



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

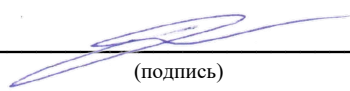
Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической без-
опасности
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Опустынивание как глобальная экологическая проблема

Исполнитель Петухова Екатерина Александровна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель доктор биологических наук, профессор
(ученая степень, ученое звание)
Витковская Светлана Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой 
(подпись)

кандидат биологических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Мухин Иван Андреевич
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2025 г.

Санкт-Петербург

2025

Оглавление

Введение	4
Глава 1 Причины и экологические последствия опустынивания	6
1.1 Понятие опустынивания	6
1.2 Факторы опустынивания	7
1.2.1 Природные факторы опустынивания	7
1.2.2 Антропогенные факторы опустынивания	12
1.3 Последствия опустынивания	14
1.3.1 Экологические последствия опустынивания	14
1.3.2 Экономические последствия опустынивания	15
Глава 2 Объекты и методы исследования	18
2.1 Объекты исследования	18
2.2 Методы исследования	20
Глава 3 Масштабы и динамика опустынивания	21
3.1 Динамика опустынивания в мире	21
3.2 Динамика опустынивания в России	26
Глава 4 Проблема опустынивание в республике Калмыкии	28
4.1 Региональные особенности опустынивания в республике Калмыкии	28
4.2 Динамика и мониторинг опустынивания в республике Калмыкия	30
4.2.1 Динамика опустынивания в республике Калмыкия	30
4.2.2 Мониторинг земель республики Калмыкии	37
4.3 Методы борьбы с опустыниванием в республике Калмыкии	39
Глава 5 Методы борьбы с опустыниванием	41
5.1 Методы борьбы с опустыниванием	41

5.2 Мониторинг земель подверженных опустыниванию	45
Выводы.....	48
Список использованных источников	50

Введение

В настоящее время изменение климата является одной из самых важных экологических проблем современности. Глобальное потепление климата играет большую роль в перестройке всей экосистемы Земли. Более жаркое лето приносит пожары, засухи, таяние ледников и уничтожение большой части флоры и фауны. Теплая зима плохо влияет и на животных, которые впадают в спячку, и на сохранение урожая. Но также на сохранение экосистемы влияет и человек. Развитие промышленности, городов, сельское хозяйство и безграничное пользование природными ресурсами ведет к нарушению процессов саморегулирования экосистемы.

Одним из ярких примеров одновременного негативного комплексного влияния природных и антропогенных факторов на экосистемы является опустынивание - процесс деградации земель в сухих, засушливых и полузасушливых регионах (Дорошенко, 2023).

На данный момент 41% площади суши приходится на засушливые зоны, в которых проживает около 2 млрд. человек. И с каждым годом площадь опустыненных земель увеличивается примерно на 1 млн км².

Интенсивное освоение аридных и семиаридных земель значительно усиливает влияние природных факторов на экологическое состояние экосистем, приводя к увеличению масштабов подверженных опустыниванию территорий. Такая тенденция усугубляет проблему дефицита продовольствия и бедности в развивающихся странах.

По сравнению с 80-ми годами прошлого века, к 2025 году, численность населения увеличилась на 46%, что повлекло за собой увеличение нагрузки на сельскохозяйственные угодья вследствие интенсификации сельскохозяйственного производства, возрастания нагрузки на пастбища. Как следствие - увеличение масштабов и скорости развития таких негативных процессов как опустынивание, засоление, заболачивание и т.п. По прогнозам ООН к 2080 году численность населения увеличится еще на 21%.

Цель работы - анализ факторов и процессов, определяющих современные тенденции развития процесса опустынивания, оценка его масштабов и последствий на глобальном и региональном уровнях для разработки мер по предотвращению деградации земель.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- 1) Охарактеризовать факторы и процессы, влияющие на развитие опустынивания.
- 2) Обобщить имеющуюся информацию о масштабах и последствиях опустынивания.
- 3) Изучить проблему опустынивания в республике Калмыкия; установить основные причины и возможные пути решения.
- 4) На основе анализа данных дистанционного зондирования Земли охарактеризовать динамику и масштабы процесса опустынивания на глобальном и региональном уровнях.
- 5) Изучить методы борьбы с опустыниванием и оценить их эффективность.

Работа изложена на 54 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 5 глав, выводов, содержит 23 рисунка и 2 таблицы. Список использованных источников включает 44 наименования.

Глава 1 Причины и экологические последствия опустынивания

1.1 Понятие опустынивания

Термин опустынивания в научной литературе появился еще в 1949 году, но про его масштабы на международном уровне заговорили только в 1977 году в Найроби. Однако там обсуждалось только общее представление об опустынивании, не затрагивая процесс его развития.

В 1986 году ученые Института пустынь АН Туркменистана Н.Г. Харин, Н.С. Орловский и Г.Б. Малкубекова дали развернутое определение для опустынивания, выделяя его социальные и физико-географические процессы.

Опустынивание – совокупность физико-географических и антропогенных процессов, приводящих к разрушению экосистем аридных и полуаридных областей, к деградации всех форм органической жизни, что, в свою очередь, ведет к снижению природно-экономического потенциала этих территорий (Харин и др., 1986).

Проблема опустынивания в засушливых, полужасушливых и сухих субгумидных районах вне зависимости от местных успехов обострилась, к такие выводы представлены в программе ООН по окружающей среде (ЮНЕП) в 1991 году. В 1992 году в Рио-де-Жанейро состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию, в ходе которой Генеральная ассамблея ООН приняла резолюция об учреждении Межправительственного комитета по ведению переговоров для подготовки Конвенции по борьбе с опустыниванием. Конвенция была принята в Париже (Франция) 17 июня 1994 года, открылась для подписания 14-15 октября 1994 года и вступила в силу 26 декабря 1996 года, через 90 дней после получения пятидесятой ратификации (Конвенция..., 1994).

Опустынивање как экологическое состояние подразделяется на уровни: (Кулик и др., 2020):

1) Отсутствие опустынивания или слабое опустынивание: устойчивые экосистемы без заметного изменения продуктивности.

2) Умеренное опустынивание: обратимые нарушения равновесия экосистем на фоне снижения продуктивности, есть риск дальнейшей спонтанной деградации экосистем.

3) Сильное опустынивание: потеря устойчивости и сильное снижение продуктивности, нарушения равновесия экосистем трудно обратимы.

4) Очень сильное опустынивание: полная и практически необратимая потеря продуктивности.

Опустынивание относится к трудно компенсируемым природным явлениям, так как на восстановление одного сантиметра плодородного почвенного покрова в аридной зоне уходит в среднем 70-150 лет (Пустыни..., 1986).

1.2 Факторы опустынивания

1.2.1 Природные факторы опустынивания

Природные факторы опустынивания не подвластны человеческой силе. Изменить их никто не может, поэтому необходимо использовать методы, с помощью которых можно в той или иной степени нейтрализовать пагубное действие природы на свойства почвы.

К природным факторам опустынивания относятся естественные процессы, которые приводят к потере плодородия почв и растительности в засушливых регионах планеты. Такие факторы делятся на гидрологические, геоморфологические, почвенные, растительные, климатические (Логинов, 2003).

К последней группе факторов относятся солнечная радиация, малое количество осадков и неравномерность их выпадения, сухость воздуха и почвы, высокие значения температуры и альбедо подстилающей поверхности, а также активная ветровая эрозия.

Большие суточные перепады температуры, малое количество осадков, большая испаряемость и засоленность почв приводят к растрескиванию горных пород, что в совокупности с сильными ветрами способствует разрушению почвенного покрова и его «раздуванию» (Пустыни..., 1986).

Большую роль в опустынивании почвы играет ветер. Зависит это от его направления и атмосферного давления. Так, зоны с высоким давлением перемещают воздушные массы в зоны с низким давлением. Под воздействием отклоняющего влияния вращения Земли в северном полушарии пассаты движутся с северо-востока на юго-запад, в южном — с юго-востока на северо-запад (рис.1). Пассаты захватывают только нижнюю толщу тропосферы — 1,5—2,5 км (Пустыни..., 1986).

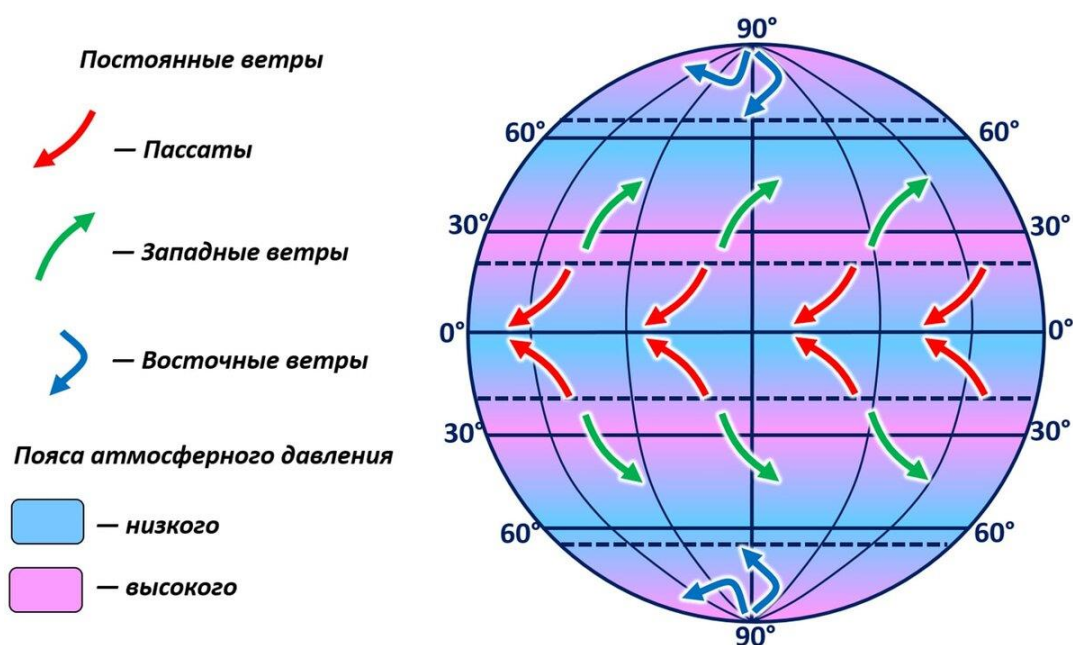


Рисунок 1 – Схема переноса воздушных масс на земле (Пассат..., isla-de-muerta.com)

Господствующие пассаты в субтропическом и тропическом поясах препятствуют вертикальным движениям и развитию облаков, выпадению осадков. Данные территории характеризуются незначительной облачностью

и большой солнечной радиацией. Что приводит к большой сухости воздуха и высоким летним температурам ($+35^{\circ}\text{C}$ и больше) (Пустыни..., 1986).

В субтропических широтах (между 30 и 45° северных и южных широт) величина суммарной радиации уменьшается, а циклоническая деятельность способствует увлажнению и выпадению осадков, приуроченных главным образом к холодному периоду года. Однако на материках развиваются малоподвижные депрессии термического происхождения, вызывающие резкую засушливость. Большой сухостью отличаются межгорные впадины, где годовое количество осадков не превышает $100\text{--}200$ мм (Пустыни..., 1986).

В умеренном поясе условия для опустынивания появляются в внутриконтинентальных районах, в которых осадков выпадает не более 200 мм. Эти территории характерны тем, что они отгорожены от муссонов и циклонов горами, из-за которых летом образуется барическая депрессия. Большая сухость воздуха, высокие температуры, маленькие осадки и запыленность главные природные факторы опустынивания. Редкие циклоны со стороны океанов Арктики быстро прогреваются и иссушаются (Пустыни..., 1986).

Ветровая эрозия – процесс разрушения и перемещения почвы под действием сильного ветра. Делится на три вида: абразия, дефляция, пыльные бури. Абразия несет за собой образование углублений и ям за счет разрушения почвенного покрова и горных пород. Дефляция наиболее распространенная форма ветровой эрозии. Представляет собой поднятие и перенос мелких частиц почвы ветром. Пыльные бури уже имеют больший масштаб. Характеризуется массовым переносом песка и пыли на большие расстояния.

Солнечная радиация дает большой вклад в климатическую ситуацию региона. Так, в экваториальной зоне солнечные лучи падают на поверхность перпендикулярно, что способствуют максимальному поглощению энергии. В то время как на полюсах ситуация обратная, лучи падают под углом и меньше воздействуют на поверхность. Облака являются живым «щитом» для земли, они поглощают, рассеивают, отражают лучи и компенсируют действие солнечной радиации на поверхность. Также, в зависимости от отражающей

способности подстилающей поверхности меняется ее альбеда, например, у снега – 90%, песка – 40%, пашни и воды – 5% (Альбеда..., ecosistema.ru).

