Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі

SALA

Товарищество с ограниченной ответственности

Мемлекеттік лицензия №14007826 от 30.05.2014г. Государственная лицензия
БИН 060840005001 , р/с № KZ 218 560 000 007 008 641, БИК KCJBKZKX, в АО Банк Центр Кредит

Атырау қаласы, Құлманова 147 н..п.1 Тел.факс +7(7122)504668 г.Атырау, ул.Кулманова 147 н.п.1.

27-2023-01-01-ОПЗ

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ

«Разработка рабочего проекта для проведения работ по пескозадержанию с.Сагиз, с. Карабау, с. Каракол, с. Жаскайрат и с. Буйрек Кызылкогинского района Атырауской области»

Том I. Книга 1. Общая пояснительная записка

г. Атырау -2023г.

Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі

SALA

Товарищество с ограниченной ответственности

Мемлекеттік лицензия №14007826 от 30.05.2014г. Государственная лицензия
БИН 060840005001 , р/с № KZ 218 560 000 007 008 641, БИК KCJBKZKX, в АО Банк Центр Кредит

Атырау қаласы, Құлманова 147 н..п.1 Тел.факс +7(7122)504668 г.Атырау, ул.Кулманова 147 н.п.1.

27-2023-01-01-ОПЗ

РАБОЧИЙ ПРОЕКТ

«Разработка рабочего проекта для проведения работ по пескозадержанию с.Сагиз, с. Карабау, с. Каракол, с. Жаскайрат и с. Буйрек Кызылкогинского района Атырауской области»

Том I. Книга 1. Общая пояснительная записка

Главный инженер проекта_____Булекбаев А.О.

Директор ЖШС «САЛА»_____Жумашев Д. М.

г. Атырау -2023г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

А.О.Булекбаев	Главный инженер проекта
Н.М.Демен	Главный специалист по генплану
А.Ужангалиев	Главный специалист геологии
Е.К.Айтбаев	Инженер строитель
А.Н.Сабитова	Инженер сметчик
Н.Шонаева	Инженер эколог

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В отчете применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Дефляция (deflation)**:** Разрушительная деятельность ветра, выражающаяся в развевании и выдувании рыхлого (песчаного и алевритового) материала грунта, почв.

Вектор переноса песка: Массы песка, переносимые ветром в приземном слое атмосферы через фронт переноса в один метр (или один километр) в направлении переноса, отличающемся от направления ветра на 180°. Вектор определяется модулем (массой переносимого песка) и направлением переноса φ (углом или румбом, отсчитываемым от северного направления φ = 0).

Роза векторов переноса песка: Массы песка, переносимые ветром в приземном слое атмосферы в различных направлениях через фронт переноса в один метр или один километр. Розы векторов могут быть как для отдельной бури, так и за продолжительные интервалы времени (годовые, средние многолетние).

Результирующий вектор переноса песка: Результат векторного сложения векторов переноса масс песка (роз векторов). Средний многолетний результирующий вектор переноса определяет направление перемещения подвижных песков.

Опустынивание: Деградация земель в засушливых, полузасушливых и сухих субгумидных районах в результате действия различных факторов, включая изменение климата и деятельность человека. Деградация земель в засушливых районах определяется как снижение или потеря биологической или экономической продуктивности засушливых земель.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ....2
ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ....3
СОДЕРЖАНИЕ....4
1. ВВЕДЕНИЕ....5
2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ....7
2.1. Общая характеристика рельефа территории исследований....7
2.2. Геологическое строение....8
2.3. Подземные воды....9
2.4. Почвенный покров....10
3. КЛИМАТ И ДЕФЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ....13
3.1. Климатообразующие факторы....13
3.1.1. Радиационные особенности....13
3.1.2. Циркуляция атмосферы....14
3.1.3. Температура и влажность воздуха....14
3.1.4. Атмосферные осадки и ветер....15
3.2. Режим пыльных бурь в регионе....16
4. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫНОСА МАССЫ ПЕСЧАНО-СОЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ ИЗ ИСТОЧНИКА ВЫВЕТРИВАНИЯ....18
5. ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЕСКОВ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ....24
5.1. Методика описания дисперсного состава....24
5.2. Дисперсный состав песков в исследованных районах....25
6. ПЕРЕНОСИМЫЕ ВЕТРОМ МАССЫ ПЕСКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ....27
6.1. Скалярные оценки ветрового переноса масс песка....27
6.2. Векторные характеристики переноса масс песка....30
7. КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА ПО ЗАЩИТЕ ОТ ПЕСЧАНЫХ ЗАНОСОВ НА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ САГИЗ, КАРАБАУ, КАРАКОЛ, ЖАСКАЙРАТ И БУЙРЕК , КЫЗЫЛКОГИНСКОГО РАЙОНА АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ....33
7.1. Природные ресурсы и социально-экономические особенности территории исследований....34
7.2. Современное состояние процессов опустынивания и дефляционных процессов территории исследований....34
7.2.1. Режим пыльных бурь в регионе....35
7.2.2. Модель формирования выноса массы песка....35
7.3. Оценка мирового и республиканского опыта защиты от подвижных песков....36
7.4. Выбор участков для первоочередного проведения фитомелиорационных и технических мероприятий по снижению негативного воздействия песчаных заносов....40
7.5. Рекомендации по проведению фитомелиорационных и технических мероприятий по снижению вредного воздействия песчаных бурь на почву, природные условия и жизнь людей....41
7.5.1. Содержание и виды фитомелиорационных и технических мероприятий....41
2.1 Технико-экономические показатели....45

1. ВВЕДЕНИЕ

На фоне нарастающей численности населения, практически полного освоения площадей продуктивных сельскохозяйственных земель и резкого повышения техногенной нагрузки на окружающую среду Казахстана дефляционные процессы могут стать основной угрозой для дальнейшего социально-экономического развития населенных пунктов полупустынной и пустынной зоны Республики. За последние годы из разных уголков Казахстана раздаются тревожные сигналы о возрастающем наступлении песков на обжитые человеком территории. Влияние этих процессов представляет серьезную региональную проблему.

В два последних десятилетия значительную роль стало играть интенсивное освоение месторождений нефти и других полезных ископаемых в изучаемых районах. По данным космических снимков, были обнаружены новые очаги дефляции в Атырауской области в районах месторождения нефти и газа, а также на крупных песчаных массивах. Эти очаги приурочены к районам, почвенный покров которых представлен песками и солончаками, т.е. наименее устойчивыми экологическими системами. В усилении процессов дефляции поверхности существенно возросла роль степных пожаров, при которых выгорает растительный покров, – основной и практически единственный фактор противостояния дефляционным процессам.

В Концепции экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 гг., где в подразделе «Совершенствование системы экологического мониторинга» говорится о недостаточной межведомственной координации систем мониторинга, которая не позволяет осуществлять в полной мере объективную оценку состояния окружающей среды и получать своевременно оперативную информацию, в частности по переносу масс песка.

В связи со сложившейся ситуацией, для рационального использования природных ресурсов, их воспроизводства и улучшения качества окружающей среды на современном этапе представляется необходимым исследование всех песчаных массивов Атырауской области, подверженных дефляции.

Высокая повторяемость и значительная продолжительность пыльных бурь и позёмок – характерная черта климата аридных зон, в том числе и Северного Прикаспия. Бури наносят большой ущерб природной среде и хозяйственной деятельности, поэтому их исследованию уделяется много внимания. К сожалению, систематических инструментальных измерений параметров переносимой ветром при бурях массы аэрозоля нет. На метеорологических станциях проводятся лишь визуальные наблюдения за продолжительностью бурь, измерения величины скорости и направления ветра, определения дальности видимости в стандартные метеорологические сроки. Поэтому при анализе подверженности территории явлениям пыльных бурь исследуется обычно повторяемость бурь и их длительность, распределение по скоростям и направлениям ветра.

Но этих характеристик пыльных (песчаных) бурь совершенно недостаточно для выбора методов борьбы с ними, для проектирования производственной деятельности и строительных работ в песчаных пустынях. Необходимы знания о перемещениях масс песка в пространстве во время бурь. Восполнить пробел о переносе масс песка во время бурь для современных климатических условий Северного Прикаспия – одна из задач настоящего отчета.

При исследованиях песчаных и пыльных бурь в Северном Прикаспии использовались как традиционные подходы к анализу наблюдений метеорологических станций (здесь и далее в тексте вместо слова «метеостанция» будет использоваться и заменяющая его аббревиатура М) за их повторяемостью и длительностью, так и созданная модель этого опасного явления природы, позволившая получить принципиально новые климатические характеристики бурь, характеризующие переносимые ветром массы песка.

Целью выполненных исследований было изучение, анализ и оценка процессов песчаных заносов населенных пунктах с.Сагиз, с.Карабау, с.Карабау, с.Жаскайрат, и с.Буйрек, Кызылкогинского района, Атырауской области для разработки комплексной схемы по снижению негативного воздействия песчаных заносов на населенные пункты.

В процессе исследований был проделан следующий комплекс работ**:**

- Проведено полевое обследование песчаных массивов, уточнение границ заноса песками в районе сел с.Сагиз, с.Карабау, с.Карабау, с.Жаскайрат, и с.Буйрек Кызылкогинского района Атырауской области.
- С подвижных песчаных массивов отобраны образцы песков, выполнен анализ их дисперсного состава, определены функции распределения частиц песка по размерам и их параметры.
- Рассчитано выпадение масс песка от наиболее сильных бурь этого периода.
- Определены наиболее мощные источники выноса песчаного аэрозоля и районы, подвергающиеся его наибольшему воздействию.

2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Проектная территория исследований охватывает район сел с.Сагиз, с.Карабау, с.Карабау, с.Жаскайрат, и с.Буйрек Кызылкогинского района Атырауской области.

2.1. Общая характеристика рельефа территории исследований

Исследуемые территории Кызылкогинского района Атырауской области лежат в зоне пустынь в крайней юго-восточной части Русской равнины, прилегающей к Каспийскому морю. По условиям рельефа рассматриваемая территория принадлежит естественноисторической провинции – Прикаспийской низменности.

Территория Прикаспийской низменности является областью молодого прогибания Прикаспийской впадины. Ее поверхность сложена мощной толщей отложений четвертичного (главным образом верхнечетвертичного и современного) возраста, и в генетическом отношении является аккумулятивной равниной морского и частично речного происхождения, полого наклоненной в сторону Каспийского моря. Абсолютные высоты ее поверхности изменяются от 80…50 м по периферии до 27 м ниже уровня Мирового океана у побережья современного Каспия (Рис. 2.2).

Несмотря на малую денудационную устойчивость отложений, слагающих поверхность этой равнины (пески, супеси, суглинки, реже глины), ее слабые уклоны, засушливость климата и, как следствие, ничтожный поверхностный сток, обусловили замедленное развитие современных эрозионно-денудационных процессов и сравнительную сохранность первичного аккумулятивного рельефа. Эоловые и суффозионные процессы осложнили, но не затушевали первичные черты рельефа исходной морской или аллювиально-дельтовой аккумулятивной равнины [1].

На северо-востоке и востоке Прикаспийской низменности большие пространства заняты плосковолнистыми, местами бугристыми равнинами аллювиального и дельтового происхождения. На поверхности этих равнин наблюдается чередование плоских водоразделов и неглубоких пологих ложбин – следов древнего речного стока. Относительные превышения «волн», образуемых водоразделами и ложбинами, обычно не более 5 м. Ложбины имеют заметный уклон в сторону Каспийского моря и нередко оканчиваются озерами, сорами и «лиманами», приуроченными к древним береговым линиям хвалынской трансгрессии.

Происхождение таких равнин, расположенных на северо-восточной окраине низменности на абсолютных отметках 80…50 м, связано с аккумулятивной деятельностью рек, стекавших с Подуральского плато и впадающих в древний Каспий в четвертичное время

Характерной особенностью рельефа древних дельт Волги, Урала и Эмбы является присутствие большого количества гряд и удлиненных бугров, обладающих пологими очертаниями, и линейно-кулисно расположенных бэровских бугров. Относительная высота бэровских бугров колеблется от нескольких метров до 15…20 м, ширина их гребней достигает 30…50 м, длина варьирует от сотни метров до нескольких километров. Интервалы между вершинами соседних бугров варьируют от 100…200 м до 1 км. Бугры и гряды вытянуты параллельными рядами в широтном и субширотном направлениях. Чаще они асимметричны, с пологими южными и более крутыми северными склонами.

Поверхность бугров и гряд сложена песками и «глиняными песками» сложной пачечной слоистости, с обломками раковин. Бэровские бугры приурочены только к древним, хвалынским дельтам рек. Ориентировка их субширотная и на севере в общих чертах повторяет конфигурацию береговой линии Каспия. По-видимому, бэровские бугры возникли в хвалынское время на участках, дельтовой аккумуляции рек, создавшей первичные неровности рельефа в результате последующих процессов эоловой дефляции (преимущественно) и аккумуляции (простирание большинства бугров

согласуется с господствующим направлением ветров). Эрозионная деятельность протоков в эпохи регрессии хвалынского моря явилась дополнительным фактором, участвовавшим в образовании этих форм рельефа [1].

С началом регрессии хвалынского моря к древней суше Подуральского плато и окаймляющей его аллювиально-дельтовой равнине причленилась морская аккумулятивная равнина Прикаспийской низменности. Площадь суши по мере развития регрессии древнего Каспия последовательно возрастала. В это время преобладающее развитие получили процессы аридной денудации. На Подуральском плато продолжалась препарировка структурного рельефа, шло развевание древних аллювиальных и дельтовых песчаных накоплений, а в наиболее пониженных участках накапливался делювий. На недавно осушенном дне хвалынского моря формировались суффозионные понижения, эоловые формы рельефа и эрозионные ложбины. Последние следовали за отступившим морем, основные фазы задержек которого хорошо заметны в современном рельефе по остаткам береговых валов, цепочек соров (бывших заливов), а также по характерному рисунку древних дельтовых проток.

Ведущая роль в современном рельефообразовании Прикаспийской впадины принадлежит процессам аридной денудации, развивающимся на фоне как общего относительного поднятия этой территории в новейшее время, так и на фоне дифференцированных новейших тектонических движений, в том числе обусловленных соляной тектоникой.

2.2. Геологическое строение

Прикаспийская низменность располагается в пределах Прикаспийской синеклизы, заложенной еще в палеозое. Складчатый фундамент синеклизы, опущенный на глубину 3000—4000 м, перекрыт толщей палеозойских и мезо-кайнозойских отложений, мощность которых достигает здесь наибольшей величины для Русской платформы.

В геологическом строении поверхности рассматриваемых районов принимают участие разновозрастные породы – от палеогена до четвертичных отложений (рис. 2.4).

Палеоген распространен так же широко, как и отложения меловой системы. В составе палеогена выделяются отложения палеоцена, эоцена и олигоцена. Палеогеновые отложения в целом представлены опоковидными глинами с прослоями алевролитов, известковистыми песчаниками, глауконит-кварцевыми песками, опоками, мергелями, песчанистыми известняками, конгломератами, алевролитами с прослоями песков и песчаников общей мощностью до 1000м.

Неогеновые отложения в Прикаспийской впадине образованы отложениями миоцена и верхнего плиоцена. Неогеновые отложения представлены карбонатными и пестроцветными глинами, алевритами, песками, известковистыми и окварцованными песчаниками, гравелитами, конгломератами, известняками, мергелями, гипсами, известняками-ракушечниками общей мощностью до 500…700м.

Четвертичные отложения представлены морскими, озерно-аллювиальными, эоловыми, аллювиальными, озерно-соровыми, элювиальными, делювиальными и пролювиальными породами.

Среди четвертичных морских и озерно-аллювиальных отложений выделяются следующие ярусы: бакинский, хазарский, хвалынский, новокаспийский. Среди них наиболее широким развитием пользуются пестроцветные глины, затем пески кварцевые и кварц-полевошпатовые тонко-, средне- и разнозернистые с галькой и гравием и, наконец, в верхней части разреза преобладают суглинки и супеси. Они чередуются между собой, образуя прослои и линзовидные горизонты, иногда выклинивающиеся по простиранию. Общая мощность их непостоянна и колеблется от единиц до 100 м и более.

Эоловые отложения на территории районов широко развиты в отдельных песчаных массивах. Наиболее крупными из них являются Нарынские пески, занимающие площадь

30 тыс. км^2. Эоловые массивы возникли в результате развевания древнекаспийских и дочетвертичных песчаных отложений. Пески преимущественно пылеватые, мелко- и среднезернистые, кварцевые или кварц-полевошпатовые. В понижениях между барханами, грядами и буграми встречаются суглинки и супеси. Мощность песков от 2…3 до 25…35 м.

