



2

---

## **Как изменения климата влияют на природу и человека**

Можно ли адаптироваться к их  
неизбежным последствиям?

# 2

## Как изменения климата влияют на природу и человека

Можно ли адаптироваться к их неизбежным последствиям?

В природе всё взаимосвязано. Даже небольшое изменение одного компонента приводит к изменениям многих других. Вот почему по мере роста температуры на планете мы можем наблюдать и другие, связанные с этим, изменения. Повышается уровень Мирового океана, тают ледники и многолетняя мерзлота, растёт год от года число и мощность экстремальных погодных явлений, таких как волны жары, ураганы, ливни, наводнения, засухи. Появляются новые опасные инфекционные заболевания и новые вредители там, где их никогда раньше не было. Эти и другие последствия изменения климата опасны для растений и животных, которые не способны быстро адаптироваться к столь резким переменам. Они также приносят огромный экономический ущерб, угрожают здоровью и даже жизни людей.



Недавние выводы МГЭИК – самой авторитетной в мире группы учёных-климатологов и специалистов в сфере социологии и политологии – показывают, что продолжающееся изменение климата может привести к ещё более опасным последствиям для людей и для природы в будущем. Учёные пришли к выводу, что с увеличением температуры планеты на каждую десятую часть градуса, изменения усиливаются, а риски возрастают (Рис. 2.1). Именно поэтому генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш назвал Шестой оценочный доклад (ОД6) МГЭИК «сигналом тревоги для человечества». Но с другой стороны, сдерживание роста глобальной температуры на каждую десятую часть градуса может иметь решающее значение для ограничения масштабов будущего ущерба.

Увеличение рисков, связанных с повышением температуры, показано на Рис. 2.2, из которого видно, что даже ограничение повышения глобальной температуры до 1,5 °C не является безопасным для всех. Например, при таком уровне потепления, 950 миллионов человек в засушливых районах всего мира столкнутся с дефицитом воды, тепловым стрессом и опустыниванием, в то время как доля населения мира, подверженного наводнениям, возрастёт на 24 %.

# ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

# Последствия для природы и человека к концу XXI века, если человечество не сделает всё возможное, чтобы сократить выбросы парниковых газов

Рис. 2.1



16 °C  
15 °C  
14 °C  
13 °C  
12 °C  
11 °C  
10 °C  
+9 °C  
+8 °C  
+7 °C  
+6 °C  
+5 °C  
+4 °C  
+3 °C  
+2 °C  
+1 °C

### СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

- Более жаркая зима, таяние вечной мерзлоты, увеличение количества осадков.
- Сокращение продолжительности вегетационного периода.
- Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.
- Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

### Побуждающие последствия для человека

Очень жаркое лето, засуха, опустошение сельскохозяйственных районов и городов.

Сокращение площади земель, пригодных для сельского хозяйства, что приведет к снижению урожайности и снижению доходов фермеров.

В XXI веке ожидается увеличение миграции населения из сельскохозяйственных регионов Европы и на Британские острова.

### Побуждающие последствия для человека

Снижение урожайности сельскохозяйственных культур, особенно в южных регионах.

Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.

Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

### Побуждающие последствия для человека

Сокращение площади земель, пригодных для сельского хозяйства, что приведет к снижению урожайности и снижению доходов фермеров.

Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.

Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

### Побуждающие последствия для человека

Сокращение площади земель, пригодных для сельского хозяйства, что приведет к снижению урожайности и снижению доходов фермеров.

Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.

Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

### Побуждающие последствия для человека

Сокращение площади земель, пригодных для сельского хозяйства, что приведет к снижению урожайности и снижению доходов фермеров.

Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.

Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

### Побуждающие последствия для человека

Сокращение площади земель, пригодных для сельского хозяйства, что приведет к снижению урожайности и снижению доходов фермеров.

Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.

Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

### Побуждающие последствия для человека

Сокращение площади земель, пригодных для сельского хозяйства, что приведет к снижению урожайности и снижению доходов фермеров.

Увеличение количества осадков, что приведет к наводнениям и оползням.

Угрозы для продовольственной безопасности, особенно в сельскохозяйственных регионах.