К гидрологическим факторам опустынивания относится водная эрозия почвы и отсутствие или редкая сеть транзитных рек. Отсутствие источника водных ресурсов, глубокие грунтовые воды или наоборот поднятие засоленных грунтовых вод ведут к пересыханию территории. Реки несут с собой различные породы, такие как песок, ил, гравий, гальку. В периоды сильной жары реки пересыхают и оставляют отложения на грунте, которые в дальнейшем разносит ветер, увеличивая водную и ветровую эрозию почв. Водная эрозия очень губительный процесс для почвы. Во время сильного потока воды, не только разрушаются почва и растения, вымывается плодородный слой, что ведет к долгому восстановлению поврежденной территории или в совокупности с ветровой эрозией к опустыниванию. Также водная эрозия зависит от рельефа местности, чем более крутой склон, тем выше вероятность размыва грунта (Адилова и др., 2018).

Геоморфологические факторы подразумевают под собой характер подстилающей поверхности и воздействующих на нее водной и ветровой эрозии. Рельеф и почвы территории влияют на распределение в ней влаги, развитие эрозии и растительности. Так, высокие хребты могут как задерживать воду, так и не получать ее вовсе. Это зависит от расположения гор относительно источника ветра, так как именно с помощью воздушных масс переносятся дождевые облака. На наветренном склоне (обращенном к источнику ветра) осадков будет много, в то время как на подветренном будет сухо. Из-за географического расположения и климатического пояса территории зависит как и увлажненность территории, так и испаряемость влаги, что в последствии влияет на развитие растительности, которая при сильных засухах может защитить почвенный покров. «Плоские» регионы больше подвержены опустыниванию из-за сильного воздействия ветров на них и высокой испаряемости. Впадинам без речного стока более характерно накопление солей, что в по-

следствии нарушает водно-физические свойства почвы и пагубно влияет на растительность (Бережной, 2025).

Влияние ветровой активности хорошо видно и в горных пейзажах. В этих ландшафтах рельеф служит распределителем материи и энергии. Ветер сносит снег, частицы почвы на открытых склонах, а после дождя и снега почвы влияют на высыхание почв. Солнечное излучение по-разному нагревает склоны с разной экспозицией, что приводит к разному микроклимату на холмах и склонах рек. Эти процессы приводят к разным типам опустынивания в зависимости от рельефа, что, в свою очередь, влияет на эрозию, почвообразование, разное развитие растений (Адилова и др., 2018)

К почвенным факторам опустынивания относятся (Щерба, 2016):

- 1) Слабовыраженные почвообразовательные процессы
- 2) Низкое содержание гумуса
- 3) Высокая карбонатность
- 4) Осолонцевание
- 5) Засоленность почвы

При слабовыраженных почвообразовательных процессах имеется большая вероятность, что ветровая и водная эрозия смогут быстро разрушить плодородный слой земли и привести к опустыниванию. Содержание гумуса в почве влияет на образование структуры содержание питательных веществ. От структуры почвы зависит водо- и воздухопроницаемость, что очень важно для роста растений. Структурная почва менее подвержена ветровой и водной эрозии.

Накопление солей в почвенном профиле приводит к снижению доступности влаги из-за уплотнения структуры почвы, что угнетает рост и развитие растений и приводит или к снижению урожайности, или к полной гибели сельскохозяйственных культур (рис. 2) (Щерба, 2016).

Осолонцевание – процесс внедрения иона натрия в почвенный поглощающий комплекс. Под воздействием щелочного гидролиза уменьшается содержание углерода в почве, ухудшается структура гумусового горизонта и

вымывается илистая фракция, что способствует снижению водоудерживающей способности почвы. Ионы натрия являются токсичными для растений, что больше еще больше уменьшает доступность влаги (Шеин, teach-in.ru).



Рисунок 2 – Процесс засоления и осолонцевания (Шеин, teach-in.ru)

Характер растительного покрова также играет важную роль в опустынивании территории. Разреженность флоры, сезонность развития, низкая продуктивность биомассы влияют на объемы повреждений от ветровой и водной эрозии. Наличие растительного покрова увеличивает сохранения влаги в почве благодаря листьям, которые с помощью тени препятствуют сильному испарению. Опавшие листья создают удобрения для почвы увеличивая ее плодородный слой. Также, растительность является живым барьером от наступления песка с близлежащих территорий (Шеин, teach-in.ru).

1.2.2 Антропогенные факторы опустынивания

Нередко вмешательство людей ускоряет процесс, обусловленный природными явлениями, характерными для той или иной местности. Увеличение численности населения и потребностей увеличивает нагрузку на природу.

Промышленная, сельскохозяйственная деятельность нарушают естественные процессы саморегуляции и способствуют более быстрому разрушению экосистемы.

К антропогенным факторам опустынивания относятся (Зонн и др., 1984): перевыпас скота, вырубка кустарников и деревьев, чрезмерная культивация земель, недостаточное орошение, урбанизация местности.

Хозяйственная деятельность человека является главным катализатором опустынивания. Вырубка растительности для производства кормов и строительства влияет на физические свойства почвы после чего она становится более уязвима перед климатическими факторами. Перевыпас скота ведет к уменьшению количества устойчивой растительности, то есть к ее вытаптыванию и к превращению рыхлых почв в легко развеяемые. Также, к изменению физических свойств почвы приводят неправильные методы ведения сельского хозяйства, такие как чрезмерное применение минеральных удобрений, использование тяжелой техники, отсутствие севооборота (чередования культур) и т.д. (Зонн и др., 1984).

Промышленная деятельность человека разрушает плодородный слой почвы и загрязняет ее, что также сильно влияет на процессы опустынивания. Добыча полезных ископаемых, строительство предприятий, неправильная утилизация отходов ведут к образованию техногенных пустынь, засолению почвы, нарушению водного баланса почвы и изменению микроклимата (Загрязнение..., 2025).

Урбанизация местности тоже влияет на процессы опустынивания, но не в таких масштабах, как остальные факторы (рис. 3). Строительство дорог, городов разрушает экосистему, ее природные ресурсы, такие как растительность, водные ресурсы, что приводит к деградации почв. Также города создают дополнительное тепло вокруг себя, что приводит к загрязнению воздуха и воды, а также к нарушению биологических ритмов и сезонности растений и животных (Загрязнение..., 2025).

Причины деградации земель по всему миру

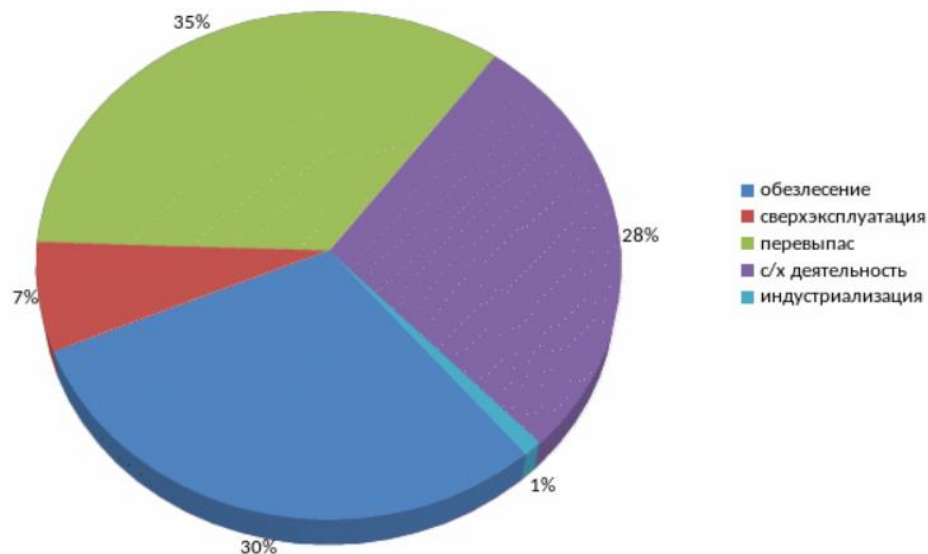


Рисунок 3 – Процентное соотношение причин деградации земель (Золотокрылин, 2000)

1.3 Последствия опустынивания

Процесс деградации почвенного покрова влияет на состояние биосферы и качество жизни населения Земли. Последствия опустынивания подразделяются на экологические и экономические.

1.3.1 Экологические последствия опустынивания

Экологические последствия опустынивания сильно влияют на устойчивость экосистемы и ее составляющих. К ним относятся иссушение и засоление источников воды, обезлесение, нарушение плодородного слоя почвы, усиление эрозии почвы, возникновение пыльных бурь. В следствии всех этих процессов возникает снижение урожайности сельскохозяйственных культур, кормов, древесины, а также сокращаются разнообразие видов и количества животных (Батомункуев и др., 2014).

Все эти явления пагубно влияют на экологическое равновесие и создают цепную реакцию деградации природной среды, что особенно опасно в

условиях аридных зон, где восстановление почвенных ресурсов происходит очень медленно (Батомункуев и др., 2014).

1.3.2 Экономические последствия опустынивания

Экономические и экологические последствия опустынивания взаимосвязаны. Население, проживающее на засушливой территории, в большей степени являются жителями развивающихся стран и отстают от остальных в плане благосостояния и развития (Оценка экосистем..., 2005).

Проблемы с продовольствием увеличивают смертность, особенно детскую. Так, в развивающихся странах, расположенных в засушливых регионах, детская смертность превышает этот показатель в незасушливых странах на 23%, а с промышленно развитыми странами различие достигает более 10 раз.

На рисунке 4 представлены показатели детской смертности в Азии. В засушливых регионах ВВП (валовой национальный продукт) является самым низким среди всех остальных, в то время как детская смертность самая высокая.

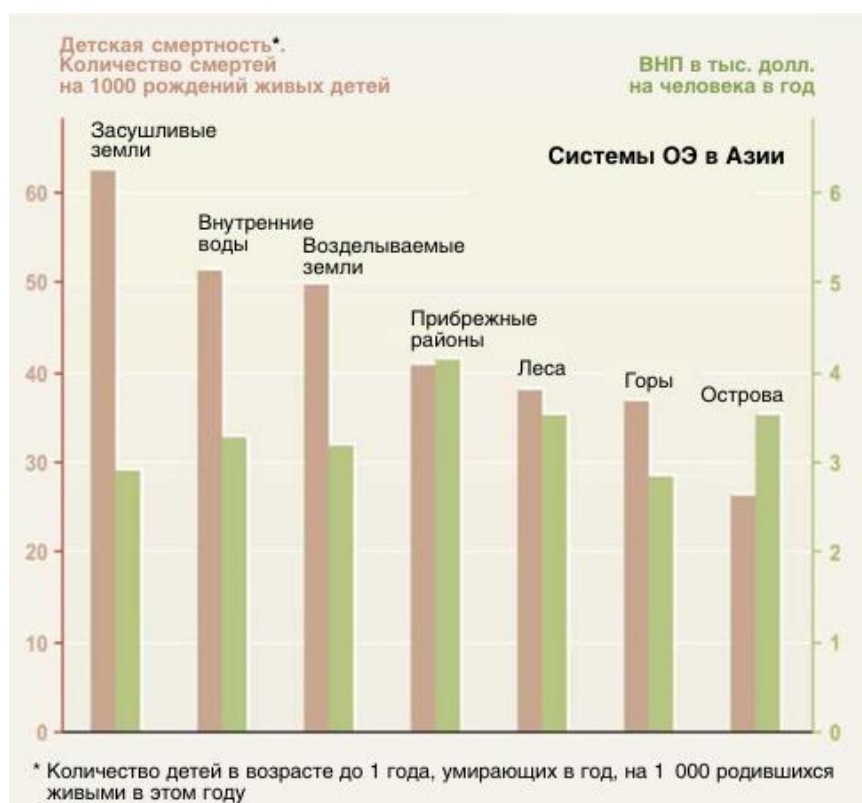


Рисунок 4 – Сравнение показателей детской смертности и ВВП на душу населения в засушливых регионах и других рассматривавшихся оцениваемых экосистемах в Азии (Оценка экосистем..., 2005)

Опустынивание приводит к тому, что сельское население теряет рабочие места, прибыль и продовольствие, вследствие чего в дальнейшем люди решаются на крайние меры и мигрируют с региона. Приток мигрантов может плохо сказаться на устойчивом использовании местными жителями природных ресурсов. Из-за прибывших в новый регион людей могут возникнуть проблемы с перенаселением и правом пользования земельными ресурсами, что в конечном итоге приводит к внутренним и погранично социальным, этническим и политическим конфликтам (Батомункуев и др., 2014).

Постоянные пыльные бури приводят к тому, что в засушливый период население сталкивается с плохим самочувствием, таким как озноб, кашель и слезящиеся глаза. Также, это явление может привести к более серьезным болезням и осложнениям, особенно этому воздействию подвержены младенцы, дети, пожилые люди, люди с респираторными и сердечно-сосудистыми забо-

леваниями, а также люди с диабетом. Пыльные бури могут привести к таким заболеваниям как респираторные болезни (астма, пневмония, аллергический ринит), сердечно-сосудистые заболевания (инсульт), глазные инфекции, раздражение кожи, забивание слухового аппарата и передача инфекционных заболеваний (Оценка экосистем..., 2005).