Аллювиальные отложения выполняют речные долины, слагают поймы и надпойменные террасы. Они состоят из суглинков, песчанистых глин, супесей, песков разной зернистости, гравелисто-галечникового материала с включением валунов. Эти отложения к низовьям рек становятся более глинистыми. Мощность аллювиальных отложений колеблется от 1…2 до 70…100м. К ним относятся также озерно-аллювиальные образования, имеющие широкое распространение на территории Прикаспийской низменности. Надпойменные террасы речных долин сложены древними аллювиальными отложениями. В ряде долин наблюдаются погребенные русла, заполненные песчано-гравелисто-галечниковым материалом с включением валунов. Мощность аллювия в погребенных долинах достигает 72 м.

Озерно-соровые отложения широко распространены в виде отдельных участков разного размера в пределах Прикаспийской низменности. Эти отложения представлены преимущественно тонкозернистыми, часто глинистыми песками, песчанистыми глинами, иловатыми суглинками, встречается соль в виде кристаллов или прослоев и линз. Мощность этих отложений колеблется от 2…3 до 20…50 м.

На водораздельных площадях и пологих склонах развиты покровные отложения, состоящие из бурых суглинков, супесей, песков и глин элювиального, делювиально-пролювиального субаэрального генезиса. Мощность этих отложений разнообразна, но чаще всего не превышает 20 м. Состав их отражает характер подстилающих пород.

2.3. Подземные воды

Территория исследований характеризуется относительно хорошей гидрогеологической изученностью с помощью средне - и крупномасштабных гидрогеологических съемок, разведки подземных вод для различных целей и других работ гидрогеологического направления, выполненных в предшествующие годы.

Учитывая крайне неоднородные природные условия территории, повлекшие за собой разнообразие форм накопления, циркуляции и разгрузки подземных вод, первостепенное значение приобретает гидрогеологическое районирование территории, предопределяющее выделение районов со сходной гидрогеологической обстановкой. Гидрогеологические районы представлены на гидрогеологической карте бассейна масштаба 1:2 000 000.

Наиболее крупной таксономической единицей принятого районирования является *гидрогеологический регион* – система бассейнов напорных и безнапорных подземных вод, которая объединяется общностью тектонической, гидрогеодинамической и емкостной характеристик структур. Проектная территория входит в состав Восточно-Европейского (III) гидрогеологического региона.

Регионы делятся на *провинции или бассейны первого порядка*, представляющие собой сложные бассейны подземных вод, включающие напорные и безнапорные воды. На проектной территории выделяется Прикаспийский (III-8) гидрогеологический бассейн первого порядка.

Таксономическими единицами второго порядка являются *подпровинции или бассейны напорных подземных вод*. На территории выделено два гидрогеологических бассейна второго порядка: Северо-Каспийский (III-8А) и Эмбинский (III-8Б).

2.4. Почвенный покров

Поверхность территории Прикаспийской низменности слагают в основном литологически разнообразные, главным образом древнеозерные (морские) отложения последнего обширного хвалынского бассейна. Эти озерно-морские сильно денудированные отложения, представленные глинами, суглинками и супесями, являются основной почвообразующей породой северной части Каспийской низменности с развитыми здесь каштановыми почвами.

В центральной и южной частях Волжско-Уральского междуречья, т.е. в зоне распространения главным образом бурых и отчасти светлокаштановых почв, озерно-морские отложения в результате неоднократного стадийного отступания хвалынского Каспия и широкого развития аллювиальных процессов подверглись сильному изменению – переотложению и перекрытию отложениями перемещавшихся древних дельт. Аллювиально-дельтовые отложения в рассматриваемых частях Волжско-Уральского междуречья сильно опесчанены.

Хвалынские озерно-морские отложения представлены главным образом бурыми суглинками, с тонкими прослойками и линзами песка, и, гораздо реже, шоколадного цвета сланцеватыми глинами, залегающими под бурыми суглинками. Мощность глин, лежащих на неровной поверхности арельских отложений, весьма изменчива и колеблется от 0,5 до 5…7 м и более. Мощность глин шоколадного цвета также не всюду одинакова, она обычно не превышает 1…1,5 м и редко бывает больше.

На территории Северного Прикаспия, занятой песками, вследствие имевших место интенсивных эрозионных процессов, бурые суглинки, а также шоколадного цвета глины почти всюду оказываются размытыми и на значительных пространствах почти полностью удаленными. Они встречаются здесь лишь по краям песчаного массива, в местах, не затронутых размыванием, а также среди песков небольшими пятнами, сохранившимися от размывания, или во вторичном залегании. В последнем случае указанные отложения часто бывает прикрыты тонким слоем навеянного песка и реже представлены выходами элювия.

Следы сильного размыва хвалынских озерно-морских отложений и их переотложения обнаруживаются также по тем глинистым прослойкам и линзам, которые присутствуют в толще покровных песков, залегающих на поверхности ательских суглинков.

Озерно-морские отложения в южной и центральной частях Северного Прикаспия покрыты аллювиально-дельтовыми глинисто-песчаными отложениями. Их мощность также не всюду одинакова; она возрастает в южном направлении и достигает здесь наибольшей величины (7…8 м и более).

Аллювиально-дельтовые глинисто-песчаные отложения в результате развития древних и современных эоловых процессов в значительной своей части являются перевеянными. Эти перевеянные палево-серые и желтовато-бурые песчаные отложения и служат главной почво- и пескообразующей породой.

Что касается современной, сравнительно узкой, приморской полосы, то здесь почво- и пескообразующей породой являются новейшие отложения Каспия, преимущественно слоистые глинисто-песчаные, для которых характерно присутствие раковин моллюска *Cardium edule* L.

Таким образом, на территории песков Северного Прикаспия основными почво- и пескообразующими породами являются желтовато-бурые (желтовато-серые) перевеянные и местами серые (светлосерые) неперевеянные или частично и локально перевеянные аллювиально-дельтовые отложения. Значительно реже почвообразующими породами служат озерно-морские отложения, представленные небольшими участками и пятнами элювия сланцеватой глины шоколадного цвета и бурыми суглинками.

Рассмотрим распределение и характер перечисленных отложений [2]. **Палево-серые песчаные отложения** являются почвообразующей и пескообразующей породой в полупустынной части Северного Прикаспия, главным образом в Нарынских песках. Мощность этих отложений весьма изменчива и колеблется от долей метра в котловинах до нескольких метров на склонах и буграх. Палево- серые песчаные отложения весьма однообразны и состоят из перевеянного и отсортированного песка, что хорошо обнаруживается механическими анализами.

В палево-серых песках нет ни раковин моллюсков, ни их обломков, что наблюдается в желтовато-бурых и серых песках. Эти пески совершенно опресненные; в них очень мало легкорастворимых солей, отсутствуют карбонаты.

Желтовато-бурые песчаные отложения служат материнской породой для образования бурых песчаных и супесчаных почв, а также сыпучих песков пустынной части Северного Прикаспия. Мощность желтовато- бурых песков колеблется в значительных пределах - от 0,5 до 2…3 м котловинах и низинах и 3…5 м и более на буграх и грядах.

В желтовато-бурых песках всюду имеется значительное количество мелкобитой ракушки, которая местами залегает в толще песка в виде тонких прослоек. Последние, вероятно, представляют собой погребенный ракушечный элювий, некогда находившийся на поверхности песка.

Серые пески. Эти пески залегают под толщей рассмотренных выше желтовато- бурых песков и налегают на бурые суглинки, а также шоколадного цвета сланцеватые глины. Однако в местах былого сильного размывания и развевания желтовато-бурые пески выклиниваются, и на дневную поверхность выступают серые пески, подвергающиеся процессам дефляции.

Серые пески обладают рядом характерных черт, к числу которых относится прежде всего то, что в них нередко обнаруживается слоистость. Последняя выражается в чередовании песчаных слоев с тонкими, порой едва уловимыми, глинистыми.

Палево-серые пески, залегающие в межбугровых котловинах, состоят главным образом из фракций среднезернистого песка в некоторых случаях весьма значительно и достигает 50 %. Соответственно этому снижается величина фракции мелкозернистого песка. Количество крупнопылеватых частиц не превышает 1 %, а частицы физической глины (менее 0,01 мм) практически отсутствуют.

Аналогичное явление имеет место и а ашиках (равнинные долинообразные понижения между лентами бугристых песков), в песчаных отложениях которых, однако, отмечается значительно большее количество частиц крупной песчаной пыли (до 3%), а также повышенное содержание частиц, относимых к физической глине (4…5 % и более), чего не наблюдается в бугристых песках.

Желтовато-бурые пески по механическому составу более однообразны. В них резко преобладает содержание мелкозернистого песка, количество которого колеблется от 94 до 96% и более. Фракция среднезернистого песка незначительна (0,1…0,6%). Незначительно также содержание частиц крупной песчаной пыли (0,2…0,6%). Но в отличие от рассмотренных выше палево-серых песков, желтовато-бурые пески более «оглинены», и содержание фракции «физической глины» достигает в них 3...4 %.

Серые пески в северной части Северного Прикаспия (Нарынские пески) по соотношению отдельных фракций являются средне- и мелкозернистыми, тогда как серые пески центральной и южной частей сложены в основном мелкозернистым песком (99%). Кроме того, в серых песках северной части отмечается повышенное содержание физической глины (1,7…2,5%) и отчасти фракции песчаной пыли, особенно в почвах ашиков.

Рассматривая отдельно серые и палево-серые пески северной части Северного Прикаспия, нужно отметить, что по механическому составу они почти сходны. В серых песках, как и палево-серых, содержание среднезернистого песка значительно и достигает 30…32 %, а фракция мелкозернистого песка составляет около 65%. Различие

в механическом составе указанных песков заключается главным образом в содержании физической глины и отчасти крупнопесчаной пыли. Оказывается, что серые пески, обнаруживаемые в котловинах бугристых песков, более оглинены. Это видно из того, что в перевеянных палево-серых песках физическая глина почти отсутствует, тогда, как в залегающих под ними серых песках ее количество составляет немногим меньше 2 %.

В условиях ашиков порядок содержания крупнопесчаной пыли в серых песках и залегающих на них палево-серых песках примерно одинаков, а количество физической глины у первых (2,5%) в 2 раза меньше, чем у вторых (4,3…5,4 %). Причиной этого явления, помимо исходной оглиненности песчаных отложений ашиков, несомненно служат почвообразовательные процессы, поскольку ашики покрыты разнообразной и густой растительностью.

Такое же общее сходство обнаруживается в механическом составе серых песков и залегающих на них желтовато-бурых песков и пустынной части Северного Прикаспия. И те и другие характеризуются высоким содержанием фракции мелкозернистого песка (94…99%) и ничтожным количеством среднезернистого. Существенным различием в механическом составе серых и желтовато-бурых песков является количество содержащихся в ниц частиц физической глины. Если в серых песках количество этой глины едва превышает 0,5 %, то в желтовато-бурых она составляет от 2 до 4%. Причину этого явления и в данном случае мы склонны видеть главным образом в почво-образовательных процессах.

3. КЛИМАТ И ДЕФЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ

В последние годы наблюдается повышенный интерес к исследованиям глобального изменения климата вообще и регионального климата в частности. Это связано с возросшим влиянием антропогенных воздействий на окружающую среду и климат, проявляющимся в виде загрязнения воздуха, воды и почвы, прогрессирующих опустынивания, исчезновение лесов, смещения границ природных зон, деградации горного оледенения, возрастания частоты экстремальных погодных явлений и других неблагоприятных процессов.

С одной стороны, климат рассматривается как важнейший природный ресурс, определяющий условия жизнедеятельности человека и развития климатозависимых отраслей экономики, в первую очередь, сельского хозяйства, животноводства, туризма, всех видов транспорта и энергетики.

С другой стороны, в современных условиях, помимо исследований влияния климата на жизнедеятельность человека и экономику, особую важность приобретает решение обратной задачи – влияния человека на климат. Данные о современном состоянии климата Казахстана, характеризуемые большим объемом климатических показателей и естественно-научными представлениями о закономерностях развития климатического потенциала, позволяют дать ретроспективную и прогнозную оценку климата исследуемого региона, оценить возможности использования климатических ресурсов [3–7].

3.1. Климатообразующие факторы

Формирование регионального климата Казахстана, как и местного климата любой области земного шара, происходит в результате взаимодействия солнечной радиации, атмосферной циркуляции и физических процессов, происходящих на подстилающей поверхности. Совместное влияние этих трех важнейших факторов, которые называют климатообразующими, обусловливает характерный для конкретного региона климат, или многолетний режим погоды [8].

Основные черты климата исследуемой территории определяются большим притоком солнечной энергии в теплое время года, крупномасштабными и региональными циркуляционными процессами, особенностями подстилающей поверхности. Под совокупным воздействием этих и других факторов на территории формируется континентальный и крайне засушливый климат, с жарким и сухим летом, с малоснежной и ветренной зимой, в течение которой наблюдается чередование умеренных и сильных морозов с оттепелями.

3.1.1. Радиационные особенности

Солнечная радиация является источником энергии почти всех природных процессов, протекающих в атмосфере, на земной поверхности и в гидросфере, поэтому она представляет собой один из основных климатообразующих факторов. На поверхности земли солнечная радиация распределяется неравномерно. Это способствует неодинаковому нагреванию как подстилающей поверхности, так и воздуха в различных широтных поясах земного шара. Температурные различия приводят к разности в давлении воздуха, которая вызывает воздушные течения, переносящие тепло и влагу в атмосфере. Таким образом, солнечная радиация определяет характер воздействия другого климатообразующего фактора – атмосферной циркуляции.

Приток лучистой энергии от Солнца и её распределение определяется астрономическими факторами (высотой Солнца над горизонтом, продолжительностью солнечного сияния), физическим состоянием атмосферы (её прозрачностью и характером облачности), а также физико-географическими особенностями местности.

Продолжительность солнечного сияния является объективным количественным показателем облачного покрова. Облачность служит эффективным регулятором процессов трансформации постоянного притока солнечной радиации в неравномерно распределенные тепловые потоки в атмосфере. Большая высота полуденного Солнца и продолжительность солнечного сияния обуславливает высокий приход суммарной солнечной радиации (6930 МДж·м^2/год на М Атырау при ясном небе). В годовом ходе максимум приходится на июнь (869 МДж·м^2/мес), как при ясном небе, так и при средних условиях облачности [9 – 12].

Большая продолжительность солнечного сияния позволяет считать рассматриваемый регион весьма перспективным с точки зрения развития гелиоэнергетики. Радиационный фактор играет огромную роль в формировании климата, определяя высокие летние температуры воздуха, большие годовые и суточные её амплитуды, а в совокупности с другими климатообразующими факторами и длительные бездождные периоды.

3.1.2. Циркуляция атмосферы

Большую роль в формировании климата и в его изменчивости играет циркуляция атмосферы. Циркуляция атмосферы приводит к перераспределению тепла, определяемого поступлением энергии Солнца, определяет перенос влаги в атмосфере, полей облачности, осадки, характер погоды.

Одной из основных характеристик циркуляции атмосферы является западно-восточный перенос воздушных масс. Обмен теплом и влагой между низкими и высокими широтами осуществляется в результате циклонической и антициклонической деятельности. В холодное время циркуляционные процессы в Северном полушарии определяются мощным антициклоном над Центральной Азией (Сибирский антициклон) и Исландским минимумом. Эти два барических образования атмосферы и западно-восточный перенос определяют перемещение воздушных масс на территории Западной Сибири, Казахстана и Центральной Азии.

Другой фактор, оказывающий существенное влияние на развитие циркуляционных процессов в Казахстане и Центральной Азии, связан с южной ветвью фронтальной зоны, которая проходит примерно по 35-ой северной параллели. Здесь, в восточной части Средиземного моря, зарождаются пути южных циклонов, которые затем перемещаются в северо-восточном направлении.

3.1.3. Температура и влажность воздуха

Температура воздуха является одним из важнейших элементов климата, определяющих характер и режим погоды. Режим температуры воздуха в Атырауской области формируется под совокупным воздействием климатообразующих факторов. Большой приток радиации в теплый период года определяет высокий температурный фон, большие годовые амплитуды температуры воздуха. Незащищённость территории с юга и севера определяет подверженность её вторжению холодных и теплых воздушных масс, что, в свою очередь, обуславливает большие температурные контрасты зимой и в переходные сезоны, значительную межсуточную изменчивость температур. Региональные особенности климата рассмотрены по материалам наблюдений метеорологических станций (М) расположенных в Атырауской области. В таблице 3.1.1 представлены средние месячные и годовые температуры воздуха по метеостанциям, ближе расположенным в Кызылкогинском районе.