## Климатическая шкатулка



Рис. 2.2

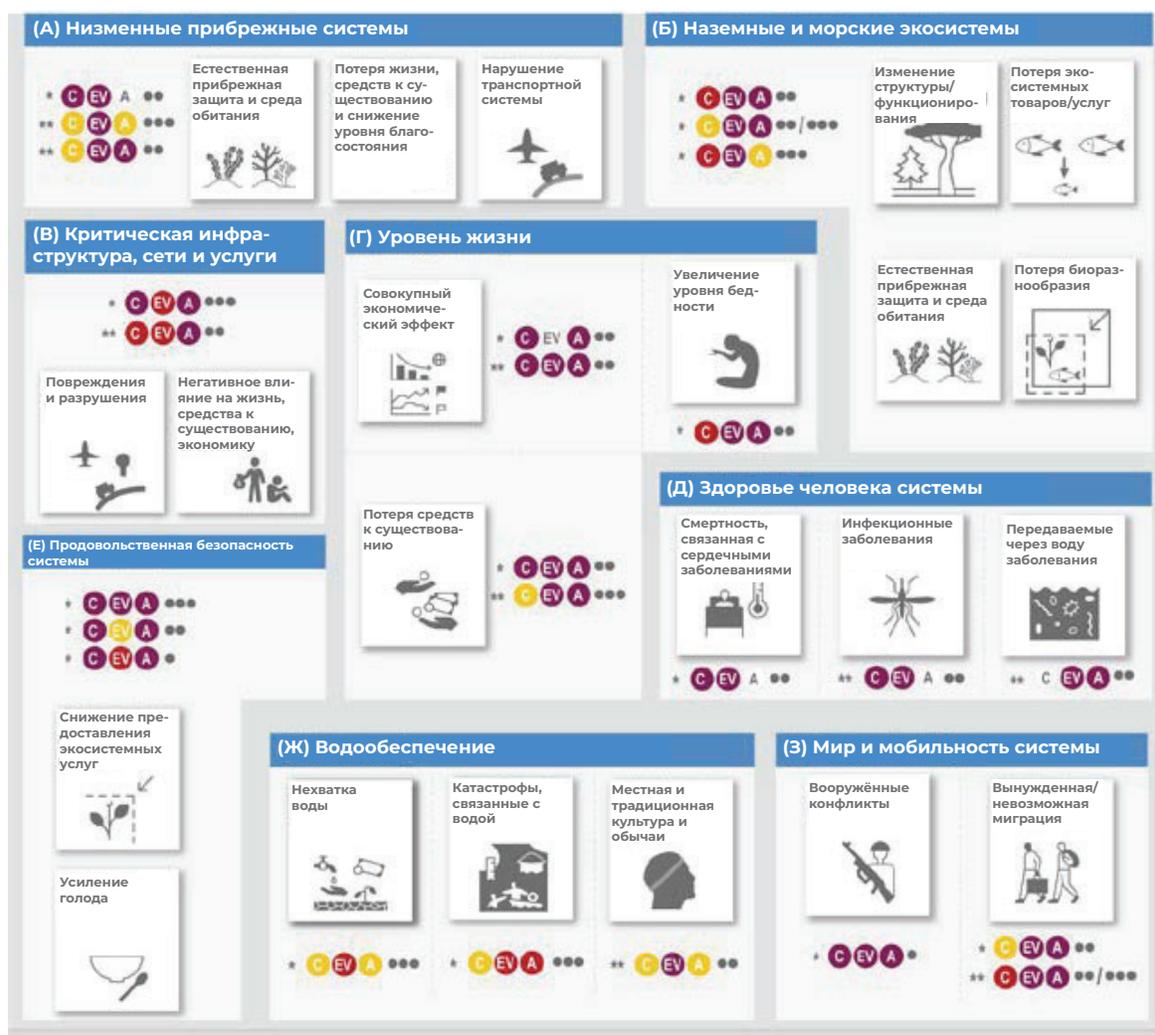
Сравнение рисков для человека и экосистем при различных уровнях повышения глобальной температуры.