Глава 2 Объекты и методы исследования

2.1 Объекты исследования

Объектами исследования являлись масштабы и последствия процессов опустынивания в Море и на территории Российской Федерации. Влияние антропогенных и природных факторов на процессы опустынивания были рассмотрены на примере республики Калмыкия, где процесс опустынивания достиг уровня экологического бедствия и проявляется под воздействием различных факторов и процессов.

На территории республики Калмыкия распространены различные типы, виды и разновидности почв: каштановые, солонцеватые, гидроморфные, черноземы, а также песчаные почвы и др. В этом регионе климат умеренный – резко континентальный, что в свою очередь характеризуется очень жарким, сухим летом с засухами, суховеями и малоснежной холодной зимой. Биолого-почвенные условия способствуют развитию сельского хозяйства и пастбищ в республике, которые из-за климата и плохих восстановительных работ приводят к опустыниванию.

Республика Калмыкия является самым аридным регионом на территории России и расположена на юге Восточно-Европейской равнины. Площадь ее территории составляет 7473,1 тыс. га, из которых 71,2% - пастбища (5321 тыс. га).

На территории республики рельеф образует четыре геоморфологические области: на юге – Кумо-Манычская впадина, на северо-западе – Ергенинская возвышенность, на востоке – Прикаспийская низменность, на западе – Ставропольская возвышенность (рис. 5) (Борликов и др., 2002).

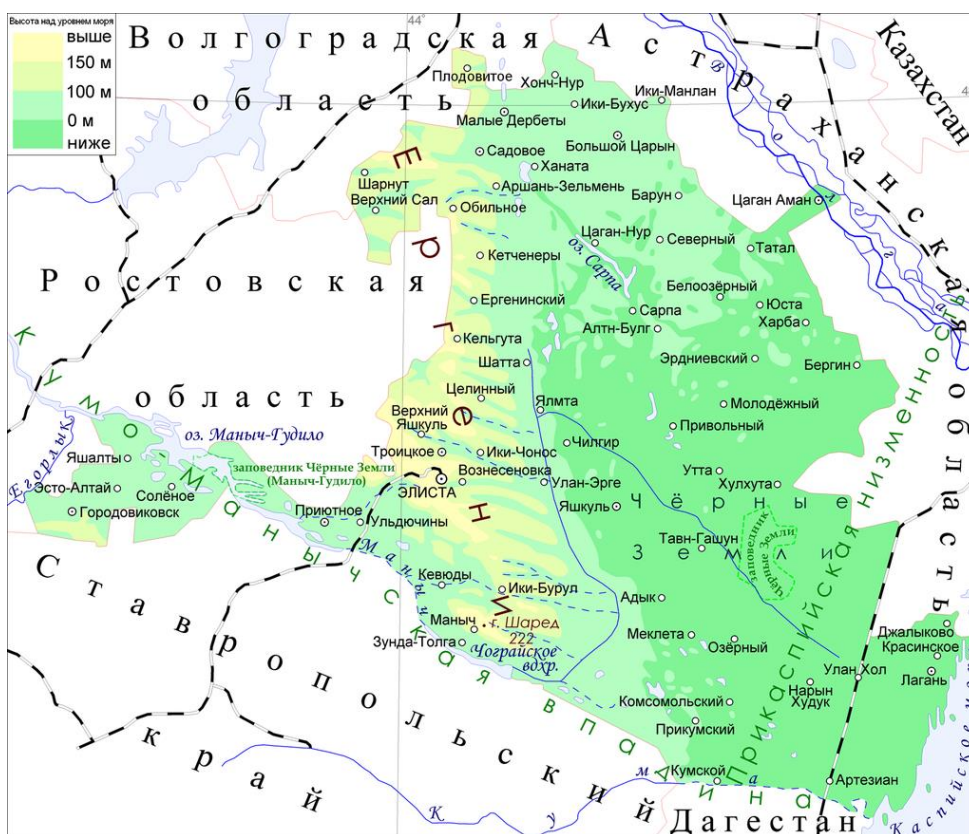


Рисунок 5– Географическая карта Республики Калмыкия (География Калмыкии..., ru.wikipedia.org)

Территория республики находится в таких природных зонах как степи, полупустыни и пустыни. Из-за резкого континентального климата осадков выпадает в среднем 200-300 мм в год. Температура в течении года колеблется от -35°C зимой до $+50^{\circ}\text{C}$ летом (Республика Калмыкия..., bg-znanie.ru).

Рельеф и климат сыграли большую роль в формировании флоры исследуемой территории. Растительное биоразнообразие Калмыкии включает в себя более 800 видов растительности, 300 из которых представляют собой особо ценные и перспективные в хозяйственном отношении (кормовые, лекарственные, пищевые, технические, декоративные, фитомелиоративные).

Фауна млекопитающих насчитывает за собой около 60 видов животных, самыми распространенными из них являются грызуны. Также среди обитателей республики много Краснокнижных, таких как перевязка, савка, колпица и т.д (Республика Калмыкия..., bg-znanie.ru).

2.2 Методы исследования

В ходе исследования масштабов опустынивания выбранных объектов были использованы аналитические методы, такие как:

1) Анализ динамики масштабов растительности в исследуемом регионе на основе анализа космических снимков за 25 лет (NASA спутник MODIS).

2) Анализ динамики осадков в исследуемом регионе на основе анализа космических снимков за 25 лет (NASA спутник MODIS).

3) Анализ динамики температуры поверхности земли в исследуемом регионе на основе анализа космических снимков за 25 лет (NASA спутник MODIS).

4) Статистический анализ изменения количества осадков за 45 лет в исследуемом регионе (Изменение климата..., meteoblue.com).

5) Статистический анализ изменения температуры за 45 лет в исследуемом регионе (Изменение климата..., meteoblue.com).

6) Статистический анализ изменения площади опустыненной территории за 35 лет (Шинкаренко и др., 2021).

7) Анализ динамики опустынивания на основе космических снимков (Космические снимки Landsat 7, 8, 9).

Глава 3 Масштабы и динамика опустынивания

3.1 Динамика опустынивания в мире

Динамика аридных земель характеризуется изменчивостью и разнообразием процессов деградации. Общая площадь непригодных для сельского хозяйства земель на 2024 год составляет 15 млн км²(рис. 6).

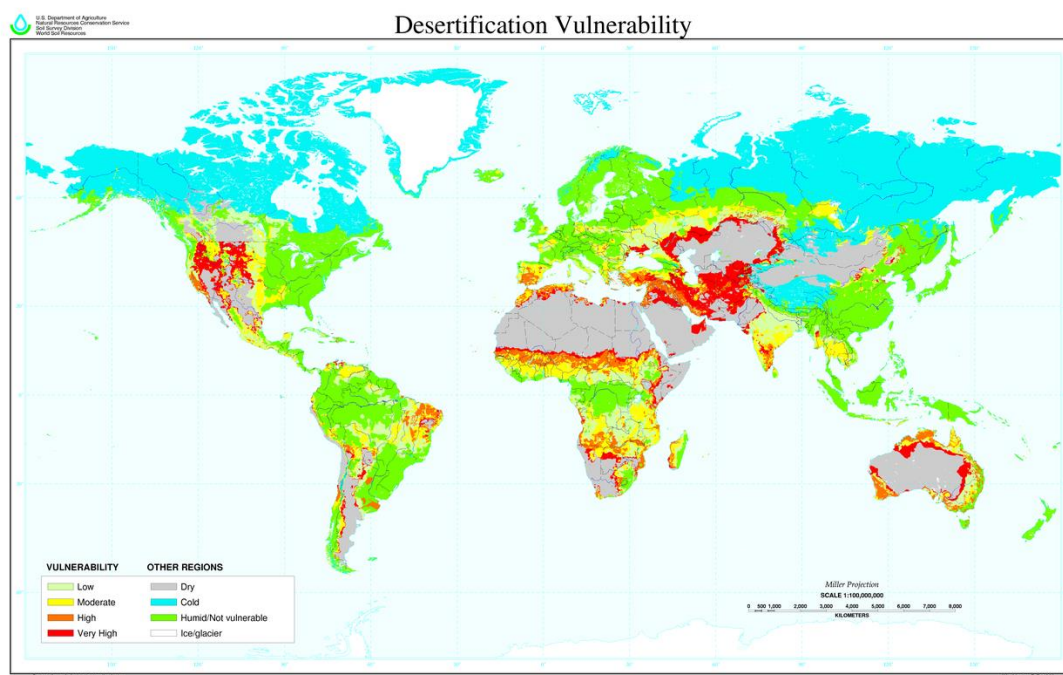


Рисунок 6 - Карта опустынивания Земли: жёлтый цвет — умеренная угроза опустынивания, оранжевый — высокая, красный — очень высокая угроза (Уразбаев, staff.tiiame.uz)

Наибольшему опустыниванию подвержены страны Африки и Евразии. По данным ФАО ЮНЕСКО, человек использует 25-30% суши вместе с лугами, пастбищами и пашней, а если учитывать еще и леса, то все 50-55%. Остальные участки земли человеком практически не используются.

Анализируя динамику аридных земель, можно заметить, что прежнее традиционное земледелие и скотоводство только увеличивают площадь де-

градируемых земель, что пагубно влияют на экосистему и дестабилизируют ее (табл. 1). В то время как, правильно организованное сельское и лесное хозяйство, высокопродуктивное земледелие смогут включить в производство большое количество ныне бесплодных деградируемых земель, что в дальнейшем приведет к стабилизации экономики, росту продовольственных товаров и уменьшению смертности от голода (Бабаев, 1989).

Таблица 1 – Количественные показатели распространения аридных земель мира (Залибеков и др., 2016)

№	Показатель	Суша земли			Единица измерения
		Всего	В том числе деградированных		
			1980	2005	
1	Занимаемая площадь в мире	14,8	2,9	3,0	Млрд. га
2	Евразия	4,0	1,7	2,0	Млрд. га
3	Северная Америка	2,1	0,4	0,7	Млдр. га
4	Африка	3,2	1,4	1,8	Млдр. Га
5	Австралия	2,2	2,1	2,4	Млрд. га
6	Россия	2,8	22,0	2,3	Млрд. га/ млн. га
7	Дагестан	5,03	2,1	2,2	Млрд. га

Конвенция по борьбе с опустыниванием была принята 17 июня 1994 года, но до сих пор остановить процессы засухи и опустынивания в мире не удалось. Наиболее подверженными опустыниванию территориями в последние годы являются юго-запад Европы, центральная и юго-западная территория США. За последние двадцать лет частота засух на земле возросла на 29%, к 2050 году воздействие опустынивания на себе ощутят 7,5 млрд человек (Форум КБОООН, 2024).

Китай одна из стран, которая принимает активное участие в восстановлении опустыненных земель, тем самым выбившийся в лидеры в решении этой проблемы. За 40 лет им удалось восстановить более 4 млн га земель, та-

кой динамики они смогли достичь благодаря государственным проектам по сдерживанию эрозии почв и лесовосстановлению. Всего таких программ было реализовано около 300 (Форум КБОООН, 2024г).

Однако такая хорошая статистика скорее редкость, чем обыденность. За последние 2 года (Форум КБОООН, 2024) страна Панама переживает сильную засуху, которая уже привела к уменьшению объемов пресной воды. Из-за таких показателей администрации страны пришлось сократить проходимость судов в канале в 2 раза, что ударило по экономике. Чтобы восполнить водные ресурсы, в стране планируется строительство нового водохранилища, на которое уйдет 1,6 млрд долларов и 6 лет (Форум КБОООН, 2024).

Озеро Чад, находящееся в регионе Сахель, является ярким примером нерационального природопользования в Африке. В следствии бесконтрольного забора воды для сельского хозяйства, изменения климата и увеличения твердых наносов в озере (из-за чрезмерного выпаса скота и эрозии почвы после уничтожения древесной растительности), что привело к иссушению озера на 95% за 30 лет (рис. 7). Такие темпы развития опустынивания, в скором времени, могут привести к полной деградации земель в регионе, отсутствию водоисточника, смертности скота и людей, а также к перенаселению большого количества африканских народов (Uche T. Okpara, 2016).