Таблица 3.1-1 Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	**год**
Атырау	-9,4	-4,1	2,6	8,1	17,8	27,2	27,5	22,6	19,8	12,1	2,0	-3,3	**10,3**

Данные ДГП «Атырауский центр гидрометеорологии РГП «Казгидромет.

Характеристики влажности воздуха (относительная влажность, парциальное давление водяного пара и дефицит насыщения) наиболее ярко отражают засушливость климата исследуемого бассейнов в теплый период года. Годовой ход характеристик приземной влажности воздуха можно проследить на данных таблицы 3.1.2.

Таблица 3.1-2 Средняя месячная относительная влажность, (%)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	**год**
Атырау	85	80	76	58	56	33	37	53	50	56	74	84	**62**

Данные ДГП «Атырауский центр гидрометеорологии РГП «Казгидромет.

В зимние месяцы средние значения относительной влажности в исследуемых районах довольно высоки. К лету её значения значительно уменьшаются.

3.1.4. Атмосферные осадки и ветер

Территория бассейнов относится к районам крайне недостаточного и неустойчивого увлажнения. В среднем за год на севере и на востоке региона выпадает до 203 мм осадков, а на юге – 189 мм. К западу годовое количество осадков за год убывает и составляет 170 мм.

Таблица 3.1-3 Среднее месячное и годовое количество осадков, мм

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	**год**
Атырау	23	2	27	21	37	3	2	12	4	19	3	22	**175**

Данные ДГП «Атырауский центр гидрометеорологии РГП «Казгидромет».

В годовом ходе максимум осадков отмечается на севере, северо-западе и востоке. В условиях неустойчивого увлажнения наблюдается большая межгодовая изменчивость.

В течение года в исследуемых районах преобладают жидкие осадки. Снежный покров в среднем многолетнем устанавливается во второй-третьей декаде декабря, а разрушается в марте.

Режим ветра в отдельном регионе формируется под влиянием атмосферного давления и циркуляционных процессов (Табл. 3.1.4).

Таблица 3.1-4 Средняя месячная и максимальная скорость ветра, м/с

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	**год**
Атырау	3 16	5 20	5 22	4 20	4 20	4 18	3 14	3 16	3 16	4 23	5 20	4 19	**4** **23**

Данные ДГП «Атырауский центр гидрометеорологии РГП «Казгидромет».

В годовом ходе наибольшие средние месячные скорости ветра наблюдаются весной – в марте и апреле. Второй, менее значительный, максимум выражен осенью. И тот, и другой вызваны обострением циклонической деятельности в эти месяцы.

Как отмечалось в разделе 3.1.2, в холодное время года направление ветров определяется влиянием Азиатского антициклона и его западного отрога. Ось отрога проходит к северу от линии Каркаралинск – Актюбинск. Таким образом, зимой центр высокого давления располагается к северо-востоку от бассейна, а летом на севере и на северо-западе. Поэтому здесь имеют большую повторяемость ветры с северной и восточной составляющей: летом – северо-западные, а зимой – восточные, юго-восточные и северо-восточные.

Таблица 3.1-5 Среднемесячная и годовая повторяемость направления ветра

Месяц	**С**	**СВ**	**В**	**ЮВ**	**Ю**	**ЮЗ**	**З**	**СЗ**
I	4	10	17	20	5	9	4	4
II	1	19	23	29	0	3	5	10
Ш	3	9	18	10	4	6	6	5
IV	7	2	9	3	3	23	8	11
V	5	6	13	12	2	7	13	9
VI	4	18	8	15	8	9	6	7
VII	17	21	3	1	4	9	9	7
VIII	10	7	1	4	2	23	15	19
IX	11	12	20	14	2	10	4	2
X	3	18	4	31	5	4	7	3
XI	15	6	15	26	2	5	1	7
XII	0	11	26	19	1	3	2	2
Год	**7**	**12**	**13**	**15**	**3**	**9**	**7**	**7**

Данные ДГП «Атырауский центр гидрометеорологии РГП «Казгидромет.

Ветровой режим обуславливается барико-циркуляционными факторами, орографией и по своему характеру несколько различен. В холодное время года северо-восточные районы находятся под влиянием отрога сибирского антициклона, здесь преобладают ветры западных (20 %), южных и северных (10 %) направлений.

Территория Атырауской области подвергается выходам циклонов с Каспия, действие антициклона ослаблено и несколько большую повторяемость имеют здесь ветры восточных (18 %) и юго-восточных (21 %) направлений.

На северном побережье Каспийского моря преобладание этих ветров выражено сильнее (22 %), - это связанно с усилением переноса более холодных воздушных масс из пустыни в сторону моря. В теплое время года происходит перестройка барического поля, поэтому ветровой режим на всей территории меняется.

В прибрежной полосе летом наблюдаются местные ветры – бризы, когда в дневные часы ветер дует с водоема на сушу, а ночью направлен с суши на водоем.

3.2. Режим пыльных бурь в регионе

Пыльная буря – сильный ветер разрушающий поверхность земли, переносящий миллионы тонн пыли, песка, частиц сухой земли на расстояние до нескольких тысяч километров, вследствие чего происходит замутнение атмосферы и значительное ухудшение видимости. Длятся пыльные бури обычно несколько часов, но в отдельных случаях и несколько суток [14–15].

При этом наблюдается подъём пыли (песка) в воздух и одновременно оседание аэрозолей на большой территории. Пыльные бури часто возникает в тёплое время года в пустынных и полупустынных регионах. При превышении некоторого критического значения скорости ветра (зависящего от дисперсного состава почвы и её влажности), частицы пыли и песка отрываются от поверхности и переносится путём сальтации и суспензии, вызывая эрозию почвы.

Основной ущерб, наносимый пыльными бурями, в степной зоне состоит в уничтожении плодородного слоя почвы, что снижает её плодородие. Кроме того, абразивный эффект повреждает молодые растения. Запыленность атмосферы приводит к увеличению болезней легких, развитию аллергических заболеваний. В песчаных пустынях во время бурь песок заносит населенные пункты.

Распределение числа дней для исследуемых районов Атырауской области с пыльными бурями и поземками крайне неоднородно и отличается большой пестротой. Дело в том, что не всегда там, где наблюдаются частые сильные ветры, отмечается и большое число пыльных бурь [16].

Для исследования пыльных бурь взяты многолетние данные метеорологической станций Атырауской области с 1986 по 2013 гг.

Таблица 3.1-6 Среднее число дней с пыльной бурей

Метеостанция	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Атырау	0,1	0,3	1,2	4,2	3,0	4,3	3,0	2,1	2,9	1,1	0,3	0,5	23,1

Наибольшие дни с этими процессами наблюдаются с апреля по сентябрь месяцы.

Таблица 3.1.7 Число случаев пыльных бурь различной непрерывной продолжительностью на М Атырау

Продолжительность, ч	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
< 1,5	0	0	2	6	5	12	12	4	4	0	0	0
1,5 - 5,4	0	3	12	40	32	54	41	25	34	18	4	2
5,5 -10,4	3	1	9	46	34	30	21	26	33	12	2	8
10,5-15,4	0	1	2	6	8	7	6	2	4	1	0	0
15,5-20,0	0	2	2	3	0	1	0	0	1	0	1	0
> 20,0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0

Как видно в таблицах 3.1.6 – 3.1.11, во всех районах пыльные бури продолжительны и длятся в основном от 1,5 часа и более. Наиболее часто они длятся до 5,4 и 10,4 часа. Бури продолжительностью более 1 суток были во всех исследуемых районах области.

4. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫНОСА МАССЫ ПЕСЧАНО-СОЛЕВОГО АЭРОЗОЛЯ ИЗ ИСТОЧНИКА ВЫВЕТРИВАНИЯ

Для расчетов массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции песков в начале 80-х годов создана имитационная физико-статистическая модель, в которой в качестве исходной информации использовались стандартные наблюдения метеорологических станций за пыльными бурями, скоростью ветра и данные о среднем геометрическом размере частиц песка в исследуемом районе.

Модель позволяла получать скалярные оценки объемов переноса песка над подвижными массивами или определять потенциальные транспортирующие возможности ветровых потоков в случае, если песчаные массивы закреплены. По ней можно было рассчитывать средние многолетние годовые массы песка, переносимые в приземном слое через фронт шириной в один км и высотой 10 м, их средние квадратические отклонения, коэффициенты вариации C_v и вероятностные объемы перемещения с повторяемостью 1 раз в 5, 10 и 20 лет. Это принципиально новые количественные климатические параметры песчаных бурь, позволяющие объективно оценивать интенсивность дефляционных процессов или опасность их развития в изучаемых географических районах.

По этой модели впервые количественно и детально оценена интенсивность дефляции в регионе Аральского моря [17, 18].

При решении задач по перемещению песков пустынь ветром и изучении влияния песчаных бурь на окружающие территории ветропесчаные потоки следует рассматривать в качестве векторных величин, так как наряду со скалярной характеристикой (массой) потоки песка имеют и кинематический параметр – направление в пространстве. Примерами такого векторного подхода к исследованиям бурь могут служить задачи по определению скорости и направления перемещения эоловых форм рельефа (барханов, песчаных гряд), по выносу частиц песка на прилегающие территории, взаимодействию песчаного потока с сооружениями. Поэтому дальнейшим развитием исследований по климатологии эолового переноса масс песка явилось рассмотрение их в качестве векторных величин. В 1985 г. модель дополнена блоком векторных расчетов. На основе этой усовершенствованной модели получена карта роз векторов переноса масс песка в регионе Аральского моря и оценен вынос песчаного и солевого аэрозоля за пределы осушенной части дна Аральского моря [18, 19].

Улучшить модель помогло уточнение ранее установленных экспериментальных закономерностей в механизме переноса песка во время бурь в пределах приземного слоя атмосферы. Регулярно проводимые с 1980 г. экспедиционные исследования бурь на осушенной части дна Аральского моря позволили накопить достаточно большой материал, который углубил представления о механизме переноса песка и, в первую очередь, о его расходе [18, 20].

Измеренные в экспедициях профили твердого расхода песка удалось описать следующим аналитическим выражением:

$$q(z) = q_1 (z/z_1)^{-0,57(w_g/u_*)}, \qquad (4.1)$$

где $q(z)$ – твердый расход песка на высоте z, кг/(м²·с); q_1 – то же на высоте z_1; w_g – скорость свободного падения частиц песка среднего геометрического размера (гидродинамическая крупность частиц); u_* – динамическая скорость.

В первых вариантах модели общий расход песка вычислялся путем интегрирования профиля твердого расхода до z = 10 м. В современном варианте верхнюю границу интегрирования определяет значение показателя степени в (1). Если

он меньше 1,5 и приближается к 1, то интегрирование ведется до верхней границы приземного слоя атмосферы *h*, т.е. общий расход Q_z находится для всей толщи приземного слоя атмосферы:

$$Q_z = \int_0^h q(z)dz \quad , \qquad (4.2)$$

где h – высота приземного слоя атмосферы.

Полученные в экспедициях 1980…1998 гг. массивы более точных общих расходов песка позволили иначе подойти и к его зависимости от динамического аналога числа Фруда

$$Q_z = f\left(u_*^2 / gx_0\right),$$

где g – ускорение свободного падения; x_0 – средний геометрический размер частиц песка на деятельной поверхности [21].

Если раньше эта зависимость рассматривалась в качестве детерминированной, то анализ новых значений общего расхода песка позволил представить ее как стохастическую и рекомендовать для климатических расчетов формулу (4.3) для общего расхода 50 %-ной обеспеченности

$$\overline{Q}_z = Q_{z50\%} = 2 \cdot 10^{-7}\left[u_*^2 / (g \cdot x_0)\right]^2 . \qquad (4.3)$$

Все перечисленные методические уточнения модели позволяют более корректно оценивать ветровой перенос песка во время пыльных бурь и поземков.

Для расчета массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время пыльных бурь, необходима информация о среднем геометрическом размере песка в районе метеостанции, о скорости и направлении ветра на высоте 10 м (уровень установки приборов для измерения ветра на метеостанциях), данные о продолжительности бурь.

Размер частиц подвижного полидисперсного песка пустынь можно описать логарифмически нормальной функцией с плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{0{,}43429}{\sigma_{\lg x} x\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2}\right]. \qquad (4.4)$$

Для этого достаточно знать всего два параметра распределения – средний геометрический размер песка x_0 и среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц $\sigma_{\lg x}$. Основным параметром такого песка, определяющим физические процессы его взаимодействия с воздушным потоком, является средний геометрический размер частиц x_0. Поэтому в дальнейших расчетах по модели используется только x_0, т.е. считается, что песок монодисперсный и имеет размер x_0.

Можно было бы считать перенос песка по узким интервалам функции его распределения по размерам, а затем суммировать результаты, но это значительно усложняет программу вычисления. Небольшие значения дисперсии распределения подвижных песков по размерам $(\sigma_{\lg x} \approx 0{,}1)$ не должны значительно влиять на точность расчетов, особенно при значительных скоростях ветра. Имея эту исходную информацию можно

рассчитать массу песка, переносимого в приземном слое атмосферы, в приведенной далее последовательности.

Для каждого срока наблюдений рассчитывается динамическая скорость потока по характерной для песчаных бурь нелинейной зависимости ее от скорости ветра на высоте 10 метров:

$$u_* = 1{,}25 \cdot 10^{-2} \cdot u_{10}^{1,5}. \qquad (4.5)$$

Далее, по известным значениям u_* и x_0, определяется $Fr_* = u_*^2 / (g \cdot x_0)$. Если $Fr_* > 25{,}5$, то расчет продолжается, в противном случае – заканчивается, так как это значение является критическим для начала процесса выветривания. Затем по полученному значению Fr_* с помощью формулы (4.3) рассчитывается расход песка в приземном слое атмосферы.

Формулу (4.3) целесообразно использовать при климатических расчетах. При определении общего расхода песка за конкретное явление (если известна влажность поверхностного слоя песка) можно рекомендовать другие две расчетные формулы с иной обеспеченностью. Для сухого песка предлагается зависимость (4.6)

$$Q_{z5\%} = 7{,}78 \cdot 10^{-7} \left[u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^2, \qquad (4.6)$$

а для увлажненной поверхности (4.7)

$$Q_{z95\%} = 7{,}94 \cdot 10^{-9} \left[u_*^2 / (g \cdot x_0) \right]^{2,42}, \qquad (4.7)$$

где 5 % и 95 % – обеспеченность (накопленная вероятность).

Определив общий расход песка для конкретных сроков наблюдений, нужно далее рассчитать массу песка, переносимую ветром за всю бурю через фронт переноса шириной 1 м. Ввиду дискретности измерений скорости ветра на станциях, перемещаемую массу песка за бурю длительностью τ приходится определять не интегрированием по времени непрерывной функции общего расхода песка

$$M = \int_0^{\tau} Q_z(t) dt,$$

а рассчитывать за дискретные интервалы времени.

Длительность продолжительной бури τ можно представить в виде суммы временных интервалов

$$\tau = \Delta\tau_0 + n \cdot \Delta t + \Delta\tau_k,$$

где n – число целых стандартных наблюдений метеостанции во время песчаной бури, Δt – интервал времени между стандартными метеорологическими наблюдениями, равный 3 часам (10800 секунд), $\Delta\tau_0$ – промежуток времени от момента начала бури до первого очередного срока наблюдений, $\Delta\tau_k$ – промежуток времени между последним стандартным сроком, в который ещё наблюдалась буря, и её окончанием. Тогда перенесенную за бурю массу песка можно рассчитать по формуле

$$M = \Delta\tau_0 \cdot Q_{z1} + \sum_{i=1}^{n} Q_{zi} \cdot \Delta t + \Delta\tau_k \cdot Q_{zn}\,, \qquad (4.8)$$

где Q_{zi} – общий расход песка в приземном слое атмосферы в *i*-ый срок измерений, Q_{z1} – общий расход в начальный отрезок времени, Q_{zn} – в конечный отрезок времени. Q_{z1} и Q_{zn} вычисляются по скорости ветра в первый и последний стандартные сроки измерений во время бури.

Необходимо разъяснить содержание расчетов по формуле (4.8). Если буря длится два и более интервала времени между сроками наблюдений, то каждое значение Q_{zi} умножается на число секунд между сроками наблюдений.

Когда длительность бурь не кратна 3 ч, начальный или остаточный отрезок времени присоединяется соответственно к первому или последнему промежутку между сроками наблюдений. Общий расход в этот срок наблюдений умножается на более длительный интервал времени. Полученные массы песка за отдельные интервалы времени суммируются, и определяется общая масса песка, перемещенная ветром за бурю.

