова / КАЦЭ "Байконур". - Ленинск, 1992.

24. Bagnold R.A. The physics of blown sand and desert dunes. - London : Methuen, 1954. - 265 p.

Казахский научно - исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

**ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ДАМУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ
ШЫҒЫС АРАЛ БОЙЫ ҚҰМЫНЫҢ ДЕФЛЯЦИЯЛЫҚ
ПРОЦЕССТЕРІ МЕН ДИСПЕРСТІ ҚҰРАМЫ**

Физ.-мат. ғ. канд. О.Е. СЕМЕНОВ
А.П. ШАПОВ

Арал бойы құм қойнауының геоморфологиялық және геологиялық ерекшелігі, құмның дисперсті құрамының қалыптасуына ықпалдылығы сипатталады. Аралдағы қалыпты және қалыптан тыс құм басу жағдайы қарастырылады, табиғи ауытқулардың әсері талданады, апатты аймақтар айрықша аталып көрсетіледі.