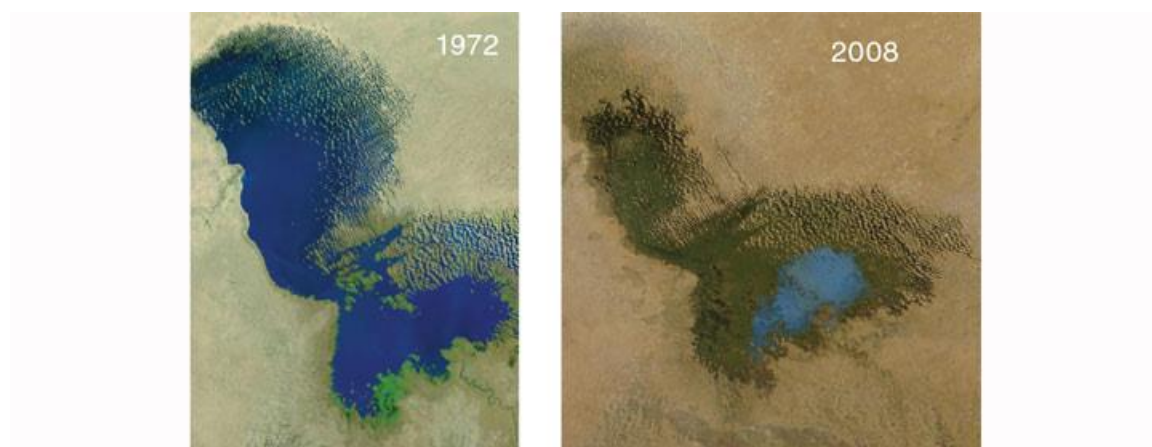


Рисунок 7 – Динамика иссушения озера Чад (Uche T. Okpara, 2016)

Похожий случай произошел в Аральском море, которое сейчас уже превратилось в пустыню Аралкум (рис. 8). Причиной исчезновения моря является иссушение, питающих его рек, Амударьи и Сырдарьи, в следствии использования их для полива плантаций хлопка в Приаралье. Влияние антропогенных факторов на снижение уровня Аральского моря оценивается в 70%. Такая катастрофа привела к глобальным проблемам: погибло более 130 видов животных и 30 видов рыб, увеличилась безработица, изменился климат, появились пыльные бури, из-за которых возросли респираторные, глазные и онкологические болезни (Аладин и др., 2017).

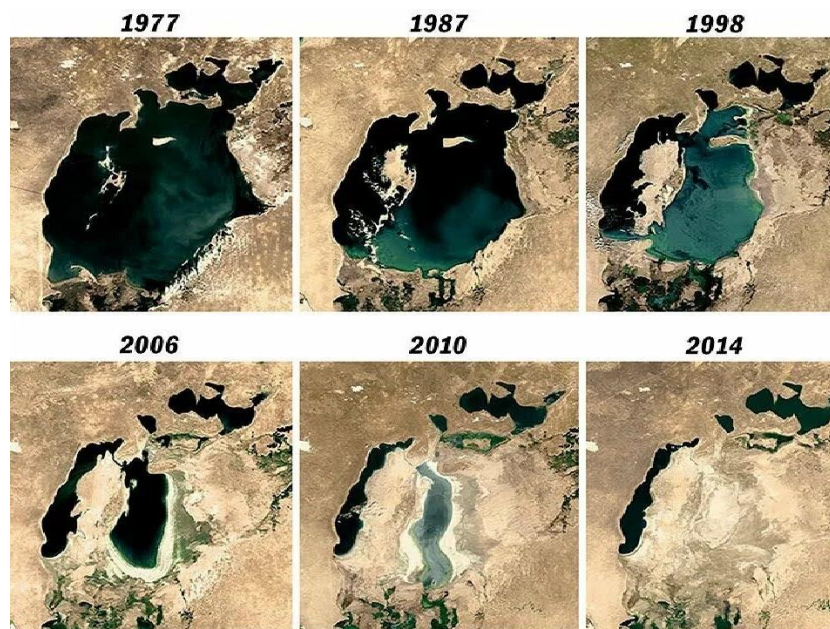


Рисунок 8 – Динамика иссушения Аральского моря (Динамика..., yandex.ru)

Самой быстро растущей пустыней считается пустыня Гоби, находящаяся на территории Монголии и Китая. С каждым годом ее площадь увеличивается на 3370 км², уничтожая своими песками целые деревни. Основной причиной опустынивания является чрезмерный выпас скота, что свойственно народам Монголии. Конечно, еще присутствуют такие факторы как изменение климата, неправильное земледелие, лесные пожары и т.д (Living..., 2016).

Проблема опустынивания в США становится с каждым годом всё актуальнее. Сорок четыре процента обрабатываемых земель подвержены эрозии. Пустыни на юго-западе страны разрастаются всё больше, в особенности в засушливой Калифорнии. За прошедшие 40 лет 1/3 пахотных угодий были уничтожены, в следствии эрозии. Эта тенденция с каждым годом только увеличивается, 200 тысяч гектаров пашни истощаются и становятся непригодны для использования. Такие объемы деградации почвы обусловлены историей страны, которая изначально развивалась как сельскохозяйственная, что привело к большим экологическим и экономическим потерям. В результате этого в стране ежегодно становится непригодными 4 млрд тонн верхнего плодородного слоя почвы, что приносит потери в сельскохозяйственном производстве примерно 42 миллиардов долларов в год (Семенова).

Юго-западная часть Европы также подвержена опустыниванию. Особенно это касается Испании, у которой 74 % территории уже находится в процессе опустынивания, а 18% из них уже не подлежат восстановлению. Председатель Межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН заявил, что при глобальном потеплении более, чем на 3 градуса, всей Европе грозит опустынивание. Это может произойти уже к 2100 году.

Обобщая все изученные данные, была собрана таблица об основных типах опустынивания, их факторах и где они встречаются в таблице 2 (Залибеков и др., 2016).

Таблица 2 – Опустынивание и климатические изменения (Залибеков и др., 2016)

№	Тип опустынивания	Факторы	Климатические пояса	Распространение
1	Климатический (первичный), десертизация	Температура воздуха, осадки и их соотношение	Тропический, Субтропический пустынный	Африка, Америка (южная), Австралия
2	Антропогенно-климатический, десертификация	Климатические, антропогенные	Умеренно-теплый, полупустынный	Евразийский континент

Продолжение таблицы 2

№	Тип опустынивания	Факторы	Климатические пояса	Распространение
3	Антропогенный (вторичный)	Воздействие человека без климатических из- менений	Умеренно-теплый	Европа, Восточная Азия
4	Техногенно- нарушенный	Антропогенные	Во всех поясах	Повсеместно

3.2 Динамика опустынивания в России

Сельское хозяйство играет большую роль в экономике России. Однако нерациональная распашка земель, интенсивный выпас скота, изменение климата и множество других факторов сильно влияют на деградацию почвенных ресурсов страны. В 2021 году насчитывалось около 100 млн гектаров земель подверженных опустыниванию. С этой проблемой столкнулись такие регионы, как республики Калмыкия, Хакасия, Бурятия, Чеченская, области Астраханская, Ростовская, Волгоградская, Воронежская, Саратовская, Оренбургская, Омская, Челябинская, Читинская, Новосибирская, Ставропольский край, Ямало-Ненецкий округ и Дагестан (Опустынивание..., 2021).

Одной из причин опустынивания является засоление почв. На рисунке 9 представлены разные виды засоления почв и где они распространяются в России. Как видно на карте засоленные почвы находятся не только на юге страны, но и имеют локальные источники на севере и в республике Саха (Опустынивание..., 2021).



Рисунок 9 – Карта засоления почв России (Хитров, docs.yandex.ru)

Глава 4 Проблема опустынивание в республике Калмыкии

4.1 Региональные особенности опустынивания в республике Калмыкии

Республика Калмыкия является самым засушливым регионом юга России. На данный момент опустыниванию подвергается 83% территории, что сильно сказывается на экономике региона, здоровье населения и экологической обстановке (Бакинова и др., 2023).

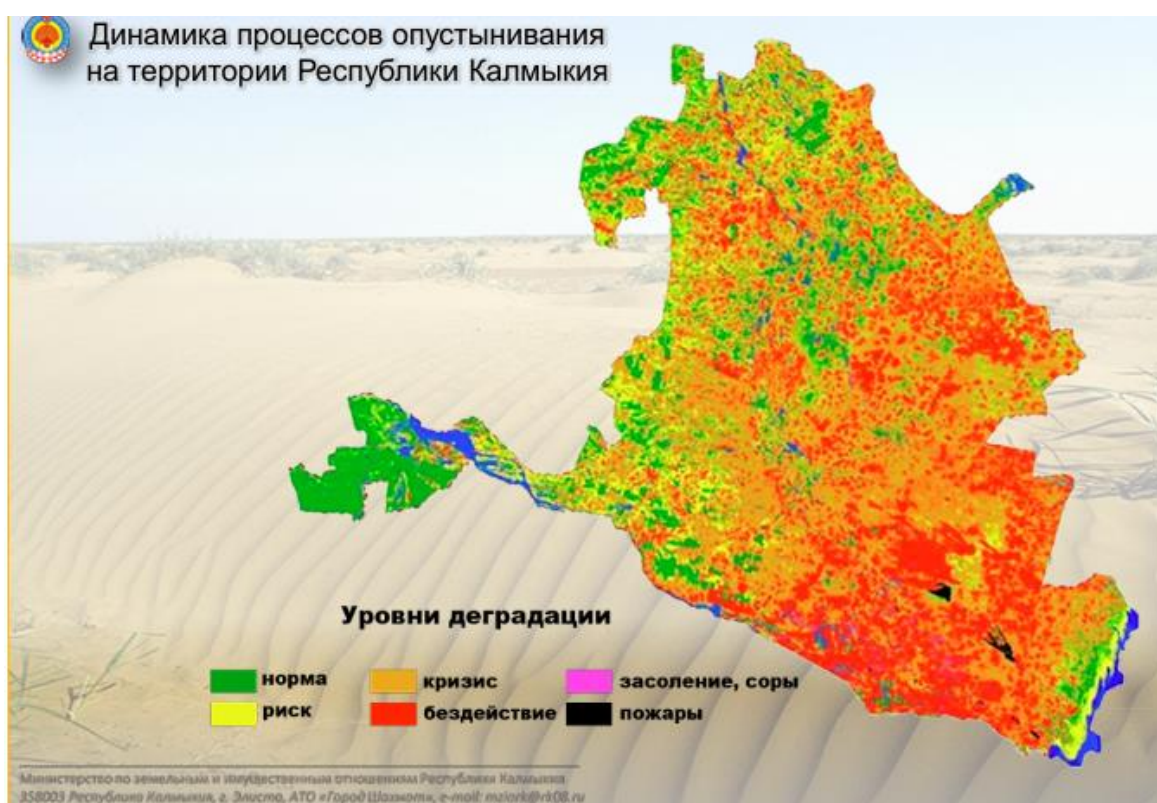


Рисунок 10 – Динамика процессов опустынивания в республике Калмыкия (Бакинова и др., 2023)

Главная отрасль сельскохозяйственного производства региона – животноводство, включающее как возращивание кормовых культур, так и выпас скота. В связи с историко-географическими особенностями хозяйственного использования природных ресурсов в Калмыкии развились процессы деградации почвы. Высокая антропогенная нагрузка на земли привела к катастро-

фическим последствиям. Перевыпас скота стал причиной того, что часть растительности на пастбищах была съедена, а другая растоптана, почвы начали деградировать и обедняться. Продовольственная способность земель уменьшилась и появилась безработица (Бакинова и др., 2023).

На опустынивание в Калмыкии повлияли не только антропогенные факторы, но и природные. Регион расположен на плоской местности, которая, в следствии географического положения и особенностей климата (ветра, осадков, температуры), больше подвержена нагреву. Колебание температур приводит к сильной испаряемости влаги из почвы, что приводит к ее иссушению и разрушению плодородного слоя почвы. В республике гидрографическая сеть слабо развита, в ней находится 137 рек и большинство из них маловодные и бессточные. В связи с этим в Калмыкии были созданы водохранилища, которые, в свою очередь, характеризуются нестабильностью гидрологического и гидрохимического режимов, резкой сменой минерализации вод, заиленностью и бедной флорой и фауной (Уланова, 2023).

Рельеф местности, западные ветра и высокая температура приводят к таким процессам как суховеи и пыльные бури, которые уничтожают плодородный слой почвы и приводят к опустыниванию территории. Процесс разрушения почвы в Калмыкии приводит к формированию открытых и незакрепленных песчаных массивов, которые в дальнейшем заносят песком населенные пункты. Страдает не только имущество жителей, но и они сами, так как пыльные бури являются переносчиком инфекционных болезней и развивают респираторные и сердечно-сосудистые заболевания.

Засоление почв в Калмыкии сильно влияет на развитие опустынивания. Причины засоления подразделяются на природные и антропогенные. К природным факторам относятся (Дедова и др., 2020):

- 1) Геологические особенности территории, такие как морские трансгрессии и высокое содержание морских растворов в грунтах.

2) Резко континентальный климат, который характеризуется преобладанием испарения над количеством осадков, что приводит к иссушению и засолению почв.