Если явление было кратковременным, то масса песка получается умножением продолжительности бури на общий расход, определяемый по скорости ветра в ближайший к буре срок её измерения. Более точные результаты вычислений могут быть получены, если есть измерения скорости ветра во время бури.

Так рассчитываются массы песка для всех пыльных бурь и поземков используемого архива наблюдений станции и формируются два массива информации. Помещаемые в первом массиве массы песка, переносимого ветром, рассматриваются как скалярные, т.е. без учета направления перемещения, во втором – как векторные характеристики ветропесчаного потока, т.е. совместно с направлением перемещения в пространстве.

Для получения векторных характеристик переноса песка дополнительно привлекается информация о направлении вектора скорости ветра. Исходя из физического смысла векторной величины, направлением вектора перемещения песка является то, куда он переносится воздушным потоком. Оно на 180° отличается от принятого в метеорологии направления ветра. При векторных расчетах ветрового перемещения песка началом отсчета также служит направление на север. Угол поворота вектора измеряется по часовой стрелке, т.е. восточному румбу соответствует угол поворота 90°, южному – 180º, западному – 270º.

В зависимости от промежутка времени, за который исследуется перенос, можно получать векторы перемещаемой массы твердой фазы потока, как для отдельных явлений, так и в климатическом аспекте за многолетний период наблюдений. Простейшим случаем является определение вектора перемещения массы песка $\boldsymbol{M}_i$ за отдельное явление переноса (бурю, песчаный поземок). При этом рассчитывается модуль вектора $\boldsymbol{M}_i$ по методике, описанной ранее. Затем по направлению ветра β находится румб вектора переноса песка φ в полярной системе координат путем изменения румба скорости ветра на противоположный ему:

$$\varphi = 180^\circ + \beta\,. \qquad (4.9)$$

Может быть получено значение $\varphi >$ 360º, тогда от него вычитают 360º. Если во время бури изменялось направление ветра, то для $\boldsymbol{M}_i$ складываются векторы, полученные для тех промежутков времени, в течение которых режим ветра можно считать стационарным. Сведения о модуле вектора $\boldsymbol{M}_i$ и его направлении φ полностью определяют вектор перемещения песка отдельной бури (поземка).

Одной из основных векторных величин дефляции песков является годовой результирующий вектор $\boldsymbol{M_г}$, показывающий конечное направление переноса песка в результате многочисленных случайных перемещений в пространстве. Его можно получить двумя способами.

Первый заключается в последовательном суммировании всех векторов $\boldsymbol{M_i}$ отдельных явлений переноса песка в течение года.

Второй состоит в определении для каждого из 16 румбов суммарных за год масс песка. Это позволяет построить годовую розу объемов переноса песка и найти результирующий годовой вектор путем векторного сложения масс всех румбов.

Поступая аналогично для всех лет наблюдений, можно получить в итоге многолетнюю среднюю розу переноса массы песка в районе исследуемой станции, а по ней – и многолетний средний результирующий вектор. Второй способ определения результирующего вектора позволяет получить важную дополнительную информацию – розу векторов.

Многолетняя средняя роза векторов исключительно важна при оценке выноса песка за границы контуров изучаемого песчаного массива и для разработки проектов противодефляционных мероприятий. В свою очередь, многолетний средний результирующий вектор $\boldsymbol{M_n}$ может служить для прогноза направления перемещения массивов подвижных песков или отдельных форм песчаного рельефа.

Вынос масс твердой фазы потока за пределы конкретных массивов рассчитывают, используя розу векторов переноса и конфигурацию источника. По крупномасштабной карте для каждого румба по перпендикулярному к нему направлению определяется ширина массива песков $L_{\varphi i}$ – фронт переноса песка. Умножая модули конкретных румбов на соответствующие им фронты переноса $L_{\varphi i}$, находят массу выносимого ветром песка по всем румбам переноса и рассчитывают всю массу песка, выносимого за пределы контура подвижных песков:

$$M = \sum_{i=1}^{16} M_{\varphi i} L_{\varphi i}, \quad (4.10)$$

где $M_{\varphi i}$ – модуль φ_i румба средней многолетней розы векторов переноса массы песка.

Изложенная модель позволяет получить массы песка и солей, переносимых ветром в приземном слое атмосферы и выносимых за пределы источника. Алгоритм расчетов по предложенной модели представлен на рис. 4.1.

С появлением современных персональных компьютеров стало возможно полностью автоматизировать расчеты скалярных и векторных характеристик переноса масс песка. С.К. Волковой была разработана программа «PESOK», которая позволяет осуществлять расчеты характеристик переноса, а так же архивацию, корректировку и пополнение архива данных.

Полученная модель позволила рассчитать переносимые ветром массы песка в различных регионах Казахстана и объективно оценить возможную интенсивность дефляции песков. Такие исследования были выполнены для песчано-солевых бурь на осушенном дне Арала и Приаральского региона [18, 19], для песков Прибалхашья [22], сделаны расчеты ветрового переноса массы песка в песках Туйесу на полуострове Мангышлак, где подвижные пески наступают на поселок Сенек [23].

Эта модель далее использована для расчетов переносимой ветром массы песка во время песчаных бурь и поземков в Северном Прикаспии. Для этого был изучен дисперсный состав массивов подвижных песков, определены параметры распределений их по размерам, созданы базы метеорологической информации в формате требований модели для станций региона.

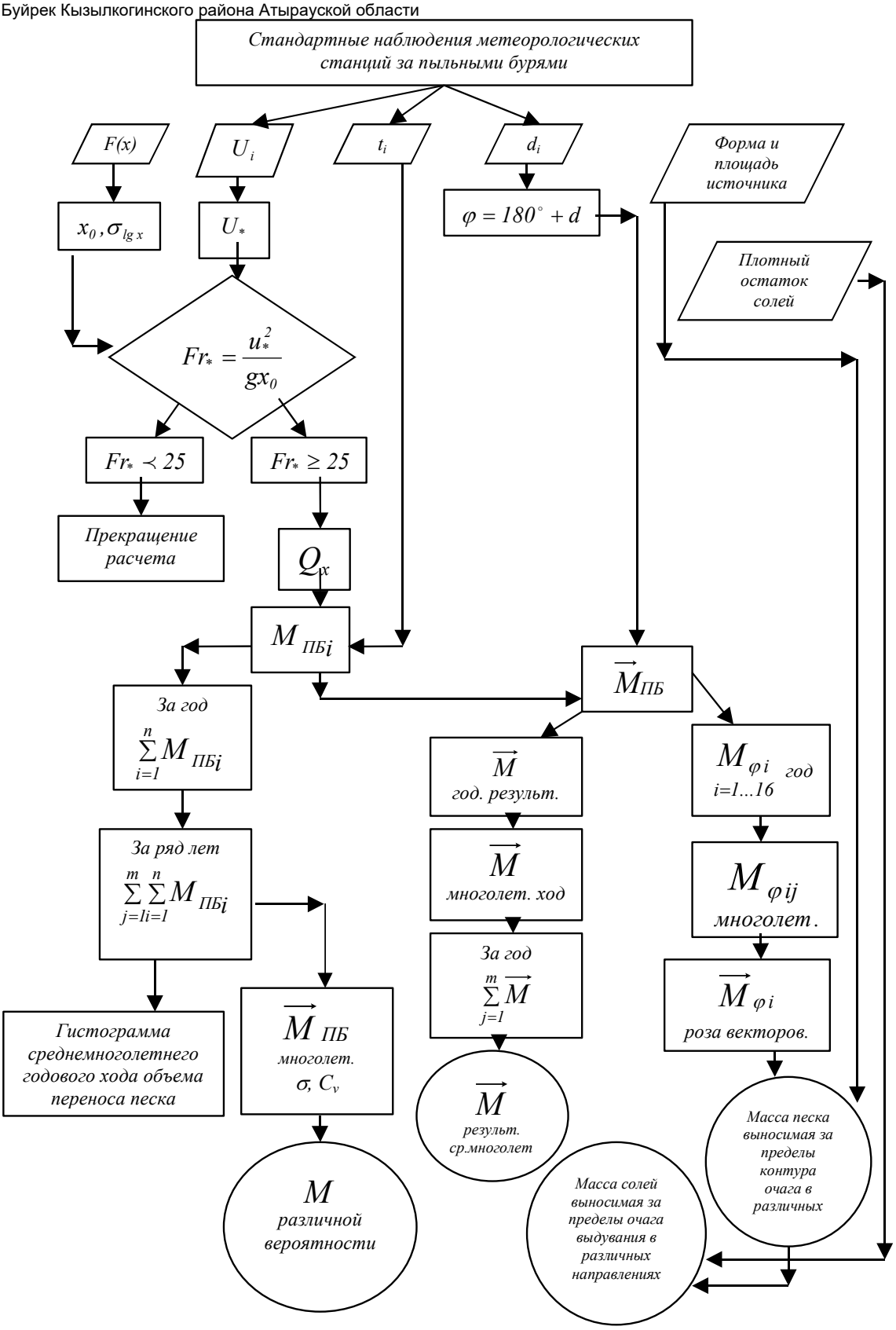

Рисунок 4.1. Блок-схема алгоритма расчета

5. ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЕСКОВ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

5.1. Методика описания дисперсного состава

Для расчета массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время пыльных бурь, необходима информация о среднем геометрическом размере частиц подвижного песчаного массива в районе метеостанции, стандартные наблюдения метеорологических станций о песчаных (пыльных) бурях, измерения скорости и направления ветра на высоте 10 м (уровень установки приборов для измерения ветра на метеостанциях), данные о продолжительности бурь. В этом разделе рассмотрим определение дисперсного состава песков и его параметров – среднего геометрического размера песка x_0 и среднего квадратического отклонения логарифмов размеров частиц $\sigma_{\lg x}$.

Песок – наиболее простая дисперсная система частиц. Почвы являются значительно более сложными дисперсными системами, распределение частиц по размером которых до настоящего времени не удалось описать аналитически. Размер почвенных частиц охватывает очень большой интервал – от десятых долей мкм до нескольких мм. Поэтому при исследованиях дисперсного состава песка или почвы получают таблицы размеров частиц, строят гистограммы распределений или проводят построение интегральных (накопленных) кривых распределений.

Существуют методы построения дифференциальных функций по их интегральным кривым распределения частиц по размерам. Гистограммы и дифференциальные кривые распределений частиц по размерам позволяют проводить качественное визуальное сравнение различных образцов песков и почвы между собой. Графическое изображение легче для восприятия и выделения особенностей дисперсного состава почв и грунтов, чем представление размеров частиц в виде таблиц, как это широко принято делать. Однако пользоваться полученными функциями распределения частиц по размерам в таком виде трудно, а часто и просто невозможно [21].

Поэтому необходимо находить аналитическое выражение, для экспериментально найденной функции распределения почв и грунтов, аппроксимирующее опытные данные с приемлемой для исследований или практического использования точностью. Дальнейший прогресс в изучении дефляционных процессов и других вопросов, связанных с описанием дисперсности почвенных и грунтовых систем, невозможен без такого аналитического описания функций распределения частиц по размерам. Стандартные статистические параметры этих функций в виде простых чисел позволяют проводить строгий количественный и сравнительный анализ гранулометрического состава почв и грунтов.

К настоящему времени достаточно хорошо изученным является дисперсный состав песков Казахстана. Проведенные нами исследования большинства песчаных массивов Казахстана показали, что в подавляющем числе случаев распределение частиц по размерам у подвижных и полузакрепленных песков хорошо аппроксимируется логарифмически нормальным распределением с плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{0{,}434}{\sigma_{\lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{\lg x}^2} \right],$$

где x – размер песчинок; x_0 – их средний геометрический размер; $\sigma_{\lg x}$ – среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц (стандартное геометрическое отклонение). Это распределение полностью описывается двумя параметрами – x_0 и $\sigma_{\lg x}$, методика определения которых детально изложена в работах [3 – 8].

Взятый образец песка после высушивания подвергается просеиванию на комплекте сит. Определяется масса частиц Δm_i, выделенных в каждом интервале размеров Δx_i Вычисляется относительное содержание частиц данного размера в пробе – $\Delta m_i / m_0 \cdot 100\%$, где Δm_i – масса частиц в интервале размеров от x_i до $x_i + \Delta x$, а m_0 – масса исследуемого образца. Затем рассчитывается накопленная (интегральная) эмпирическая функция распределения частиц в пробе $F(x)$ от наименьшего к наибольшему размеру.

Применимость логарифмически нормального распределения к эмпирической выборке просто и наглядно устанавливается на клетчатке вероятностей для кривых со значительной асимметрией, по осям координат которой отложены значения $\lg x$ и $\Phi^{-1}[F(x)]$. Здесь $F(x)$ – функция распределения выборки, а Φ^{-1} – функция, обратная нормированной функции Лапласа нормального распределения. На клетчатке против каждого значения $\Phi^{-1}[F(x)]$ наносятся соответствующие значения $F(x)$. Если на такой график нанести экспериментальные точки, взяв в качестве $F(x)$ накопленную относительную долю частиц, размер которых меньше x, то в случае применимости логарифмически нормального закона все точки должны располагаться около прямой линии.

Величины x_0 и $\sigma_{\lg x}$, могут быть легко определены графоаналитическим методом Алексеева [24, 25]. Для этого находят значения $x_{5\%}$, $x_{50\%}$ и $x_{95\%}$ по сглаженному графику распределения, соответствующие накопленным долям частиц в пробе в 5 %, 50 % и 95 %. Так как величина x_0 в логарифмическом масштабе равна ординате точки прямой, соответствующей 50 % уровню вероятности, то значение $x_{50\%}$ дает величину x_0. Среднее квадратическое отклонение распределения $\sigma_{\lg x}$ вычисляется по формуле

$$\sigma_{\lg x} = 0{,}304 \cdot \lg \frac{x_{95\%}}{x_{5\%}}.$$

Значительно реже встречаются подвижные пески с ещё более простой и хорошо известной нормальной (Гаусовой) функцией распределения частиц песка по размерам.

Большой удачей оказалось возможность описания дисперсного состава песков Казахстана хорошо изученными функциями распределений частиц по размерам – нормальной и логарифмически нормальной. Аппроксимация позволила, опираясь на хорошо разработанные методики, с высокой точностью определять основные параметры распределений и избежать погрешностей, связанных с неточностью и неопределенностью описания дисперсности песков другими принятыми способами.

5.2. Дисперсный состав песков в исследованных районах

В начале ноября 2013 г. были выполнены исследования подвижных песков на территории села Миялы Кызылкогинского района Атырауской области.

Результаты полевых обследований сведены в (**Приложении 1**).

Для изучения дисперсного состава песков на массивах подвижных песков и в характерных точках маршрутов были отобраны образцы песков, которые затем были подвергнуты лабораторному анализу, найдены их накопленные (интегральные) эмпирические функции и вычислены параметры функций распределения частиц по размерам. Результаты этой работы представлены в таблице 5.1. В таблице даны также краткая характеристика мест отбора проб с указанием населенного пункта, состояния поверхности и наличия процессов выветривания песка, степени подверженности заносу территории поселков.

Таблица 5-1 Параметры распределения частиц песка по размерам, отобранных с поверхности подвижных песков Атырауской области

№№ пробы	Место отбора проб и характеристика песков	Координаты места отбора		Параметр распределения	
		долгота	широта	x_0, мкм	$\sigma_{\lg x}$
Кызылкогинский район					
1	пос. Миялы.		46° 47′ 43,0"	50° 04′ 47,4"	
2	Северная окраина пос. Миялы.		46° 48′ 11,4"	50° 03′ 46,0"	
3	Север-северо-восток пос. Миялы.		46° 48′ 22,4"	50° 04′ 45,1"	
4	Запад-северо-запад пос. Миялы.		46° 48′ 00,5"	50° 03′ 34,2"	
5	Восток пос. Миялы.		46° 47′ 45,5"	50° 03′ 46,0"	

Территориальное расположение массивов подвижных песков и их контуры на основе использования данных космической съемки представлено в Графических приложениях (Приложение 3). Данные по площадям подвижных массивов вокруг обследованных населенных пунктов и сводные результаты также оценены по данным космопланов (Табл. 5.2-5.3).