3) Пыльные и песчаные бури, они переносят солевую взвесь, в следствии чего меняют солевой режим почвогрунтов.

К антропогенным факторам засоления относятся (Дедова и др., 2020):

1) Нерациональное использование оросительных систем может привести к вторичному засолению почвы.

2) Разработка природных месторождений ископаемых, таких как нефть и газ. Разлив нефти на почву, токсичные буровые растворы загрязняют почву и приводят к ее засолению.

4.2 Динамика и мониторинг опустынивания в республике Калмыкия

4.2.1 Динамика опустынивания в республике Калмыкия

Оценивая динамику опустынивания, необходимо учитывать такие факторы, как: температура, осадки, растительность.

Статистические данные и данные дистанционного зондирования, характеризующие динамику изменения среднегодовой температуры, осадков и растительности в республике Калмыкия были взяты с сайта [meteoblue](https://meteoblue.com) (рис.11) и с сайта обсерватории NASA (рис.12, 13). Свои снимки они делают с помощью спутников MODIS. Для сравнения показателей, влияющих на опустынивание, был взят июль 2000 и 2024 года (NASA..., earthobservatory.nasa.gov).

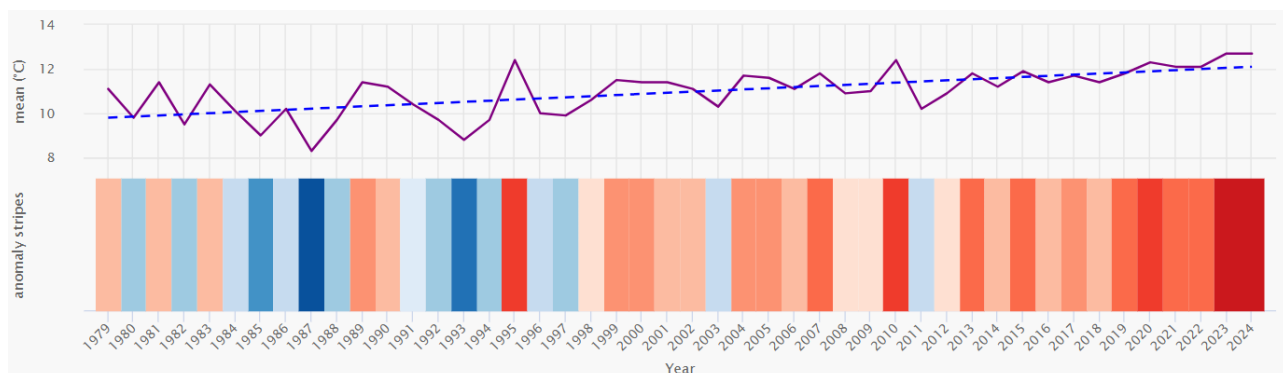


Рисунок 11 – Динамика температуры в республике Калмыкия 1979-2024г
(Изменение климата..., meteoblue.com)



Рисунок 12 – Космический снимок температуры поверхности земли в мире и
в Прикаспийском регионе в июле 2000 года (NASA...,
earthobservatory.nasa.gov)

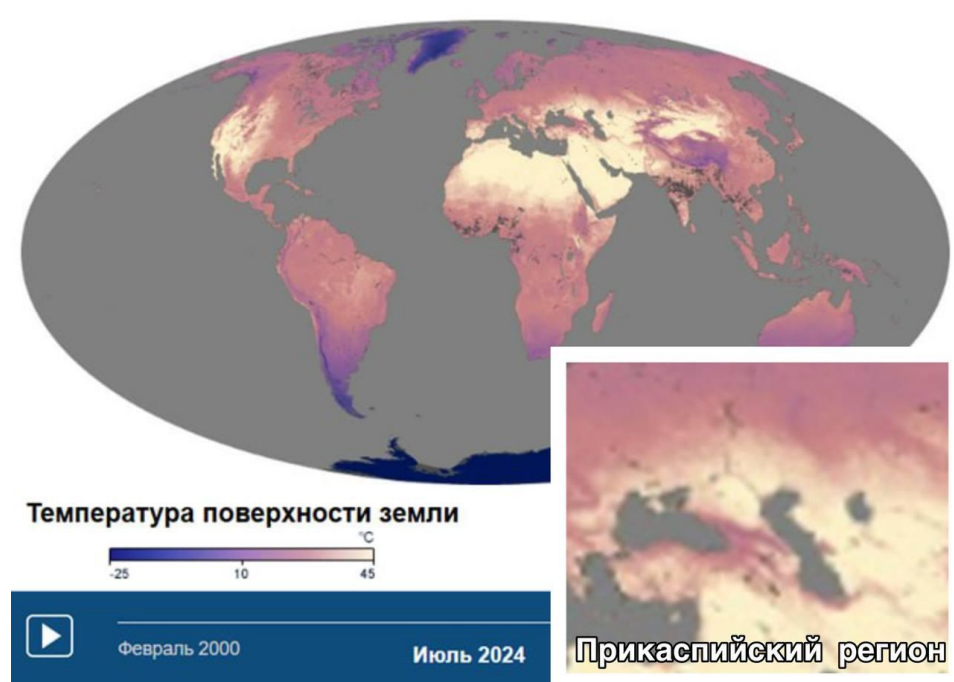


Рисунок 13 – Космический снимок температуры поверхности земли в мире и в Прикаспийском регионе в июле 2024 года (NASA..., earthobservatory.nasa.gov)

На рисунке 11 представлены среднегодовые данные о температуре атмосферного воздуха в Калмыкии за последние 45 лет. В нижней части графика показаны полосы потепления, которые показывают насколько теплым был год (синий-холодные года, красные – более теплые). Пунктирная линия тренда показывает изменения температуры за изучаемый период.

Анализируя представленные данные, можно сказать, что тенденция «холодных» годов пропадает в связи с глобальным потеплением в мире. После 1999 года температура только возрастает, за исключением 2003 и 2011 года. Линия тренда также указывает на увеличение температуры с каждым годом. Такая тенденция приводит к большему испарению влаги в регионе, что плохо сказывается на его растительности.

Анализируя рисунки 12 и 13, на которых температура колеблется от -25°C (глубокий синий) до $+45^{\circ}\text{C}$ (розовато-желтый), можно сказать, что повышение линии тренда температуры на рисунке 11 подтверждается с помощью космических снимков.

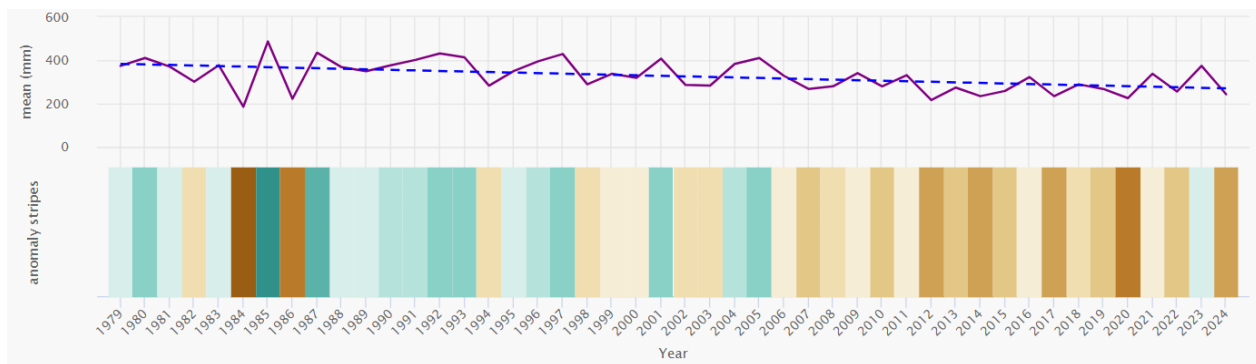


Рисунок 14 – Динамика осадков в республике Калмыкия 1979-2024гг (Изменение климата..., meteoblue.com)

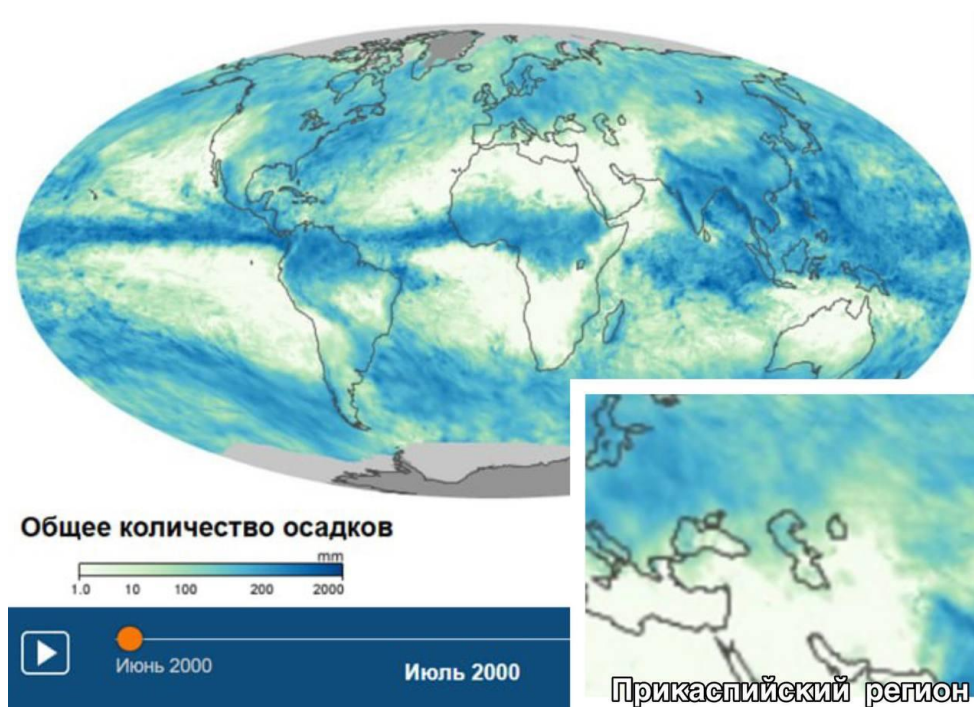


Рисунок 15 – Космический снимок общего количества осадка в мире и в Прикаспийском регионе в июле 2000 года (NASA..., earthobservatory.nasa.gov)

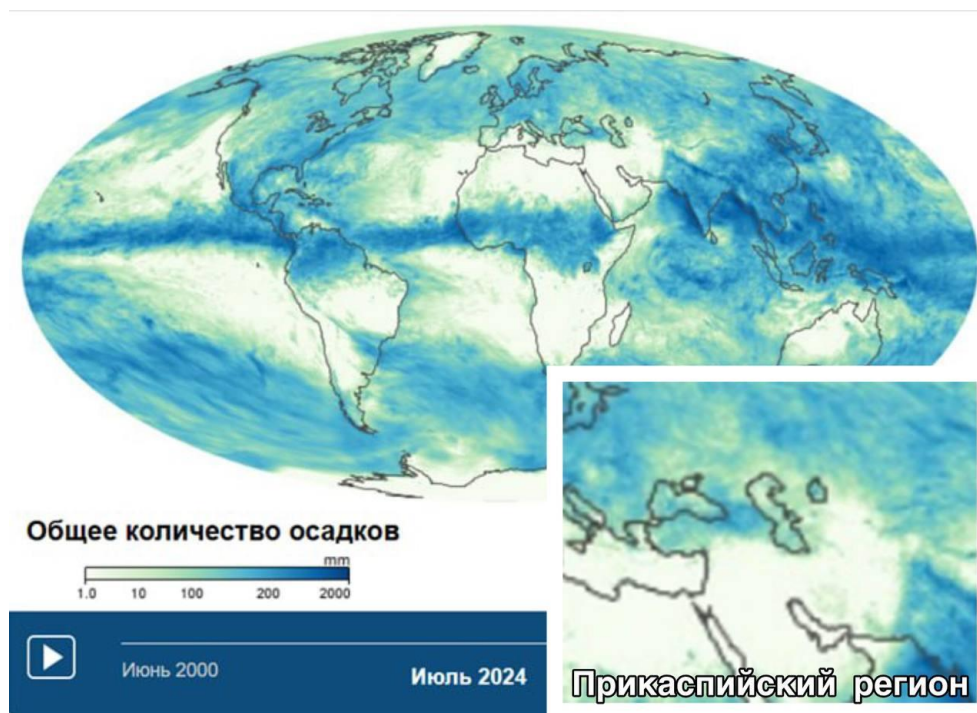


Рисунок 16 – Космический снимок общего количества осадков в мире и в Прикаспийском регионе в июле 2024 года (NASA..., earthobservatory.nasa.gov)

На рисунке 14 представлены среднегодовые данные о количестве осадков в Калмыкии за последние 45 лет. В нижней части графика показаны полосы осадков, которые характеризуют общее количество осадков за год (зеленая – более влажный год, коричневая – более сухой). Пунктирная линия тренда показывает изменения объема осадков за изучаемый период.