Таблица 5-2 Территориальное расположение подвижных песков и их площади по данным космической съемки (площади массивов подвижных песков по территории исследований)

Номер контура	Населенный пункт	Площадь км^2	Номер контура	Населенный пункт	Площадь км^2
Кызылкогинского район					
1	Миялы	0,56			
2	Миялы	1,07			
3	Миялы	1,69			
4	Миялы	1,73			
5	Миялы	6,89			
6	Миялы	14,26			
7	Миялы	0,07			
8	Миялы	0,08			

Таблица 5-3 Общая площадь исследованных массивов подвижных песков по Атырауской области

№	Местоположение	Площадь, км^2
1	Миялы	26,34
Всего		**26,34**

6. ПЕРЕНОСИМЫЕ ВЕТРОМ МАССЫ ПЕСКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

6.1. Скалярные оценки ветрового переноса масс песка

Для климатической оценки развития дефляции песков Северного Прикаспия привлечены результаты шести метеорологических станций региона наблюдений за бурями и ветром с 1986 по 2013 год: Атырау. В процессе изучения переноса масс песка на конкретном массиве подвижного песка привлекались метеорологические наблюдения ближайшей к нему метеорологической станции и средний геометрический размер частиц песка на нем x_0 . Для расчетов переноса масс песка для каждой станции были созданы базы данных в формате требований модели.

Для каждой станции за ряды наблюдений 1986…2013 гг. по описанной выше модели были получены скалярные и векторные оценки масс переносимого ветром песка за каждый месяц и год. Рассчитывалась масса *M (*кг) переносимого ветром песка через фронт переноса в один метр в единицу времени за каждую пыльную (песчаную) бурю, отмеченные наблюдателями метеостанций. Далее проводилось суммирование масс песка за все бури каждого месяца года в $кг{\cdot}м^{-1}\cdot мес^{-1}$, что позволяет увидеть внутригодовой ход переноса песка. Затем определялась масса перемещенного ветром песка за год в $кг{\cdot}м^{-1}\cdot год^{-1}$ или, что более удобно, в $т{\cdot}км^{-1}{\cdot}год^{-1}$. Эти две единицы измерения в количественном отношении эквивалентны друг другу

$$кг{\cdot}м^{-1}\cdot год^{-1} \equiv т{\cdot}км^{-1}{\cdot}год^{-1}.$$

Процедуры расчета выполнены для всего 23-х летнего ряда наблюдений всех станций и различных значений средних геометрических размеров частиц песка x_0 на массивах подвижных песков. По полученным многолетним рядам масс песка определены средние многолетние величины и их основные статистические параметры, представленные в таблице 6.1.

Данные таблицы 6.1 показывают, что наибольший ветровой перенос масс песка должен происходить в районе М Атырау (2167т·км$^{-1}$·год$^{-1}$).

Таблица 6-1 Основные статистические параметры рядов переноса песка по станциям Северного Прикаспия: $\overline{M}$ (т·км$^{-1}$·год$^{-1}$) – средняя многолетняя масса песка, переносимая за год, σ (т·км$^{-1}$·год$^{-1}$) – среднее квадратическое отклонение, C_v – коэффициент вариации

Статистические параметры	Метеорологическая станция					
	Атырау					
	x_0 =130 мкм					
$\overline{M}$ (т·км$^{-1}$·год$^{-1}$)	2166,9					
σ (т·км$^{-1}$·год$^{-1}$)	3625,1					
C_v	1,67					

Полученные скалярные характеристики ветрового переноса масс песка позволили рассмотреть развитие процессов дефляции песков в течение года. В таблице 6.2 приведены значения средних многолетних переносимых ветром масс песка для массивов подвижного песка, расположенных в районах исследуемых метеостанций, за каждый месяц года (месячные расходы песка) по всем шести метеостанциям для различного среднего геометрического размера частиц массивов подвижных песков, расположенных в зоне, которая может быть охарактеризована наблюдениями этих станций.

Таблица 6-2 Средний многолетний внутригодовой ход переносимых ветром масс песка (т км$^{-1}$ мес$^{-1}$) в Северном Прикаспии (1986…2013гг.)

Станция	Месяцы												
	x_0 мкм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Атырау	120	0	0	158	780	410	359	254	104	332	114	32	0
Атырау	130	0	0	88	475	244	232	114	56	182	64	23	0

Третий тип годового хода ветрового переноса массы песка отмечен на трех метеостанциях: Атырау, Сагыз и Карабау. Для него, так же как для первого типа, характерно наличие двух максимумов – весеннее-летнего и осеннего. Он отличается от первого значительным снижением переноса песка в мае месяце до 0,3…0,5 от максимального в апреле месяце. Примерно такое же значение расхода массы песка как в мае сохраняется и в июне месяце (рис. 6.3 – 6.5).

Второй осенний максимум в годовом ходе развития процессов дефляции песков на этих метеостанциях приходится на сентябрь и октябрь месяцы. На М Атырау и М Сагиз с большими значениями весенних максимумов (около 800 т·км$^{-1}$·мес$^{-1}$) осенний максимум составил 0,42 весеннего значения на М Атырау и 0,3 – на М Сагиз. На М Карабау, где весенний максимум был значительно меньше (всего 312 т·км$^{-1}$·мес$^{-1}$) осенний достиг 0,72 его значения.

Исследования, как и ожидалось, обнаружили большую изменчивость расходов массы песка в изучаемой географической области как по площади, так и во времени. В таблице 6.3 представлены результаты вычислений переносимых ветром масс песка (т·км$^{-1}$год$^{-1}$) за все явления переноса в течение года за весь ряд (1986-2008гг) наблюдений метеостанций. Это позволило проследить за многолетними изменениями интенсивности дефляционных процессов в Северном Прикаспии. На рис. 6.6 – 6.10 показан многолетний ход годовых расходов массы песка (годовые суммы перемещенных за год масс песка).

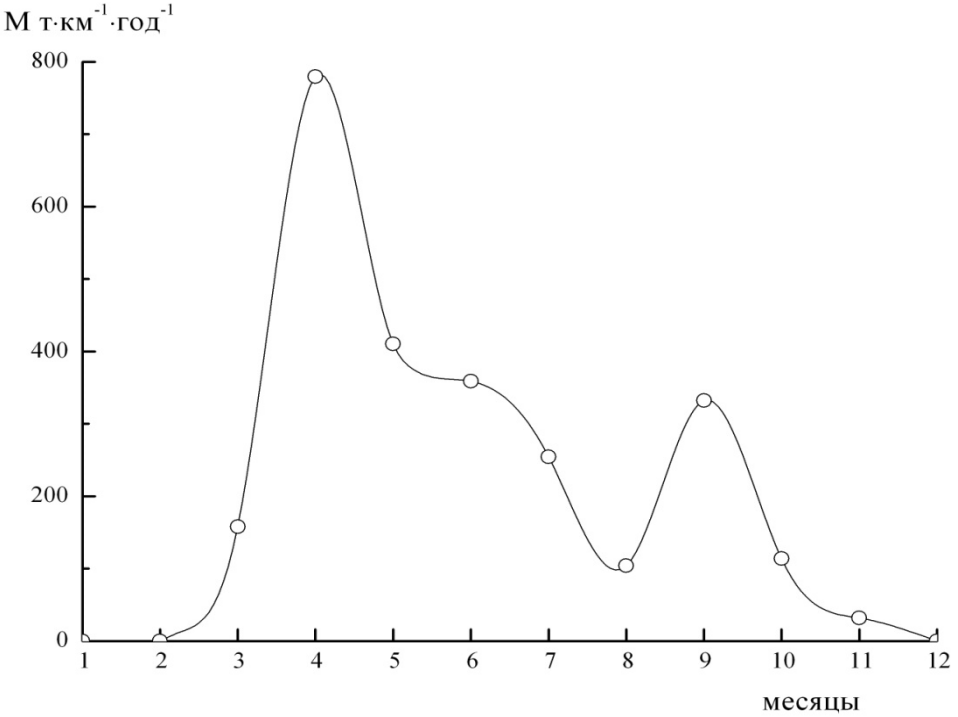

Рисунок 6.3. Годовой ход месячных расходов массы песка по данным метеостанции Атырау для массивов песков со средним геометрическим размером частиц x_0 =100 мкм

Таблица 6-3 **Годовые суммы переносимых ветром масс песка (т·км$^{-1}$год$^{-1}$), рассчитанные по данным метеостанций, в Северном Прикаспии. (1986-2008гг)**

Год	Атырау	
	120 мкм	**130 мкм**
1986	9552	8138
1987	17149	14611
1988	6300	5368
1989	6329	5392
1990	7593	6469
1991	2153	1834
1992	716	610
1993	3380	2880
1994	837	713
1995	0	0
1996	0	0
1997	0	0
1998	0	0
1999	215	183
2000	666	567
2001	2416	2058
2002	753	642
2003	281	239
2004	0	0
2005	72	61
2006	80	68
2007	4	3
2008	0	0
2009	1	1
2010	3	2
2011	0	0
2012	51	48
2013	7	6
Среднее многолетнее	2543	2167

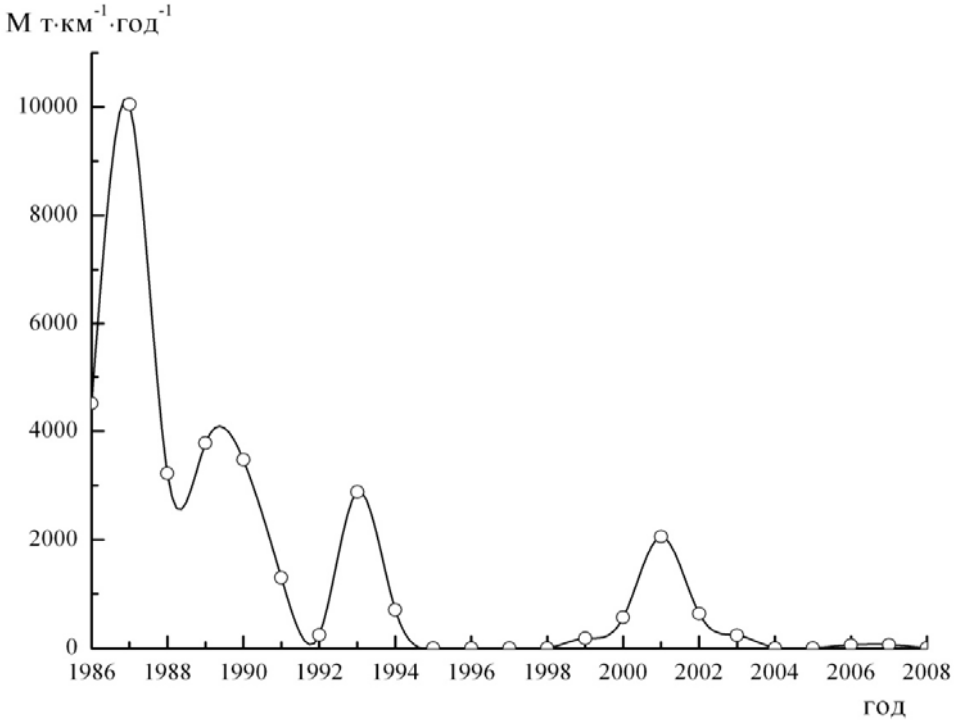

Рисунок 6.40. Многолетний ход переносимой за год массы песка при бурях. М Атырау.

Значительно отличается многолетний ход ветрового переноса песка на М. Атырау от названных выше метеостанций. Здесь максимальное значение годового расхода масс песка пришлось на 1987 г., а с 1994г. по 1999 г. перенос песка прекратился. Новая, значительно более слабая дефляционная активность, вновь была отмечена в 2000… 2002 гг., затем вновь до 2008 г. практическое отсутствие дефляции песков в районе этой метеостанции.

Важно отметить, что большая изменчивость и асимметрия распределений ведет к значительному возрастанию годовых переносов масс песка малой обеспеченности, как это видно на их значениях по станциям Атырау. По результатам расчетов хорошо видно влияние размеров частиц песка на значение годовых расходов песка (табл. 6.3 и 6.4).

Таблица 6-4 Вероятностная оценка переноса массы песка за год при песчаных бурях в Северном Прикаспии, т·км$^{-1}$·год$^{-1}$

Метеостанция, размер частиц	Обеспеченность, %				
	1	5	10	50	75
Атырау x_0 =120 мкм	24000	12000	8300	400	40
x_0 =130 мкм	20500	10200	7800	340	35

Новые количественные характеристики процессов дефляции позволяют объективно оценивать интенсивность их проявления. Совместное рассмотрение параметров распределения масс переносимого ветром песка, числа суток с пыльными (песчаными) бурями и их продолжительностью позволяют полнее раскрыть влияние этого опасного явления природы на экологическую ситуацию региона.

6.2. Векторные характеристики переноса масс песка

Для различных прикладных и теоретических задач по изучению влияния переноса песка на производственную деятельность и экологические проблемы часто необходимо рассматривать ветропесчаные потоки как векторную величину. Другим важным аспектом векторного подхода к исследованию переноса масс песка является получение оценок выноса песчаного аэрозоля из крупных очагов дефляции в различных направлениях. Это дает возможность прогнозировать развитие экологической ситуации на прилегающих к массивам подвижных песков и пустынь территориях.

Для получения векторных характеристик переноса песка дополнительно привлекается информация о направлении вектора скорости ветра. Исходя из физического смысла векторной величины, направлением вектора перемещения песка является то, куда он переносится воздушным потоком. Оно на 180° отличается от принятого в метеорологии направления ветра. При векторных расчетах ветрового перемещения песка началом отсчета также служит направление на север. Угол поворота вектора измеряется по часовой стрелке, т.е. восточному румбу соответствует угол поворота 90°, южному – 180º, западному – 270º.

В зависимости от промежутка времени, за который исследуется перенос, можно получать векторы перемещаемой массы твердой фазы потока, как для отдельных явлений, так и в климатическом аспекте за многолетний период наблюдений. Простейшим случаем является определение вектора перемещения массы песка $\boldsymbol{M}_i$ за отдельное явление переноса (бурю, песчаный поземок). При этом рассчитывается модуль вектора $\boldsymbol{M}_i$ по методике, описанной ранее. Затем по направлению ветра β находится румб вектора переноса песка φ в полярной системе координат путем изменения румба скорости ветра на противоположный ему:

$$\varphi = 180^{\circ} + \beta . \qquad (6.9)$$

Может быть получено значение $\varphi >$ 360º, тогда от него вычитают 360º. Если во время бури изменялось направление ветра, то для $\boldsymbol{M}_i$ складываются векторы, полученные для тех промежутков времени, в течение которых режим ветра можно считать стационарным. Сведения о модуле вектора $\boldsymbol{M}_i$ и его направлении φ полностью определяют вектор перемещения песка отдельной бури (поземка).

При проектировании работ по борьбе с песчаными заносами важно знать климатические векторные характеристики переноса масс песка за продолжительные промежутки времени длительностью в несколько десятков лет. Для этого, все явления ветрового переноса песка каждого года изучаемого ряда лет группируются по направлениям его перемещения, и путем векторного сложения получают результирующий годовой вектор переносимой массы песка. Затем суммированием годовых векторов получают результирующий многолетний вектор перемещения песков в районе метеостанции. Результаты этих вычислений для всех пяти метеостанций представлены в таблицах П.2-1 – П.2-9 (**Приложение 2**).

В районе М Атырау ветровой перенос имеет совершенно иной характер. Станция располагается на побережье Каспийского моря на хорошо увлажненной территории в дельте р. Волги. Дефляционные процессы вблизи метеостанции отсутствуют, о чем свидетельствует отсутствие песчаных поземок в метеорологических наблюдениях станции за атмосферными явлениями. Наблюдения за пыльными бурями фиксируют здесь лишь адвекцию запыленных масс воздуха от пыльных бурь, происходящих на значительном удалении от метеорологической станции. Поэтому роза векторов переноса масс песка этой станции сильно отличается от остальных, так как сильные ветры южных направлений приходят к М Атырау со стороны моря и не несут частиц пыли в воздушном потоке.

На песчаных поверхностях, расположенных севернее и северо-западнее поселка, эти сильные ветра со стороны Каспия вызывают перенос песка на массивах подвижных и полузакрепленных песков. Анализ космической информации о направлении

передвижений барханных цепей и гряд на них свидетельствует об их перемещении в ССВ направлении, т.е. они подчиняются общим закономерностям строения рельефа изучаемого нами региона и атмосферными процессами, которые хорошо определены данными других, рассмотренных нами метеорологических станций. Для описания движения песков вблизи М Атырау представительнее использовать данные М Атырау.

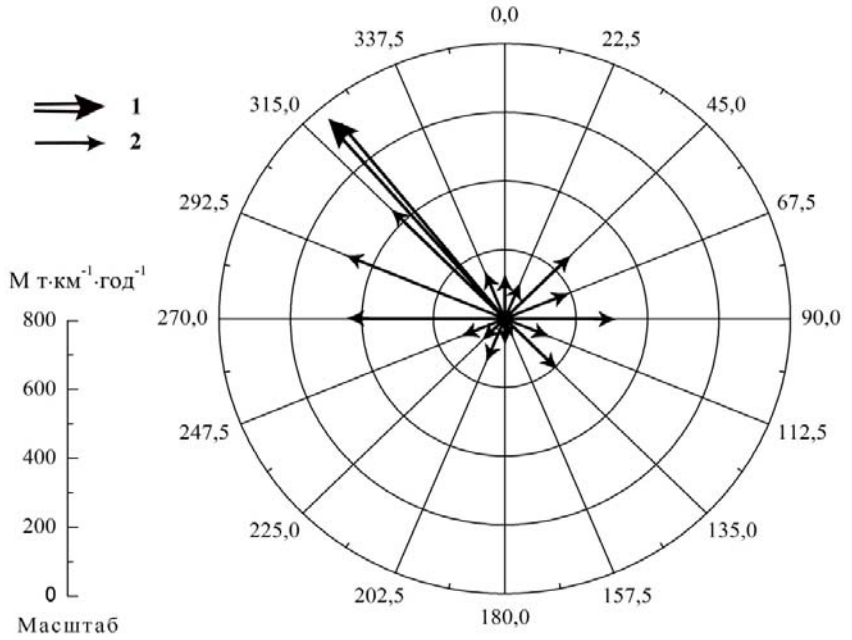

Рисунок 6.11. Средняя многолетняя роза векторов переносимых масс песка и многолетний результирующий вектор перемещения песков, М Атырау. 1– вектор *i*-го румба, 2 – результирующий вектор.

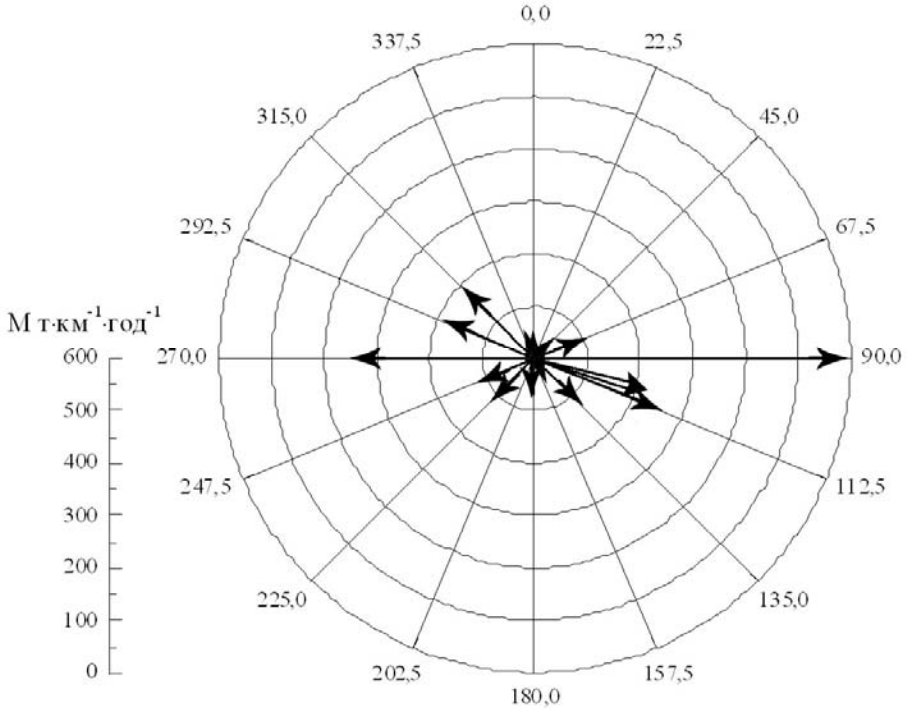

Рисунок 6.12. Средняя многолетняя роза векторов переносимых масс песка и многолетний результирующий вектор перемещения песков, М Атырау, *x_0 =130 мкм*.

Условные обозначения см. рис. 6.11.

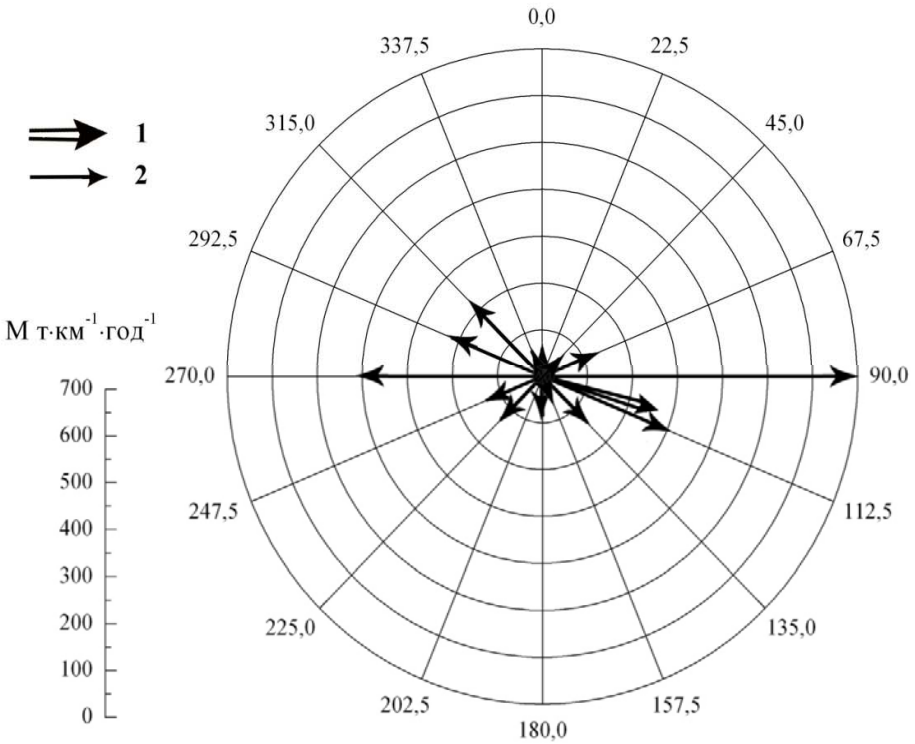

Рисунок 6.13. Средняя многолетняя роза векторов переносимых масс песка и многолетний результирующий вектор перемещения песков, М Атырау, *x_0 =120 мкм*.

7. КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА ПО ЗАЩИТЕ ОТ ПЕСЧАНЫХ ЗАНОСОВ НА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ САГИЗ, КАРАБАУ, КАРАКОЛ, ЖАСКАЙРАТ И БУЙРЕК , КЫЗЫЛКОГИНСКОГО РАЙОНА АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ

Изучение и оценка динамики эоловых процессов является актуальной проблемой аридных регионов Казахстана. В настоящее время усиливается антропогенное воздействие на природную среду Прикаспийского региона, что во многом связано с наращиванием добычи углеводородного сырья и развитием сопутствующей инфраструктуры. Территории песчаных массивов Атырауской области относятся к районам неустойчивого экологического равновесия, что обусловливает нестабильность данных экосистем как к изменению природных, так и усиливающихся антропогенных факторов.

Фактором возникновения опасности развития подвижных песков могут быть как природные условия, так и хозяйственная деятельность. Неправильные действия человека могут спровоцировать их развитие даже там, где природная вероятность их достаточно низка. Поэтому требуется определять оптимальный уровень безопасности хозяйственной деятельности на территориях развития песчаных отложений за счет оценки опасности и риска проявления и развития подвижных песков.

Территория исследований охватывают территорию с.Сагиз, с. Карабау, с. Каракол, с. Жаскайрат и с.Буйрек Кызылкогинского района Атырауской области. В настоящей комплексной схеме представлены анализ современного состояния процессов опустынивания; анализ и характеристики источников выноса песчаного аэрозоля и

районов, подвергающихся наибольшему воздействию песчаных заносов; рекомендации по выбору и выбор населенных пунктов, где необходимо первоочередное проведение фитомелиорационных и технических мероприятий по снижению негативного воздействия песчаных заносов.

7.1. Природные ресурсы и социально-экономические особенности территории исследований

Материалы раздела основаны на анализе ранее опубликованных материалов, а также данных Агентства Республики Казахстан по статистике и информации Атырауского областного управления по статистике.

Территория исследований расположена в зоне пустынь в крайней юго-восточной части Русской равнины, прилегающей к Каспийскому морю. По условиям рельефа рассматриваемая территория принадлежит естественноисторической провинции – Прикаспийской низменности. Ее поверхность сложена мощной толщей отложений четвертичного (главным образом верхнечетвертичного и современного) возраста, и в генетическом отношении является аккумулятивной равниной морского и частично речного происхождения, полого наклоненной в сторону Каспийского моря.

Основные черты климата исследуемой территории определяются большим притоком солнечной энергии в теплое время года, крупномасштабными и региональными циркуляционными процессами, особенностями подстилающей поверхности. Под совокупным воздействием этих и других факторов на территории формируется континентальный и крайне засушливый климат, с жарким и сухим летом, с малоснежной и ветренной зимой, в течение которой наблюдается чередование умеренных и сильных морозов с оттепелями.

Собственные водные ресурсы территории незначительны.

В геологическом строении поверхности территории принимают участие разновозрастные породы – от палеогена до четвертичных отложений. Четвертичные отложения представлены морскими, озерно-аллювиальными, эоловыми, аллювиальными, озерно-соровыми, элювиальными, делювиальными и пролювиальными породами.

Основными почво- и пескообразующими породами на территории песков Северного Прикаспия являются желтовато-бурые (желтовато-серые) перевеянные и местами серые (светлосерые) неперевеянные или частично и локально перевеянные аллювиально-дельтовые отложения. Значительно реже почвообразующими породами служат озерно-морские отложения, представленные небольшими участками и пятнами элювия сланцеватой глины шоколадного цвета и бурыми суглинками.

Анализ современного состояния почвенно-растительного покрова территории исследований показывает, что значительная его часть деградирована в результате процессов опустынивания, основная причина которого – хозяйственная деятельность человека. Уменьшается количество видов растений, отдельные виды выпадают из покрова полностью, увеличивается количество сорных растений. Происходит изреживание растительного покрова и смена доминантных видов растений.

Сельскохозяйственное использование угодий, а также развитие в регионе нефте- и газодобывающей промышленности, строительство и эксплуатация автомобильных дорог, способствуют активизации таких процессов, как дигрессия, дефляция, засоление, оврагообразование и др. Тем самым, увеличивается роль антропогенного фактора в развитии негативных экзогенных геодинамических процессов ландшафтных систем территории.

7.2. Современное состояние процессов опустынивания и дефляционных процессов территории исследований

Анализ современного состояния почвенно-растительного покрова территории исследований показывает, что значительная его часть деградирована в результате процессов опустынивания, основная причина которого – хозяйственная деятельность человека. Сельскохозяйственное использование угодий, а также развитие в регионе нефте- и газодобывающей промышленности, строительство и эксплуатация автомобильных дорог, способствуют активизации таких процессов, как дигрессия, дефляция, засоление, оврагообразование и др. Тем самым, увеличивается роль антропогенного фактора в развитии негативных экзогенных геодинамических процессов ландшафтных систем территории.

7.2.1. Режим пыльных бурь в регионе

Пыльная буря – сильный ветер разрушающий поверхность земли, переносящий миллионы тонн пыли, песка, частиц сухой земли на расстояние до нескольких тысяч километров, вследствие чего происходит замутнение атмосферы и значительное ухудшение видимости. При этом наблюдается подъём пыли (песка) в воздух и одновременно оседание аэрозолей на большой территории.

Пыльные бури часто возникает в тёплое время года в пустынных и полупустынных регионах. При превышении некоторого критического значения скорости ветра (зависящего от дисперсного состава почвы и её влажности), частицы пыли и песка отрываются от поверхности и переносится путём сальтации и суспензии, вызывая эрозию почвы.

Основной ущерб, наносимый пыльными бурями, в степной зоне состоит в уничтожении плодородного слоя почвы, что снижает её плодородие. Кроме того, абразивный эффект повреждает молодые растения. Запыленность атмосферы приводит к увеличению болезней легких, развитию аллергических заболеваний. В песчаных пустынях во время бурь песок заносит населенные пункты, транспортные магистрали.

Наибольшее среднее многолетнее значение с пыльными бурями на М Атырау равно 24 суткам. Наибольшие дни с этими процессами наблюдаются с апреля по сентябрь месяцы. На проектной территории пыльные бури продолжительны и длятся в основном от 1,5 часа и более. Наиболее часто они длятся до 5,4 и 10,4 часа. Бури продолжительностью более 1 суток были во всех исследуемых районах области.

7.2.2. Модель формирования выноса массы песка

Для расчетов массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции песков в начале 80-х годов создана имитационная физико-статистическая модель, в которой в качестве исходной информации использовались стандартные наблюдения метеорологических станций за пыльными бурями, скоростью ветра и данные о среднем геометрическом размере частиц песка в исследуемом районе.

Модель позволяет получать скалярные оценки объемов переноса песка над подвижными массивами или определять потенциальные транспортирующие возможности ветровых потоков в случае, если песчаные массивы закреплены. По ней можно было рассчитывать средние многолетние годовые массы песка, переносимые в приземном слое через фронт шириной в один км и высотой 10 м, их средние квадратические отклонения, коэффициенты вариации C_v и вероятностные объемы перемещения с повторяемостью 1 раз в 5, 10 и 20 лет. Это принципиально новые количественные климатические параметры песчаных бурь, позволяющие объективно оценивать интенсивность дефляционных процессов или опасность их развития на территории исследований.

Данная модель использована для расчетов переносимой ветром массы песка во время песчаных бурь и поземков в Северном Прикаспии. Для этого был изучен дисперсный состав массивов подвижных песков, определены параметры распределений их по размерам, созданы базы метеорологической информации в формате требований модели для станций региона.

7.3. Оценка мирового и республиканского опыта защиты от подвижных песков

Борьба с подвижными песками, которые заносят орошаемые земли, населенные пункты, каналы, инженерные сооружения, является одной из составных частей глобальной проблемы опустынивания. Подвижные пески причиняют огромный ущерб экономике и социальной сфере многих стран мира. В настоящее время, наряду с интенсивным промышленным и сельскохозяйственным освоением пустынь, активно ведется строительство железных и автомобильных дорог, прокладываются нефте-газопроводы и т.д. В результате этого с течением времени коренные ландшафты с естественным растительным покровом, скрепляющим поверхностные толщи песков, легко разбиваются и превращаются в подвижные пески.

На основе мировой карты опустынивания ЮНЕП/ФАО/ЮНЕСКО определено, что около 577 млн.га земель в мире подвержены опустыниванию в результате движения песков: 319 млн.га в Африке, 116 - а Азии, 137 - в Австралии и 4,6 млн.га в Южной Америке. Учитывая важность проблемы борьбы с подвижными песками во многих странах мира (в США уже в 1935 году была организована специальная служба по борьбе с развеванием почв) разработаны специальные программы по восстановлению растительного покрова, охране почв и закреплению подвижных песков.

Фитомелиоративные методы борьбы с опустыниванием совместно с пескоукрепительными мероприятиями наиболее традиционны и широко используются на практике в пустынях Центральной Азии, на Ближнем Востоке и в ряде стран севера Африканского континента. Сравнительно большие по масштабу и систематические работы по борьбе с песчаными заносами начались в конце XIX столетия в связи с постройкой Закаспийской железной дороги. К началу её постройки русские, агролесомелиораторы применили опыт культивирования древесно-кустарниковых пород на подвижных песках засушливых областей Европейской части России. Используя его, они к концу XIX столетия разработали для Средней Азии оригинальные и эффективные способы защиты железнодорожного полотна от песчаных заносов.

Значительный опыт по борьбе с подвижными песками накоплен в Туркменистане. Пески в Туркменистане занимают более 300 000 км^2, из которых на долю подвижных песков приходится 17 тыс. км^2. Ученые института пустынь АНТ разработали и успешно применяют для закрепления песчаной поверхности широкий комплекс мероприятий - механические защиты, защитные плёнки из битума, сырой нефти, полимерные материалы, живые изгороди и т.д. Эффективные методы закрепления и планомерное осуществление пескоукрепительных работ на больших площадях в Туркменистане позволили значительно уменьшить очаги образования подвижных песков.

Борьба с подвижными песками трудоемкая и дорогостоящая компания. В настоящее время существуют различные методы, разработанные и апробированные практикой в различных странах. Большие практические успехи достигнуты в Иране, Ливии, Китае, США, Австралии и других странах. Разработаны методы борьбы с прибрежными дюнами, размещенными в материковой части. Дифференцированы работы по защите хозяйственных объектов от засыпания песком и восстановлению пастбищного потенциала опустыненных территорий.