Оценивая данный график, можно сказать, что тенденция влажных годов уменьшается после 2006 года. Повышение температуры в 2000-х закономерно привело к снижению количества осадков, что неблагоприятно влияет на почву республики Калмыкия.

Анализируя рисунки 15 и 16, на которых большое количество осадков представлено темно-синим цветом, а небольшое количество осадков — белым, видно, что в районе Прикаспия за 24 года уменьшился объем осадков (появились более светлые участки территории на снимке), что подтверждает понижающуюся линию тренда на графике на рисунке 14.

В 2020 году, по сравнению с другими годами за последние 20 лет, наблюдается малое количество осадков и довольно высокая температура. Такие показатели повлияли на появление засухи, уменьшение растительности в регионе и на увеличение площади опустыненных земель (рис. 17).

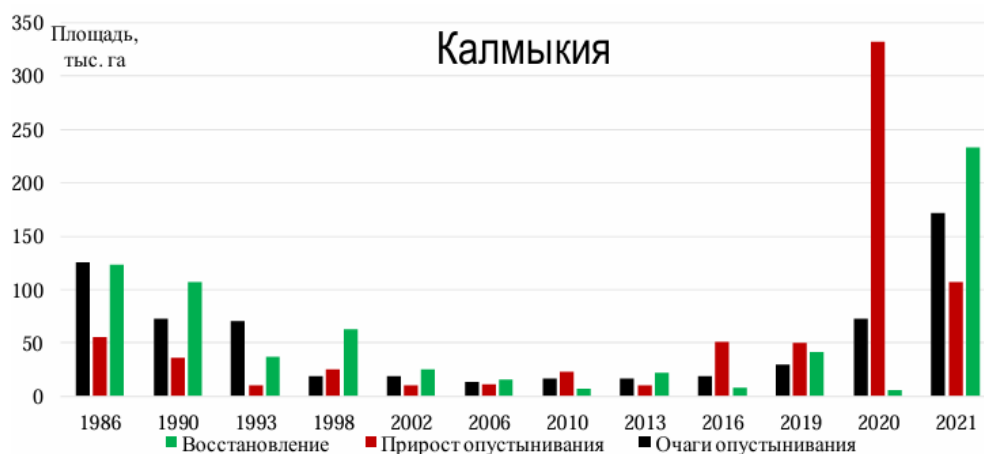


Рисунок 17 - Динамика площади республики Калмыкии без растительных покровов (Шинкаренко и др., 2021)

Также динамику площади растительного покрова можно видеть на рисунках 18 и 19. Зеленый цвет на снимках основан на нескольких факторах: количестве и типе растений, насколько они облиственные и насколько они здоровы. В местах, где листва густая и растения быстро растут, показатель высокий, представлен темно-зеленым цветом. Регионы, где произрастает мало растений, имеют низкий индекс вегетации, показанный в коричневом цвете. Сравнивая два снимка, видно значительное увеличение опустыненной площади в республике Калмыкия, что связано с разобранными ныне факторами (осадки и температура).

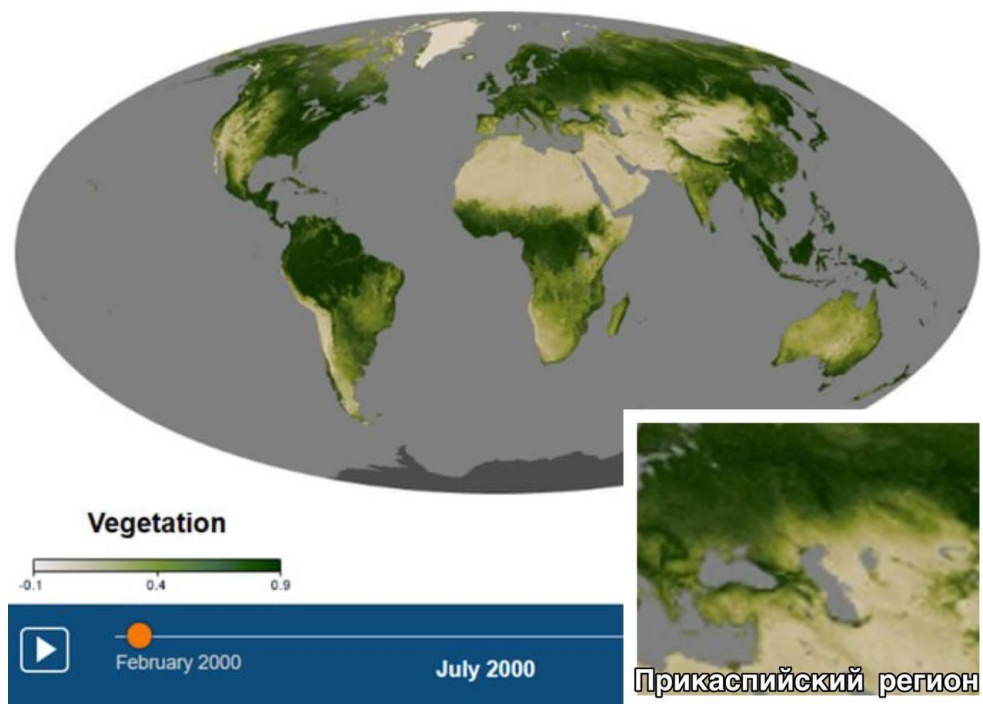


Рисунок 18 – Космический снимок распространения растительности в мире и в Прикаспийском регионе в июле 2000 года (NASA..., earthobservatory.nasa.gov)

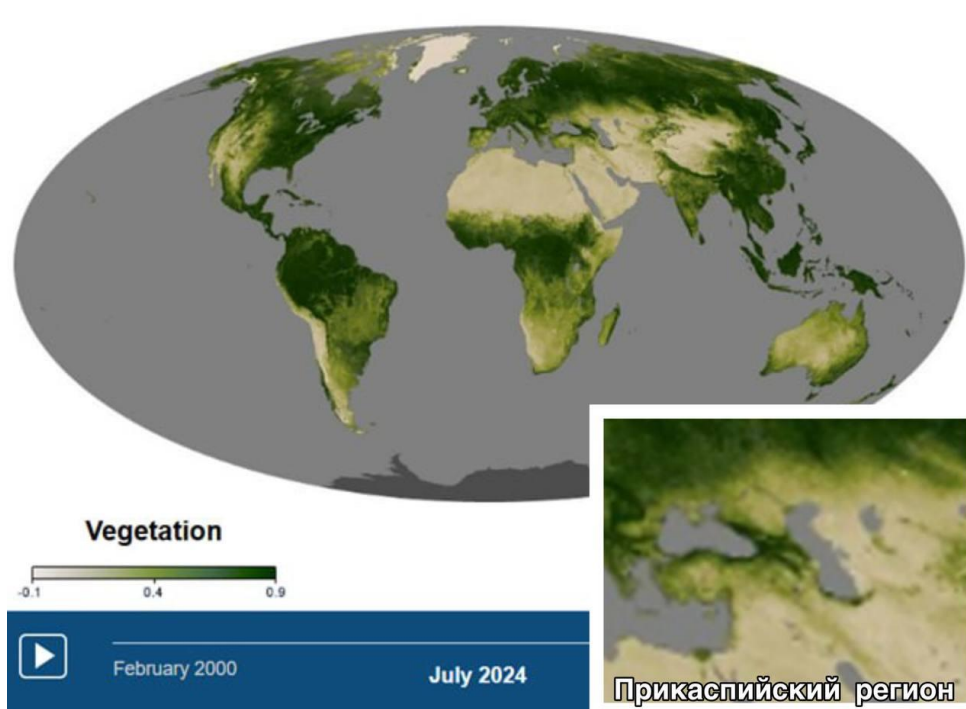


Рисунок 19 – Космический снимок распространения растительности в мире и в Прикаспийском регионе в июле 2024 года (NASA..., earthobservatory.nasa.gov)

Снимки спутника MODIS подтвердили статистические данные по температуре, осадкам и растительности в республике Калмыкия.

С каждым годом площадь опустыненных земель только возрастает, климат меняется и еще больше усугубляет экологическую проблему региона. Можно сделать вывод, что применяемые восстановительные работы имеют слишком маленькое воздействие на экосистему и не смогут привести к полному спасению почвы.

4.2.2 Мониторинг земель республики Калмыкии

Мониторинг за процессами опустынивания является важным условием для восстановления деградированных земель. Своевременно замеченные изменения в состоянии растительности, почвенного покрова, позволяют вовремя предпринять меры по восстановлению территории.

Дистанционный мониторинг опустыненных земель республики Калмыкия производился с помощью геоинформационных технологий и космоснимков спутников Landsat 5, 7, 8 в период с 1984 года по 2020 год (рис. 20).

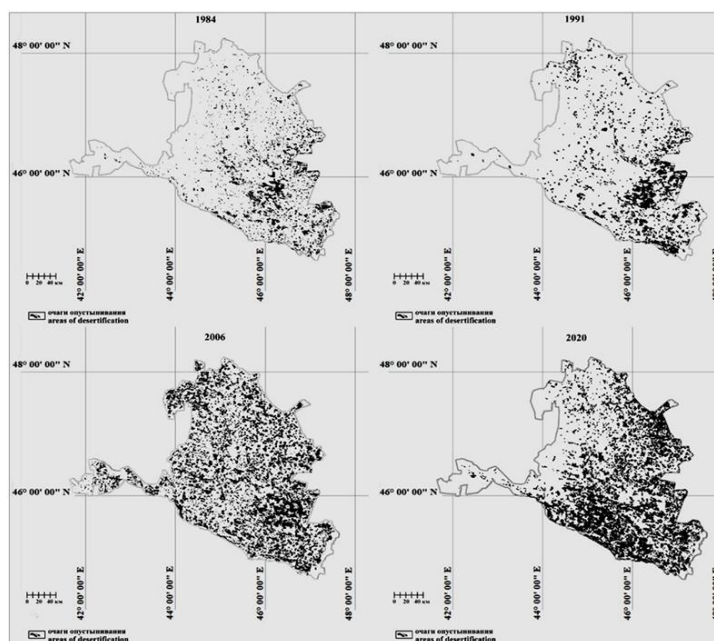


Рисунок 20– Карты расположения опустынивания в республике Калмыкия 1984-2020гг (Юферев и др., 2023)

С помощью дешифрирования участков опустынивания были получены карты расположения опустыненных территорий Калмыкии. Анализируя полученные карты, можно сказать, что площадь опустынивания увеличилась примерно в 4 раза за 44 года. Данная тенденция говорит о том, что уменьшается количество растительности в регионе, в следствии природных (климат) и антропогенных (перевыпас скота) факторов (Юферов и др., 2023).

Также, в последние годы увеличилось количество пыльных и песчаных бурь, которые неблагоприятно влияют на экосистему и здоровье человека. Такое явление можно увидеть на космических снимках различных спутников (рис. 21).

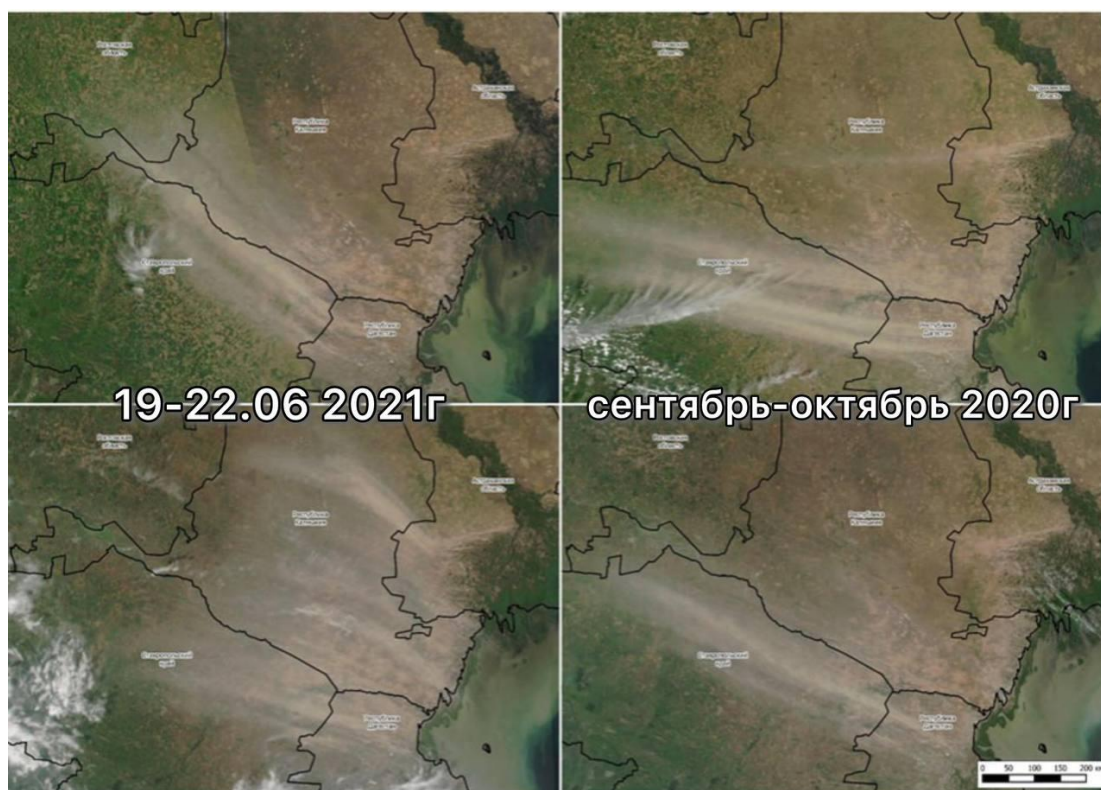


Рисунок 21 – Пыльные и песчаные бури в республике Калмыкия (Шинкаренко и др., 2021)

В результате сильных пыльных бурь разрушается плодородный слой почвы, что способствует уничтожению растительности и кормовой базы для скота, в следствии чего страдают все сферы сельского хозяйства в регионе.

Для предотвращения больших экологических и экономических потерь используют различные методы по борьбе с опустыниванием.

4.3 Методы борьбы с опустыниванием в республике Калмыкии

Изначально в республике Калмыкия использовался метод борьбы с опустыниванием – создание растительных преград. Для их возведения использовали волоснец гигантский. В дальнейшем, улучшая технологии, перешли на комплексное освоение открытых песков. В данной технологии восстанавливали опустыненные территории и улучшали деградированные с помощью посева многоярусной растительности (древесно-кустарничковой полосы). Данный метод делился на несколько этапов (Дедова и др., 2020).

В первый этап входила посадка поздней осенью или ранней весной джужгуна в барханные территории на глубину 60-70 см и шириной между рядами 12 м.

Второй этап заключается в формировании типичной для данной местности экосистемы. Производится посев прутняка распростертого, полыни белой, житняка сибирского и других многолетних трав, обеспечивающих большую продуктивность.

Для восстановления вторично засоленных почв при близком залегании грунтовых вод используется способ формирования пырейно-солодкового агрофитоценоза, который позволяет уменьшить содержание солей в пахотном горизонте и значительно снизить уровень грунтовых вод. Данный способ позволяет поддерживать проективное покрытие бобовых и злаковых на уровне 80-90% в течении 5 лет, что позволяет вернуть деградируемые земли в сельское хозяйство (Дедова и др., 2020).

Также, в Калмыкии используют гидромелиоративные методы восстановления территорий подвергнутых опустыниванию. Основой оросительной системы являются 5 обводнительно-оросительных систем: Черноземельская, Сарпинская, Право-Егорлыкская, Калмыцко-Астраханская рисовая и Каспий-

ская. В данных сооружениях находятся запасы пресной воды для орошения пастбищ и сельскохозяйственных угодий. Источником воды для Черноземельской системы является Чограйское водохранилище, которое находится на границе между Ставропольским краем и республикой Калмыкией. Наиболее распространенным способом орошения земли является дождевание (с помощью установок ДКШ-64 «Волжанка»). Нарушение норм полива и отсутствие гидроизоляции на дне канала обводнительно-оросительной системы привели к поднятию грунтовых вод, заболачиванию, подтоплению поселений, а также образованию солончаков с токсичными солями. Такая ситуация наблюдается в поселке Яшкуль. В 1990х годах на его территории установили дренажные системы, которые откачивают грунтовые воды и переводят их в трубопровод Яшкульского распределительного канала. На данный момент ситуация с подтоплением вновь обострилась, так как в канале не установили противофильтрационные одежды и это приводит к выходу из эксплуатации дренажных насосов (Дедова и др., 2020).

Глава 5 Методы борьбы с опустыниванием

5.1 Методы борьбы с опустыниванием

Основными факторами опустынивания являются недостаточное количество влаги в почве, ее засоление и ветровая эрозия (пыльные и песчаные бури). Дополнительное увлажнение, выведение токсичных элементов из почвы и укрепление ее против бурь приведут к стабилизации и восстановлению экосистемы.

Проблема опустынивания является глобальной, в связи с этим необходимо не только рекультивировать пострадавшие земли, но и вводить правовые нормы земледелия, скотоводства, создать специальные органы для надзора, проводить организационные мероприятия по ведению сельского хозяйства и адаптивных систем использования пастбищ.

Существуют три этапа рекультивации земель: подготовительный, технический и биологический (Голованова, 2009).

В подготовительный этап входят организационно-хозяйственные мероприятия, направленные на стабилизацию и нормализацию процессов земледелия и скотоводства. К ним относятся (Голованова, 2009):

- 1) Обновление системы сельскохозяйственных угодий. Перевод низкопродуктивных пашней в лугопастбищные и лесные угодья
- 2) Создание охраняемых территорий. Организация сети особо охраняемых территорий для изучения степного биоразнообразия, тестирования новых разработок и технологий природопользования
- 3) Внедрение адаптивных систем земледелия
- 4) Создание организационно-технологической системы использования пастбищ. Введение загонно-участковой системы выпаса, которая подразумевает под собой деление пастбища на несколько участков и поочередное стравливание скота, чтобы травянистый покров успевал восстанавливаться и не разрушался почвенный; регулирование продолжительности стравливания;

ограничение выпаса скота ранней весной для сохранения почвенного покрова; контроль времени одновременного выпаса разных видов скота

5) Восстановление традиционных пород скота и структуры стада. С введением нетипичных пород увеличивается уровень уничтожения растительности и почвенного покрова

6) Организация мониторинга и развития экологического контроля за использованием угодий

7) Окультуривание степных растений, владеющими наиболее полезными кормовыми качествами

8) Создание технологических машин для посева семян и сбора степных растений

9) Приведение в норму объема выпаса скота, в соответствии с оценкой продуктивности пастбища

В технический этап рекультивации входят инженерно-технические мероприятия, направленные на снижение и прекращение движения песков, создание устойчивых верхних горизонтов почвы и восстановление водно-воздушного и водно-солевого режимов земель. К данным работам относятся:

1) Создание растительных преград от развевания песков (рис. 22).

Для сдерживания пылевых бурь на пути переноса песков устраивают растительные преграды из особо устойчивых видов степной флоры. Данные сооружения ставятся на расстоянии 3-4 м друг от друга. Используются тростник, полынь, камыш и кустарничковые. Лучший эффект достигается с помощью древесно-кустарничковых полос (Голованова, 2009).



Рисунок 22 - Противопесчаные заграждения из тростника в Северной Сахаре, Тунис (Уразбаев, staff.ttiame.uz)

2) Стабилизация физико-химических свойств почвы.

Для восстановления уровня влаги в почве необходимо провести ряд мероприятий для снижения подвижности, рыхлости, уменьшения выщелачивания питательных веществ и удобрений, повышения сорбционной способности. Чтобы достичь этого в почву добавляют клеящие вещества, такие как коллоиды. Используют такие методы как: землевание (глинование), торфование, добавляют органические удобрения, создают сплошные и полосные прослойки из торфа или смеси глины, суглинка и песка на глубине 25-40 см, обработка почвы структурообразующими полимерными материалами.

3) Восстановление водно-солевого режима почв.

Для восстановления водно-солевого режима почв используют различные инженерные системы, такие как: природоохранные, мелиоративные, регулирования водных ресурсов, системы обводнения; также вносят различные мелиоранты, например гипс или известь, и промывают засоленные земли. При промывке важно не допустить вторичного засоления и заболачивания территории, чтобы это избежать необходимо дозировать объемы поливной воды, снижать фильтрационные потери из оросительных систем, проводить

промывки только на хорошо дренированных почвах, а также использовать лиманное орошение (одноразовое весеннее глубокое увлажнение почвы местными водами с использованием дамб, перемычек и тд). Оптимизировать управление стоком и регулирования водных ресурсов необходимо, используя бассейновый принцип, который подразумевает под собой управление водным объектом и всеми его связующими водохозяйственными системами (Голованова, 2009).

В биологический этап рекультивации входят мероприятия по восстановлению плодородного слоя почвы и растительности. Для того, чтобы на почве не развивались процессы опустынивания необходимо (Голованова, 2009):

1) Избавляться от несъеденных скотом трав, чередовать виды землепользования (пастбищное и сенокосное) и давать отдых пастбищам, очищать земли от сухостойников и засаживать более ценными культурами.

2) Проводить боронование почвы для удаления корок, улучшения водного и воздушного режима, удаления сорниковых растений на ранней стадии развития (рис. 23). Также вместе с этим процессом засаживаются кормовые растения, вносят органические и минеральные удобрения.



Рисунок 23 – Боронование почвы (Боронование..., 2024)

3) Посеять однолетние и многолетние кормовые культуры с использованием приёмов почвозащитного земледелия, таких как распашка поперек направления господствующих ветров, шахматных порядок пахотных и целинных территорий.

4) Использование самолетов для посева травянистых растений и кустарничков на труднодоступных бугристых территориях.

5) Создание полезащитных полос в целях снегонакопления от суховеев и от выдувания почвы. Используют засухоустойчивые деревья и кустарнички, такие как: вяз мелколистный, акация белая, гледичия, абрикос дикий, лох, шелковица белая, жимолость татарская, смородина золотистая и тамарикс.

6) Восстанавливать растительность путем подсева трав, рыхления, мульчирования (создание покровного слоя из органических и неорганических материалов), внесения структурообразователей (водорастворимые полимеры, поверхностно-активные вещества) с полным прекращением выпаса скота на момент преобразования пастбищ (Голованова, 2009).

Установка растительных преград зависит от рельефа песков и направления ветра. Так, на барханных песках при направлении ветров к боковой линии песков более 30° ширина насаждений составляет 100-150 м, при направлении менее 30° ширина составляет 100 м. На бугристых, равнинно-волнистых и грядовых песках ширина насаждений 30 м, а на участках со средневыраженным переносом частиц – 50 м (Голованова, 2009).

5.2 Мониторинг земель подверженных опустыниванию

Мониторинг земель - важная составляющая в проблеме опустынивания. Своевременное определение деградируемых участков обеспечивает возможность за короткое время оценить их состояние и динамику процессов опустынивания. Мониторинг осуществляется с помощью изучения космических снимков, которые являются источниками исходных данных площадей опустынивания, а также полевым методом.

Первые цветные снимки Земли были сделаны в 1972 году спутником, запущенным НАСА. Это было начало программы Landsat, которая на данный момент имеет большое количество спутников, снимающих в различных разрешениях. Также НАСА в 2000 году выпустил систему MODIS, снимающую Землю в 36 спектральных диапазонах (NASA..., earthobservatory.nasa.gov). Европейское Космическое Агентство запустил спутник дистанционного зондирования Земли семейства Sentinel, который делает снимки изменения окружающей среды и климата (European..., translated.turbopages.org).

В настоящее время активно развивается система съемок поверхности Земли различных типов из космоса, что дает возможность получения достоверной информации пространственного распределения и площадей участков опустынивания.

С помощью аэроснимков удастся увидеть динамику опустынивания на Земле. Методами дистанционного мониторинга являются (Малинников, 2008):

- 1) Сравнение спутниковых снимков. С помощью анализа изображений можно проследить динамику распространения опустынивания, изменений в объеме растительности, а также распределение водных ресурсов;

- 2) Использования индексов вегетации. Такой индекс, как NDVI, позволяет оценить увеличение или уменьшение растительности в определенном регионе.

Кроме использования дистанционного мониторинга, применяется еще полевой мониторинг, основанный на системе индикаторов опустынивания, предложенной в 1978 году. Индикаторами являются количественные и качественные показатели состояния окружающей среды, результаты которых могут быть контролируемыми (Васильченко, 2017).

Выделяется три группы индикаторов: физические, биологические и социальные. К физическим относятся: неблагоприятные климатические процессы (пыльные бури), изменение качества грунтовых вод и их залегания, степень развития эрозии, изменение стока паводковых вод, изменение мощ-

ности плодородного слоя земли и содержания в нем гумуса, степень засоление и осолонцевания почв, образование «корок» на поверхности почвы. Биологические индикаторы подразделяются на растительные и животные. К растительным относятся: соотношение местных и внедрившихся видов растений, густота растительного покрова, биологическая продуктивность, объем урожая, соотношение ксерофильных и мезофильных видов. К животным индикаторам относятся: поголовье домашнего скота, численность и структура популяций. К социальным индикаторам можно отнести системы землепользования (поливное, богарное, скотоводство, туризм и тд), структура расселения, биологические параметры расселения, параметры социальных процессов (Васильченко, 2017).