Фитомелиоративные методы борьбы с опустыниванием совместно с пескоукрепительными мероприятиями (механическая и физико-химическая защиты) наиболее традиционны и широко используются на практике в пустынях Средней и Центральной Азии, на Ближнем Востоке и в ряде стран севера Африканского континента. Это достаточно надежные методы, позволяющие отвоевывать для последующего сельскохозяйственного производства значительные площади опустыненных земель.

В зависимости от почвенно-климатических условий, доступности растительного и химического материала, технической оснащенности мелиоративные работы во многих странах мира выполняются в различных объемах и разными методами.

Мелиорация подвижных песков в странах Азии. Мелиорация проводятся во всех странах мира, где имеются песчаные пустыни и полупустыни. Специалисты фитомелиораторы разработали достаточно уверенные методы облесения и закрепления подвижных песков в полуаридных и аридных областях всех природных зон, где в песках имеется достаточный запас влаги. Что же касается экстрааридных пустынь, то для этих районов методы борьбы с подвижными песками разработаны еще в очень слабой степени.

В Турции на первом этапе закрепления поверхности песков была использована система изгородей из тростника - тростниковые изгороди из растительного материала высотой до 1,5, размеренные через 30-60 м. Под их защитой засевали травы. Следующая стадия - посадка деревьев, приспособленных к жизни в данных условиях. Выращиванием древесных насаждений завершалось закрепление подвижных песков. В дальнейшем такие закрепленные площади широко используются в сельском хозяйстве, в частности, для богарного земледелия и интенсивного ведения орошаемого земледелия за счет грунтовых вод. Для этих целей были вырыты более 3000 колодцев.

В Иране орошение, разработка полезных ископаемых, строительство дорог и промышленных объектов обусловили интенсивное развитие процессов опустынивания. Особенно сказываются бессистемная обработка земли, перевыпас скота и выкорчевывания растительности на топливо. Для закрепления и облесения подвижных песков, восстановления хозяйственного потенциала опустыненных территорий обязательно предусматривается закладка питомников для выращивания посадочного материала с закрытой и открытой корневой системой, строительство производственных помещений, водоснабжение и др. Подвижные пески закрепляются механическими защитными или вяжущими веществами. В качестве вяжущего вещества используется мульча (битумная эмульсия). На песчаную поверхность она наносится механизировано специально оборудованным устройством на базе гусеничных тракторов или салазок, перемещаемых по поверхности тракторами. Для посадок используют древесные виды растений-пескоукрепителей местной флоры.

В Китае осуществляется большой объем работ по мелиорации опустыненных территорий, из которых встречаются как песчаные пустыни так и каменистые. В Китае для борьбы с дефляцией и песчаными заносами широко используются фитомелиоративные методы. Для закрепления подвижных песков добавляют различные покрытия.

В пустынях Аравийского полуострова, рассматриваемых как «буферная» зона, соединяющая обширный африканский и азиатский пояс пустынь, широко распространены дюнные образования. Для закрепления подвижных песков применяют механические защиты в виде сплошных заборов, изготовленных из листьев финиковых пальм. В течении двух лет после их установки они засыпаются песком высотой 2 м. Более эффективный метод, не требующий больших затрат времени и труда, - биологический, включающий создание «живых» изгородей из тамарикса до 10 м в высоту. В его тени могут произрастать другие виды деревьев и кустарников. Для защиты дорог от песка, прилегающие к дороге гребни дюн выполаживаются, и по возможности закрепляются с помощью грунта или изгородей, сделанных их пальмовых листьев, у дороги полоса шириной 400 м огораживается колючей проволокой, чтобы предотвратить выпас верблюдов и коз. Посадка растений-пескоукрепителей обычно начинается зимой после первого дождя. Для насаждений выбирают растения тамарикса в возрасте 5-10 лет.

В Ливии подвижные дюны занимают достаточно большие территории на побережье и внутри страны. Используют два метода для закрепления песков (приморских и внутриконтинентальных):

- стабилизация песчаной поверхности путем устройства механических защит из растительного материала;
- стабилизация песчаной поверхности вяжущими веществами - сырой нефтью, битумной эмульсией, эмульсией из синтетического каучука, нефти и воды.

После закрепления песков практикуют, как правило, «биологическое» закрепление с помощью древесно-кустарниковой растительности. Используется физико-механический метод мелиорации песков - закрепление нефтяными продуктами. При закреплении песчаной поверхности нефтью используют только разновидности, которые не проявляют токсичного действия на приживаемость, рост и развитие растительности. Защитные насаждения создаются посадкой сеянцев или саженцев с закрытой корневой системой. Посевы считаются не эффективными.

Крупномасштабные мелиоративные работы с использованием аналогичной технологии закрепления песчаной поверхности и агротехники защитных насаждений ведутся на приморских песках *в Египте, Тунисе, Алжире, Марокко.*

Опыт закрепления подвижных песков на американском континенте и в Австралии

В США в пустынных районах угрозу представляют приморские дюны, размещенные на. Атлантическом и Тихоокеанском побережье. Борьба с переносом песка, движением дюн осуществляется устройством искусственных дюн, ориентированных перпендикулярно преобладающим ветрам, с последующим закреплением их поверхности клеточными защитами и посевом трав. При защите ценных объектов применяют гравийное мульчирование. При повторном разбивании песков применяют комплексное удобрение для обеспечения роста и развития растительности. В местах с интенсивным переносом песка поверхность закрепляется травой, а также различными химическими веществами. В штате Мичиган были проведены работы по выравниванию дюн и введению их в сельскохозяйственный оборот, при этом был применен метод экранирования, когда на глубине 60 см от поверхности создается сплошной слой из тонкого битума, что позволяет удерживать влагу в корнеобитаемой зоне и обеспечивает превращение песчаных земель в высокопродуктивные. Континентальные дюны встречаются в штатах Аризона, Колорадо, Невада, Нью-Мехико.

На южно-американском континенте и в Аргентине применяют следующие методы закрепления:

1. Планировка проводится тремя основными методами: с помощью аэродинамических труб (распылителя песка);- грейдеров; - путем перемещения песка в подветренную сторону посредством деревянных брусов, когда разравниваются острые гребни дюн и ликвидируется резко обрывающийся подветренный склок дюны; грейдер и брусы передвигаются с помощью гусеничного трактора или тягловой силы животного, так как колесные тракторы работать на высоких дюнах не могут.

II. *Посев семян кормовых культур* с помощью сеялки. В ходе посева дюна покрывается тонким слоем мульчк (весной) или соломой сорго (осенью). Для закрепления мульчи делается проход простой дисковой бороной. Благодаря этому методу в течение 3-6 месяцев подвижная дюна превращается в устойчивое пастбище.

В Чили закрепление песчаных дюн проводилось как механическими, так и биологическими методами. Последний используется в более широких масштабах вследствие эффективности и сравнительно небольших затрат. После закрепления дюн высеиваются древесные культуры.

В Австралии подвижные пески занимают обширные пространства вдоль временных водотоков и на побережье. Методика закрепления прибрежных песков во многом сходна с применяемой в Южной Африке. Она предусматривает устройство передовой дюны, ее закрепление и под защитой облесение прилегающих подвижных песков. Передовая дюна может быть создана устройством препятствий в виде заборов, различных видов механических защит или отсыпана бульдозерами. После предварительного закрепления поверхности высаживается многолетняя растительность. Для предварительного закрепления передовых дюн применяют химические и мульчирующие вещества. На дюнах, расположенных в континентальной части, мелиоративные работы проводят для повышения продуктивности пастбищ.

Методика фитомелиоративных работ в Казахстане и соседних странах. Методология мелиоративных работ, разработанная учеными бывшего Союза, базируется на изучении комплекса природно-климатических факторов, организации мониторинга процессов опустынивания, постановке серии экспериментальных исследований по выбору оптимальных технологий и эффективных фитомелиорантов.

Способы закрепления барханных песков. Барханные пески имеют широкое распространение во все мире. Закрепление песчаной поверхности осуществляется путем использования механических защит. Например, *в долине Амударъи* в зависимости от целевого назначения работ применяются различные их типы и конструкции. При защите линейных и точечных промышленных объектов сельскохозяйственных угодий, а также предотвращения дефляции песчаных сооружений используются стоячие рядовые полускрытые и устилочные защиты. Они позволяют стабилизировать песчаную поверхность, создают оптимальные условия для роста и развития лесных культур и естественного поселения растительности.

Технология устройства рядовых полускрытых защит следующая. Выкапывают бороздки глубиной 20-25 см, в них размещают защитный материал высотой 50-55 см и толщиной 5-7 см, затем канава засыпается песком и утрамбовывается.

При устройстве устилочных защит раскладывают защитный материал на поверхности наветренного склона рядами шириной 20-50 см, фиксируя его песком через 1,5-2,0 м.

При устройстве стоячих полускрытых механических защит используется верблюжья колючка и карелиния каспийская (акбаш), а устилочных - прямостебельная пойменная растительность (камыш, рогоз и другие).

Ориентировка рядов механических защит независимо от их типа должна быть повсеместно параллельна формам рельефа, а расстояние между ними не более 3 м.

Механические защиты устанавливаются на протяжении всего наветренного склона барханов. Сроки формирования наветренных склонов барханных цепей и их экспозиция определяют время проведения защитных мероприятий. Для облесения барханных песков обычно используют саксаул белый и черный, черкез и кандымы.

Высокая приживаемость растений и сохранность лесных культур на барханных песках достигается при дифференцированном использовании этих пород в зависимости от лесораститепьных типов. Культуры саксаула целесообразно создавать на мелко- и среднебарханных песках, подстилаемых староорошаемыми землями, а также на пологоволнистых барханных песках черкез может такие использоваться при облесении этих типов песков. Наиболее перспективными из кандымов оказались высокий и мелкоплодный разновидности.

На полуострове Мангистау в связи с интенсивным развитием нефтедобывающей промышленности образовались очаги опустынивания. Отмечено, что особенно активно дефляционно-аккумулятивные процессы протекают на песчаных массивах, что приводит к засыпанию песком и выдуванию оснований различных инженерных сооружений. Предложенная в то время схема пескозащитных мероприятий, которая охватывала площадь с движущимися барханами и барханными цепями ориентировочно в 400-500 га. Группа туркменских специалистов по заданию «Мангистаунефть» разработала практические рекомендации по защите объектов от песчаных заносов и выдувания.

Для закрепления песков во всем мире используется метод фитомелиорации с восстановлением растительного покрова. Для усиления жизнеспособности восстанавливаемой растительности в условиях сыпучих песков предлагается прогрессивный метод использования полимерных регуляторов роста и развития растений. В условиях засушливых и полупустынных районов Мангистау это один из наиболее приемлемых методов воздействия ускоряющих восстановление растительного покрова.

Такой препарат разработан в Институте химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК на основе производных пиперидолов полимерных регуляторов роста и развития растений пролонгированного типа. Препарат действует во время всего вегетационного периода растения, его испытание было проведено в условиях песчаного массива Мойынкум. Испытания показали, что при применении данных ростстимуляторов в Мойынкумах усилилось корнеобразование, увеличилась энергия прорастания на 10-25%, всхожесть трав до 80%.

В применении механических средств при защите от подвижных песков также имеются новые технологии. В настоящее время британской компанией «Террам Лтд» разработаны новые технологии по производству нетканых геотекстильных материалов (НГТМ) для самого широкого применения. Компания предлагает богатый спектр изделий от нетканых, термически связанных геотекстильных материалов до высокопрочных композитных материалов для геотехнических инженерных потребностей. Геотекстильные материалы характеризуются следующими свойствами: имеют композитную структуру, состоящую из внутреннего каркаса высокой упругости и волокон сложного полиэфира низкой вязкости, заключенных в жесткий и прочный полиэтилен; обладают хорошими армогрунтовыми характеристиками; способны выдерживать сверхповреждения при установке и высоко надежны; обладают долговечностью и прочностью к деформациям в обоих направлениях. Эта продукция благодаря исключительной долговечности, своим изотопным параметрам, механическим и гидравлическим свойствам является идеальной для использования в целях разделения (сепарации) различных грунтовых сред, фильтрационных возможностей и расширяет практические решения механики грунтов и геотехники в области строительства земляных сооружений.

Геотекстиль прошел ряд испытаний и тестирований, например, для компании "PPB" в Тенгизе были проведены испытания каркасного материала по результатам которых АО «НИПИнефтегаз» пришла к заключению о том, что материал экологически безопасен и надежен в эксплуатации и особой ценностью в условиях Мангистау является возможность заполнения каркаса местным дешевым материалом - песком.

Геотекстильные материалы находят широкое применение для разных строительных целей:
- для укрепления насыпей на площадях, склонных к проседанию; формирования насыпей на мягких почвенных основаниях; укрепления откоса насыпи; укрепления грунта, в том числе стабилизации грунта, для смягчения эффекта морозного вспучивания при замерзании грунта, которое является основной причиной нарушения покрытия дорог, для почвозакрепительных работ, арматурных конструкций и других целей. Компания также предлагает применять эти материалы для борьбы с подвижными песками. Стоимость материала для 1 кв.м. площади составляет 4 $США.

Описанные выше методы и приемы борьбы с подвижными песками в дальнем и ближнем зарубежье с учетом проведенных полевых и камеральных исследований на территории исследований будут использованы для выработки рекомендаций по борьбе с песчаными заносами населенных пунктов Атырауской области.

7.4. Выбор участков для первоочередного проведения фитомелиорационных и технических мероприятий по снижению негативного воздействия песчаных заносов

На территориях сел Сагиз, Карабау, Каракол, Жаскайрат и Буйрек, Кызылкогинского района рассмотрены защитные мероприятия на 8 участках, для которых рекомендованы 13 полос рядной защиты длиной от 150 до 1574м.

Рекомендуемое направление и длина защитных полос первоочередных мероприятий.

Для защиты сел Сагиз, Карабау, Каракол, Жаскайрат и Буйрек от заносов песком необходимо сооружение семи полос защиты:

- с. Сагиз №1 – полоса рядной защиты длиной 150 м;
  №2 – полоса рядной защиты длиной 650 м;
  №3 – полоса рядной защиты длиной 1574 м;
- с. Карабау №4 – полоса рядной защиты длиной 530 м;
- с. Каракол №5 – полоса рядной защиты длиной 629 м;
  №6 – полоса рядной защиты длиной 512 м;
- с. Жаскайрат №7 – полоса рядной защиты длиной 300 м;
- с. Буйрек №8 – полоса рядной защиты длиной 250 м.

7.5. Рекомендации по проведению фитомелиорационных и технических мероприятий по снижению вредного воздействия песчаных бурь на почву, природные условия и жизнь людей

Основными причинами заносимости песком населенных пунктов в рассматриваемом регионе являются:

1) Перенос песка в поселок из находящихся с наветренной стороны незакрепленных и полузакрепленных песчаных массивов.

2) Перевыпас скота на территориях, окружающих населенные пункты, и, как следствие, образование незакрепленных легко дефлируемых песчаных поверхностей в населенном пункте и непосредственной близости к нему.

3) Повышенная техногенная нагрузка на почвы, связанная, как правило, с автомобильным транспортом и проведением строительных работ, вследствие чего образуются разбитые песчаные поверхности и язвы дефляции, которые также являются источником выноса песка.

Для защиты проектных населенных пунктов оптимальным является сооружение рядной защиты с направлением рядов перпендикулярно результирующему вектору. В тех случаях, когда закрепляемый участок расположен в непосредственной близости от населенного пункта, необходима клеточная защита.

Эффективной мерой защиты почв и растительности от перевыпаса скота является ограждение незакрепленных участков песчаных массивов, кроме того, необходимы запретительные меры административного характера.

Средством уменьшения техногенной нагрузки на почвы может быть улучшение покрытия автомобильных дорог в населенных пунктах.

7.5.1. Содержание и виды фитомелиорационных и технических мероприятий

Методика фитомелиоративных работ на подвижных песках. Основным принципом при борьбе с подвижными песками является плановость мероприятий при условии охвата фитомелиоративными работами больших территорий. Фитомелиоративные работы на песках во всех случаях должны проводиться на основе детально разработанных проектов, составленных по материалам предварительного обследования закрепляемых песчаных массивов.

Развертывание фитомелиоративных работ на подвижных лесках должно идти по двум направлениям:

1) осуществление профилактических мероприятий, способствующих прекращению роста площадей, занимаемых подвижными песками, и исключающих возможность образования новых массивов подвижных песков;

2) проведение активных мероприятий по фитомелиорации подвижных песков с целью превращения их в кормовые или лесные угодья. На сильно разбитых песках необходимо обеспечить строгую регулировку (ограниченное использование), а иногда и полное прекращение выпаса скота, а также исключить использование на топливо древесно-кустарниковой растительности песков, граничащих с культурными землями или промышленными предприятиями и поселками.

Активные мероприятия по борьбе с подвижными песками осуществляется или путем фитомелиорации их, или путем закрепления поверхности песков фиксирующими покрытиями (физико-механическая мелиорация).

Агротехника пескоукрепительных работ в зависимости от степени аридности климата будет различаться. В песках полуаридных областей посевы и посадки могут проводиться без специальных приемов для защиты всходов от выдувания и засыпания песком. В аридных же пустынях молодые плантации необходимо защищать от неблагоприятного воздействия ветропесчаного потока с помощью рядовых механических защит или специальных покрытий.

Ассортимент растений-пескоукрепителей представлен, как правило, местными кустарниками, многолетними и однолетними травами. Все они жаро- и засухоустойчивые и могут расти только за счет атмосферных осадков.

Агротехника фитомелиоративных работ. Агротехника фитомелиоративных работ на подвижных песках имеет ряд особенностей. Обычная специальная подготовка почвы для посевов и посадок в песках не проводится из-за их достаточной рыхлости; все внимание сосредоточивается на устройстве защит, предназначенных для предохранения посадок посевов от выдувания и засыпания песком. Для этих целей пользуются установками различных типов механических защит (рядовые, линейные, клеточные, торчковые, устилочные), которые, парализуя силу ветра, препятствуют развеванию песка и задерживают переносимые ветром песчаные массы

Механические защиты применяются также для немедленного прекращения поступательного движения скоплений песков, поземного их переметания и для задержания семян дикорастущих растений. В отдельных случаях механические защиты используют для управления рельефом и движением песков, нивелировки барханного рельефа, для освобождения от песка засыпанных им площадей или, наоборот, для накопления песка в местах, где в этом возникает необходимость.

В последние годы для предохранения от выдувания посевов и посадок псаммофитов стали применять покрытие песков битумными и глинистыми пленками, а также гидрофильными полимерами, которые, скрепляя поверхностный слой песков, не дают ему развеваться и переноситься ветром. Все эти пленки не оказывают отрицательного влияния на физические свойства песка. Они свободно пропускают через себя осадки, благодаря чему водный режим песков, покрытых пленкой, не изменяется. Для всходов растений пленка не является препятствием. Молодые проростки ее легко прорывают, не нарушая общей целостности покрытия.

Посадка кустарниковых растений-пескоукрепителей производится сеянцами, или черенками, заготовленными заблаговременно в питомниках, или в естественных зарослях на песках. Посевы кустарниковых растений-пескоукрепителей производятся или в качестве основного вида работ, или как дополнительное мероприятие к посадкам. На песках с хорошими лесорастительными условиями с успехом практикуют преимущественно посевы. При выполнении работ по фитомелиорации песков они частично механизируются.

Установка механических защит является наиболее трудоемким процессом из всех фитомелиоративных работ. Тем не менее, широкое использование их, особенно для защиты посевов и посадок пескоукрепителей, совершенно необходимо.

Физико-химическая мелиорация подвижных песков. В последние десятилетия во многих пустынях мира начинают более широко использовать минеральные богатства - нефть, газ, руды черных и цветных металлов и.т.п. В результате этого в пустынях появились довольно крупные промышленные предприятия и населенные пункты. Ряд таких промышленных объектов расположен в экстрааридных пустынях среди барханных песков с очень неблагоприятными лесорастительными условиями (высокое засоление песков или незначительное количество осадков, менее 50 мм). Опыт фитомелиорации их пока не дал желаемых результатов.

В связи с этим в последние годы усилился интерес к использованию для закрепления подвижных песков различного рода покрытий. Эти работы ведутся в следующих направлениях:

а) использование местных материалов (гравий, щебень, глина, остатки растительности) для закрепления песков в районах, где применение этих материалов экономически выгодно;

б) битумизация песков с целью создания прочных покрытий, обладающих хорошей устойчивостью к воздействию ветра;

в) создание различных пленок из воднорастворимых полимеров и других химических веществ, способных повысить ветро-эрозионную устойчивость песков (полиакриламид, нерозин, дивинилстирольный латекс АРМ-15 и др.).

Ассортимент растений-пескоукрепителей. Ассортимент пород, используемых для облесения и закрепления песков, состоит преимущественно из местных эндемичных растений, произрастающих на подвижных песках, и частично из растений, интродуцированных из других пустынь. Он вполне обеспечивает успешное осуществление работ по фитомелиорации песков.

В различных природных зонах земного шара ассортимент растений-пескоукрепителей разный. В их число входят - деревья, кустарники, полукустарники, многолетние и однолетние

Общим же для всех растений является их сходная экология, свойственная псаммофильным растениям. Все они обладают рядом приспособительных особенностей, позволяющих успешно расти и размножаться в условиях подвижного субстрата. Они хорошо переносят засыпание песком надземной части или выдувание корневых систем. Им присуща способность в течение одного сезона образовывать на засыпанных ветках придаточные корни, а на выдутых корнях - поросль. Кроме того, они засухоустойчивы, жаростойки, а в умеренном поясе морозостойки, солеустойчивы к хлоридному и сульфатному засолению.

Для фитомелиорации песков в пустынях Средней Азии и Казахстана рекомендуется следующий ассортимент растений:

Кустарники: джузгуны, или кандымы; белый, или песчаный, саксаул; черный, или солончаковый, саксаул; черкез Рихтера - кустарниковая солянка; черкез Палецкого -крупная кустарниковая солянка; песчаная акация Конолли; песчаная акация Карелина; шелюга каспийская; тамарикс; сарсазан шишковатый - стелющийся безлистный полукустарник; селитрянки, заманихи; *полукустарники:* полынь песчаная.

Многолетние длительно-вегетирующие травянистые растения: колосняк гигантский, или песчаный овес; житняк сибирский, или песчаный многолетний злак; аристида Карелина - многолетний злак; *однолетние травянистые растения:* Кумарчики; горяниновия - солянка туркменская.

Фитомелиорация антропогенно-нарушенных почв, восстановление биологического потенциала территории в условиях суббореальной пустыни и острого дефицита поливной воды характерного для Прикаспийского региона, основаны главным образом

на эффективном использовании естественного увлажнения, возделывании адаптированных к местным условиям продуктивных экотипов растений, обработке и удобрении почв.

На сильно деградированных участках, включая барханные пески, применяются механические и химические методы рекультивации почв с использованием вяжущих эмульсий, в том числе гуминовых сополимеров, полимерных препаратов, сырой нефти и др.

Многолетние опытно-производственные данные научных учреждений Республики Казахстан и СНГ показывает, что на деградированных почвах наиболее адаптированы и характеризуются хорошим жизненным состоянием и продуктивностью в течение всего вегетационного периода пустынные растения: кохия веничная, саксаул черный, терескен серый, камфоросма, жантак, чогон, черкез Палецкого, полынь белоземельная, их смеси и др.

Агротехника реабилитации нарушенных почв сводится к планировке поверхности, вспашке и посеву трав. При этом успех фитомелиорации нарушенных земель в большей степени зависит от влажности года, чем от агротехники возделывания растений. В сухие годы и в пик летней жары (июль-август) многие растения погибают, не выдерживая стрессовых ситуаций.

Перспективные растения, рекомендуемые для фитомелиорации нарушенных почв и улучшения биологической продуктивности территории, характеризуются следующими биологическими особенностями.

Саксаул черный (сем. маревых) - ксерофитный кустарник высотой до 10 м однолетними сочными ветвями. Высоко ценится как солеустойчивое кормовое растение, хорошо поедается овцами и верблюдами, особенно осенью и зимой. Питательная ценность и химический состав саксаула черного характеризуются показателями: протеина -10,1-15,3 %, клетчатки - 9,1-25,1, золы - 16,6-30,3, жира -1,6-2,6, БЭВ - 30,1-40,1, содержит много натрия - 36,7-123,4 г/кг, кальция - 11,6-21,8, калия - 11,2-22,2, фосфора - 0,1-0,8. Урожайность годичных поедаемых веток и плодов достигает 1,0-3,0 ц/га, в посевах МСХОС она составила 2,4 ц/га. В 100 кг сухого корма содержится 30-40 кормовых единиц и от 3 до 9 кг перевариваемого протеина. Помимо кормовой ценности посевы саксаула черного имеет большое пескоукрепительное, почвозащитное значение, могут использоваться для биологической рекультивации нарушенных земель, в том числе засоленных. Агротехника его возделывания сводится к вспашке почвы, выравнивание поверхности и прикатыванию легкими катками. Сеют саксаул полосами, шириной 1,5-2,0 м, нормой 2,5-5,0 кг/га. Сеют вразброс с последующей заделкой семян на глубину до 1 см бороной или катком.

Клеточные стоячие защиты образуются взаимно перпендикулярными рядами обычных стоячих защит, расположенными чаще всего на расстоянии 2 м друг от друга. При этом размеры клеток 2х2м. Ряды устраиваются поперек направления господствующих ветров.

При закреплении подвижных барханных песков вместо механических защит можно использовать химические вещества (нэрозин, битумную эмульсию и др.), которые вносят наземным способом или с самолета сразу после посева семян пескоукрепительных растений (саксаул, кандым, черкез, песчаный овес и др.) для скрепления поверхности песков на период прорастания и укоренения всходов.

Возможна частичная механизация земляных работ - канавки роют трактором, к которому прицепляется устройство в виде треугольной рамы с приваренными к ней тремя двухотвальными сошниками.

При фитомелиоративной защите от песчаных заносов предусматривают «сплошное облесение» песков.

При выборе растений для закрепления песков целесообразнее использовать местные виды как лучше развивающиеся. Наиболее рационально применять растения, хорошо развивающиеся как на незаросших, так и на заросших песках.

Посадки ведутся в два этапа: весной сажают саженцами, а осенью - зимой - семенами. Как показывает практика, лучше приживаются саженцы, но сажать семенами дешевле.

Посев семян на песках проводится без подготовки почвы. На небольших участках, закрепленных механической защитой, семена разбрасывают по песку и слегка утрамбовывают. На участках без защиты, в местах, не подверженных выдуванию, семена высевают в лунки на глубину 2 - 3 см и присыпают тем же песком.

Наилучшие результаты дают посевы зимой и перед весенними дождями. Нередко хорошо всходят и осенние посевы, если семена за зиму не подверглись выдуванию. Нормы высева и глубина заделки семян отдельных древесно-кустарниковых пород и многолетних трав при закреплении песков на защитной полосе.

Уходные работы за лесными насаждениями. Одним из значимых мероприятий для достижения высокой степени приживаемости лесных насаждений является качественное проведение уходных работ.

Учитывая возможность отпада лесных культур (плановая приживаемость 55-60%), проектом предусмотрено их дополнения: на первый год после посадки 40% от общего количества высаженных пород, на второй год 20% от количества дополнения первого года. Более точно количество саженцев на дополнения определяется во время осенней инвентаризации посадок лесных насаждений. В проекте для определения затрат на дополнение лесных культур применено процентное значение дополнений. В последующие годы проводят аналогичные уходы за лесными культурами, сокращается только их количество.

Закуп деревянных стоек и раскосов (диам. 80-120мм) для ограждения предусматривается от лесных учреждений Атырауской области. При монтаже стоек ограждения допускается погрешность до 100мм.

2.1 Технико-экономические показатели

с.Сагиз

№	Наименование	ед.изм.	кол.
Участок №1			
1	Площадь участка	га	0,75
2	Протяженность ограждение	пм	400
Участок №2			
1	Площадь участка	га	3,25
2	Протяженность ограждение	пм	1400
Участок №3			
1	Площадь участка	га	7,5
2	Протяженность ограждение	пм	3100

с.Карабау

№	Наименование	ед.изм.	кол.
1	Площадь участка	га	6,0
4	Протяженность ограждение	пм	1253

С.Каракол

№	Наименование	ед.изм.	кол.
Участок №1			
1	Площадь участка	га	10,0
2	Протяженность ограждение	пм	1525
Участок №2			
3	Площадь покрытие	м2	4,0
4	Протяженность ограждение	пм	1168

с.Жаскайрат

№	Наименование	ед.изм.	кол.
1	Площадь участка	га	0,45
4	Протяженность ограждение	пм	630

с.Буйрек

№	Наименование	ед.изм.	кол.
1	Площадь участка	га	0,5
4	Протяженность ограждение	пм	540

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Том XXI. Часть 1. Геологическое строение. Книга 2. Коллектив авторов. «Недра», М., 1970 г., стр. 344.
2. Якубов Т.Ф. Песчаные пустыни и полупустыни Северного Прикаспия. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 512 с.
3. Бултеков Н.У., Есеркепова И.Б., Кожахмет П.Ж. Климат. – Республика Казахстан. Окружающая среда и экология / под ред. Н.А. Искакова, А.Р. Медеу – Алматы, 2006.

– Т. 3. – С. 215-227.

4. Антропогенные изменения климата / под редакцией М.И. Будыко и Ю.А. Израэля. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 406 с.
5. Гидрогеология СССР. Том XXXV. Западный Казахстан, редактор А.В. Сотников. ВСЕГИНГЕО. Мингео Казахской ССР. Москва «Недра», 1971г.
6. Долгих С.А. Об исследованиях климата Казахстана и его изменений // Гидрометеорология и экология. – 1997. – № 1. – С. 108 – 113.
7. Изменчивость климата Средней Азии / под ред. Ф.А. Муминова, С.А. Иногамовой. – Ташкент: Изд-во САНИГМИ, 1995. – 215 с.
8. Гирс А.А. Многолетние преобразования форм атмосферной циркуляции и связанные с ними колебания уровней морей // В кн.: Материалы конференции по проблеме взаимодействия атмосферы и гидросферы в северной части Атлантического океана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1958. – С. 25–33.
9. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Вып. 18. – Ч. 1. – 51с.
10. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Вып. 18. – Ч. 2. – 172 с.
11. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – Вып. 18. – Ч. 3. – 45 с.
12. Полякова С.Е., Таланов Е.А. Погрешность оценки среднемесячных значений испарения с водной поверхности в аридных и горных районах // Вестник КазНУ. Серия географическая. – 2009. – № 2-29. – С. 78-84.
13. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 18 Казахская ССР. Серия 3. Многолетние данные. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – Ч. 1-6. – Кн. 1.– 514 с.
14. Наставление гидрометстанциям и постам. – Л.: Гидрометео-рологическое издательство, 1969. – Вып. 3. – Ч. 1. – 307 с.
15. Семенов О.Е., Тулина Л.П. Пространственное и временное распределение опасных и особо опасных пыльных бурь на территории Казахстана. – Труды КазНИГМИ, 1978. – Вып. 71. – С. 62 – 74.
16. Бултеков Н.У. О суточном ходе пыльных бурь и поземков в Актюбинской области // Материалы международной научно-практической конференции: Современные тенденции и закономерности в развитии географической науки в Республике Казахстан. – Алматы, 2010. – С. 153 – 155.
17. Азыдова Р.Н., Семенов О.Е. Оценка объемов ветрового переноса песков в районе Аральского моря по наблюдениям метеорологических станций // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. – 1985. – Вып. 85. – С. 13 – 19.
18. Семенов О.Е., Каипов И.В., Шапов А.П. Песчано-солевые бури в Приаралье.// Гидрометеорологические проблемы Приаралья. / Под ред. Г.Н. Чичасова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – С. 132 – 233.
19. Галаева О.С., Семенов О.Е. О мониторинге выноса песчано-солевого аэрозоля с осушенной части дна Аральского моря // Гидрометеорология и экология. – 1997. – № 2. – С. 116-121.
20. Семенов О.Е. О расходе массы песка при песчаных бурях на осушенной части дна Арала. // Гидрометеорология и экология. – 2007. – № 4. – С. 7– 22.
21. Семенов О.Е. О распределении песчаных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153 – 165.
22. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья. / Под ред. И.И. Скоцеляса – СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. – 269 с.

23. Оценка ветрового переноса песка в долине Сенек // Галаева О.С., Захарова И.П., Семенов О.Е., Шапов А.П. // Гидрометеорология и экология. – 2003. – № 4. – С. 9-23.

24. Алексеев Г.А. Графоаналитические способы определения и приведения к длительному периоду наблюдений параметров кривых распределения // Труды ГГИ. – 1960. – Вып. 73.

25. Алексеев Г.А. К вопросу определения эмпирических квантилей и коэффициента корреляции // Метеорология и гидрология. –1963. – № 4.