Все три группы индикаторов тесно взаимосвязаны друг с другом и нельзя, используя только один, утверждать, что почвы подвергнуты опустыниванию, так как эти факторы «работают» только вместе. Необходим комплексный подход в использовании данных индикаторов. Анализ процесса опустынивания должен основываться не только на параметрах, указывающих на состояние почвы, но и на параметрах, которые могут контролировать уровень риска и устойчивость экосистем к опустыниванию.

Полевой мониторинг основан на «живом» изучении местности, оценке составляющих экосистемы, оценке результатов проведения восстановительных работ по указанным выше параметрам.

Выводы

1) Ускорение темпов опустынивания - это комплексная работа природных и антропогенных факторов. Основными причинами являются циркуляция атмосферы, глобальное потепление, уменьшение количества осадков и водоисточников в совокупности с нерациональным землепользованием в виде перевыпаса скота и чрезмерной культивацией земель, они приводят к разрушению структуры почвы и дальнейшей ее деградации. Большую роль в опустынивании играет человек. Хозяйственная деятельность увеличивает пагубное воздействие на природные экосистемы.

2) Процессы опустынивания имеют глобальный характер и влияют на биосферу в целом и на все сферы жизнедеятельности человека. Количество засух на земле за последние 20 лет увеличилось на 29%. Общая площадь непригодных для сельского хозяйства земель в Море на 2024 год составляет 15 млн км² (41% всей суши на земле). Высокие темпы опустынивания привели к сильному истощению земельных ресурсов, уменьшению продовольствия, безработице, увеличению детской смертности, высокой заболеваемости и миграции. Опустынивание распространяется на всех континентах Земли. В большей степени этот процесс затрагивает: Юго-Западную и Центральную часть Северной Америки, Юго-Западную Европу, Центральную и Юго-Восточную Азию, Африку, Австралию, Южную и Восточную часть Южной Америки.

3) Установлено, что 83% площади республики Калмыкия подвержены процессам опустынивания. С каждым годом температура атмосферного воздуха в регионе увеличивается, количество осадков уменьшается, повышается частота пылевых и песчаных бурь, увеличивая заболеваемость населения. Данные природные факторы в совокупности с большим выпасом скота, культивацией земель и разработкой месторождений природных ископаемых нарушают процессы саморегуляции экосистемы и приводят к деградации пастбищ. По данным со спутниковых снимков, за 44 года площадь опусты-

ненных земель в Калмыкии увеличилась в 4 раза. Хорошими результатами среди методов по борьбе с опустыниванием, в республике характеризуется высадка «преград» из джужгуна. Гидромелиоративные методы восстановления опустыненных территорий плохо развиты в регионе и приводят к вторичному засолению почвы и заболачиванию поселений.

4) На основе анализа данных ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли) установлено, что темпы опустынивания в Мире продолжают увеличиваться. Причинами этого процесса являются высокая антропогенная нагрузка на сельскохозяйственные угодья, пастбища, глобальное потепление климата и не комплексность методов борьбы с опустыниванием.

5) Основными методами борьбы с опустыниванием являются лесовосстановление, восстановление почвы и управление выпасом скотом. Создание защитных полос из деревьев и кустарничков помогают восстановить микроклимат территории и сдерживать наступающие пески. Для восстановления почвы применяют структурообразующие вещества (полимеры), способствующие удержанию влаги, а также гипс или известь для уменьшения выщелачивания питательных веществ и повышения плодородия почвы. Управление выпасом скота позволяет избежать разрушения структуры почвы и растительного покрова. Загонно-участковая система выпаса скота способствует своевременному восстановлению флоры.

Список использованных источников

- 1) Адилова О.А. Исмаев М., Маматкулова Ф. Природные и антропогенные факторы, способствующие опустыниванию// Проблемы географии и географического образования. Материалы республиканской научно-практической конференции. - Джизак, 2018, -В.33-35.
- 2) Аладин Н. В. Современные проблемы и возможное будущее Аральского моря /Н.В. Аладин [и др.] // «Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета». — 2017. — Вып. 48.
- 3) Альбедро: географический словарь. URL: <https://ecosystema.ru/07referats/slovgeo/019.htm> (дата обращения: 09.06.2025).
- 4) Бабаев А.Е. Историко-географический анализ динамики пустынных экосистем // Проблемы освоения пустынь. - 1989. - № 5. - С. 18-25.
- 5) Бакинова Т.И. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Калмыкии как основа устойчивого развития сельского хозяйства / Т.И. Бакинова, Н.Ц. Павлова, Е.А. Джиргалова // сельское хозяйство и экосистемы в современном мире: региональные и межстрановые исследования. - т. 2. - № 2. - с. 47-51.
- 6) Батомункуев В.С. Оценка влияния процессов опустынивания на уровень жизни населения Аймака Орхон / Батомункуев В.С., Санжеев Э.Д., Жамьянов Д. Ц.-Д. [и др.] // Фундаментальные исследования. Экономические науки. — Улан-Удэ, 2014. - №9. - С. 1047-1051.
- 7) Бережной И. Причины образования пустынь / И. Бережной. — Текст: электронный // osnmedia.ru: [сайт]. — 2025. - URL: <https://www.osnmedia.ru/interesnoe/kak-obrazovalis-pustyni/> (дата обращения: 11.06.2025).
- 8) Борликов Г.М., Бананова В.А. Динамика опустынивания засушливых земель Прикаспийского региона // Социально-экономические преобразования в Прикаспийском регионе... — Элиста: АПП «Джангар», 2002. — 256с.

9) Боронование почвы: значение, виды, необходимая техника. – Текст: электронный // agrogo.ru [сайт]. – 2024. – URL: <https://agrogo.ru/news/item/boronovanie-pochvy-v-sovremennom-selskom-hozyajstve> (дата обращения: 11.06.2025).

10) Васильченко А.В. Почвенно-экологический мониторинг: учеб. Пособие/А.В, Васильченко; Оренбургский гос. Ун-т. – Оренбург: изд-во ОГУ, 2017.– 281 с.

11) География Калмыкия. - Текст: электронный // [ru.wikipedia.org](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%) [сайт]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%> (дата обращения: 04.06.2025).

12) Дедова Э.Б., Гольдварг Г.Б., Цаган-Манджиев Н.Л. Деграация земель республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Арид-ные экосистемы. – Элиста, 2020. – Т. 26. - № 2 (83). - С. 63-71.

13) Динамика опустынивания Аральского моря. - URL: https://yandex.ru/images/search?From=tabbar&img_url (дата обращения: 08.06.2025).

14) Дорошенко В.В. Развитие опустынивания на юге России / В.В. Дорошенко // Электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ «Грани познания». – Текст: электронный // grani.vspu.ru [сайт]. – Волгоград, 2023. - № 1(84). – С. 53-58.

15) Загрязнение почвы: экологическая угроза и способы решения проблемы. – Текст: электронный // science.mail.ru [сайт]. – 2025. - URL: <https://science.mail.ru/articles/1860-zagryaznenie-pochvy-ekologicheskaya-ugroza-i-sposoby-resheniya-problemy/> (дата обращения: 14.06.2025).

16) Залибеков З.Г. Новикова Н.М. Научные и прикладные основы планетарной стратегии борьбы с опустыниванием // «Аридные экосистемы» и современные состояние аридных земель мира // Институт геологии ДНЦ РАН, Институт водных проблем РАН. – Махачкала-Волгоград. 2016.

- 17) Золотокрылин А.Н. Географические аспекты опустынивания // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические аспекты. – М., 2000. – С. 97-106.
- 18) Зонн И.С., Орловский Н.С. Опустынивание: стратегия борьбы / Под ред. Чл.-корр. АН СССР А. Г. Бабаева. – Ашхабад: Ылым, 1984 – С. 320.
- 19) Изменения климата Калмыкии. – Текст: электронный // meteoblue.com: [сайт]. - URL: <https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/%D0%9A%D> (дата обращения: 13.06.2025).
- 20) Конвенция по борьбе с опустыниванием в странах, которые испытывают серьезную засуху или опустынивание, особенно в Африке. 1994г.
- 21) Космические снимки Landsat 7, 8, 9: сайт. - URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения: 01.06.2025).
- 22) Ку-лик К.Н., Петров В.И., Юферов В.Г. [и др.] Геоинформационный анализ опустынивания северо-западного Прикаспия // Аридные экосистемы. - 2020. - Т. 26. - № 2(83). - С. 16–24.
- 23) Логинов В.Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия/ под ред. В.Ф. Логинов. – М. 2003. – 330 с.
- 24) Малинников В.А. Мониторинг природной среды аэрокосмическими средствами: учебное пособие для студентов вузов / Малинников В.А. [и др.]. – М.: Изд. Миигаик. 2008 г. - 145 с.
- 25) Опустынивание земель в России: истоки проблемы. – Текст: электронный // vfanc.ru: [сайт]. - 2021. - URL: <https://vfanc.ru/opustynivanie-zemel-v-rossii-istoki-problemy/?Ysclid=mbty44yl6404258648>. (дата обращения: 13.06.2025).
- 26) Оценка экосистем на пороге тысячелетия: доклад / З. Адиль, У. Сафрийель, Д. Ньемейер, Р. Уайт // Экосистемы и благосостояние человека: деловые круги и промышленность — возможности и проблемы // Институт мировых ресурсов. - Вашингтон, 2005. – С. 36.

27) Пассат! Почему парусники в Америку плыли через юг, а возвращались через север? - URL: <https://isla-de-muerta.com/post/11841037-content> (дата обращения: 09.06.2025).

28) Пустыни / Бабаев А.Г., Зонн И.С., Дроздов Н.Н. [и др.] - М.: издательство Мысль, 1986.

29) Рекультивация нарушенных земель / под ред. А.И. Голованова.- М.: колосс, 2009.- С. 325.

30) Республика Калмыкия: флора и фауна республики Калмыкия: сайт. - URL: <http://bg-znanie.ru/article.php?Nid=13276> (дата обращения: 06.06.2025).

31) Семенова Н. Проблема опустынивания земель в США в XX- XXI веках: доклад // Амурский Государственный Университет. – Благовещенск.

32) Уланова С.С. Водные ресурсы республики Калмыкия: современное состояние и использование/ С.С. Уланова // экосистемы: экология и динамика. – Элиста, 2023. – т. 7. - № 3. - с. 29-58

33) Уразбаев И.К. Причины опустынивания и их воздействия: презентация // НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства» // staff.ttiame.uz [сайт]. - URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?Tm=1750550723&tld=ru&lang=ru&name> (дата обращения: 13.06.2025).

34) Форум КБООН. - Эр-Рияд, декабрь 2024.

35) Харин Н.Г., Орловский Н.С., Когай Н.А., Мукулбекова Г.Б. Современное состояние и прогноз опустынивания в аридной зоне СССР // Проблемы освоения пустынь. -1986. - №5. - С. 55-58.

36) Хитров Н.Б. Карта засоленных почв и перспективы устойчивого управления засоленными и солонцовыми почвами в России: презентация // Почвенный институт имени В.В. Докучаева. - М. - URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?Tm=1750511722&tld=ru&lang=ru&name=Khitrov.pdf&text> (дата обращения: 14.06.2025).

37) Шеин Е.В. Мелиорация почв: учебное пособие / факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. - URL: <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/soil-reclamation-M-2.pdf?ysclid=mc81p3wlal986983534> (дата обращения: 14.06.2025).

38) Шинкаренко С.С., Барталев С.А. Мониторинг процессов опустынивания в северо-западном Прикаспии: презентация // Институт космических исследований РАН Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук // vfanc.ru: [сайт]. – М., 2021. - URL: <https://vfanc.ru/?Ysclid=mc6wz9hvg9821181860> (дата обращения: 13.06.2025).

39) Щерба Т.Э. Проявления опустынивания в почвах и их диагностика: дис....кан. Биол. Наук: 03.02.13 / Щерба Тахир Эдуардович; науч. Рук. Г.С. Куст; Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова. – М., 2016. – С. 147.

40) Юферев В.Г. Дистанционный мониторинг опустынивания территории Калмыкии / В.Г. Юферев, В.А. Силова, Н.А. Ткаченко // Аридные экосистемы. – Волгоград, 2023. - Т. 29. - № 1(94). - С. 46-52.

41) European Space Agency: официальный сайт. - URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.370a73a2-6856b8b7-b360bc69-74722d776562/https/www.esa.int/ (дата обращения: 07.06.2025).

42) Living in China's Expanding Deserts // The New York Times. – 2016.

43) NASA earth observatory: официальный сайт. - URL: <https://earthobservatory.nasa.gov/> (дата обращения: 06.06.2025).

44) Uche T. Okpara, Lindsay C. Stringer, Andrew J. Dougill. Lake drying and livelihood dynamics in Lake Chad: Unravelling the mechanisms, contexts and responses // Ambio. — 2016 — Т. 45, вып. 7. — С. 781–795.