	1,5 °C	2 °C	3 °C	1,5 °C -2 °C	1,5 °C -3 °C
<b>УТРАТА БИОРАЗНООБРАЗИЯ</b> Максимальный процент видов, находящихся под высоким риском исчезновения на суше	14 %	18 %	29 %	1,3x СИЛЬНЕЕ	2,1x СИЛЬНЕЕ
<b>ЗАСУХА</b> Население засушливых земель, которое столкнётся с дефицитом воды, тепловым стрессом и опустыниванием	95 млрд	1,15 млрд	1,29 млрд	НА 200 МЛН ЧЕЛОВЕК БОЛЬШЕ	НА 340 МЛН ЧЕЛОВЕК БОЛЬШЕ
<b>ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</b> Затраты на адаптацию и снижение ущерба для основных сельскохозяйственных культур	\$ 63 МЛРД ДОЛЛ США	\$ 80 МЛРД ДОЛЛ США	\$ 128 МЛРД ДОЛЛ США	НА \$ 17 МЛРД ДОЛЛ США БОЛЬШЕ	НА \$ 65 МЛРД ДОЛЛ США БОЛЬШЕ
<b>ПОЖАРЫ</b> Увеличение площади пожаров в европейском Средиземноморье	40 – 54 %	62 – 87 %	96 – 187 %	1,6x СИЛЬНЕЕ	3x СИЛЬНЕЕ
<b>ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЖАРА</b> Увеличение числа дней в году с максимальной температурой выше 35 °C	45 – 58	52 – 68	66 – 87	1,2x СИЛЬНЕЕ	1,5x СИЛЬНЕЕ
<b>ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ЖАРА</b> Увеличение ежегодного количества волн тепла в Южной Африке	2-4 РАЗ(А)	4-8 РАЗ(А)	8-12 РАЗ(А)	2x СИЛЬНЕЕ	3,3x СИЛЬНЕЕ
<b>ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ МОРЯ</b> Подъём среднего уровня мирового океана к 2100 году	0,28 – 0,55 млн	0,33 – 0,61 млн	0,44 – 0,76 млн	1,1x СИЛЬНЕЕ	1,4x СИЛЬНЕЕ
<b>НАВОДНЕНИЯ</b> Рост доли населения, подверженного рискам наводнений	24 %	30 %	НЕТ ДАННЫХ	1,3x СИЛЬНЕЕ	НЕТ ДАННЫХ
<b>КОРАЛЛОВЫЕ РИФЫ</b> Дальнейшее сокращение коралловых рифов	70 – 90 %	99 %	НЕТ ДАННЫХ	1,2x СИЛЬНЕЕ	НЕТ ДАННЫХ

Сегодняшнее изменение климата может действительно привести к снижению производительности сельского хозяйства, ограничению доступности пресной воды, увеличению суровости засух, волн тепла, тропических циклонов и изменить прибрежные регионы со скоростью и масштабом, которые могут вызвать дестабилизирующие процессы в обществе. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) установила, что четыре ключевых показателя изменения климата – концентрация парниковых газов, повышение уровня моря, нагревание и окисление океана – установили новые рекорды в 2021 году. Это ещё один явный признак того, что деятельность человека вызывает изменения планетарного масштаба на суше, в океане и в атмосфере, что приведёт к драматическим и долгосрочным последствиям. Если мы не сделаем всё возможное для сокращения выбросов парниковых газов, негативное воздействие изменения климата на окружающую среду и человека вполне может стать необратимым к концу XXI века (Рис. 2.3).

Рис. 2.3

Ключевые риски для природных систем и человека, связанные с изменением климата, к концу столетия.



Тип и уровень риска к концу XXI века

(С) Рост температуры

- высокий
- средний
- низкий

(EV) Подверженность и уязвимость

- высокая
- средняя
- низкая

(А) Адаптация

- высокая
- средняя
- низкая

○ Не полностью оценено

Сфера охвата:

\* Широкая  
Риски экстремальные и повсеместные/глобальные

\*\* Специфическая  
Риски применимы к отдельным регионам, секторам или группам людей

Вероятность

●●● высокая  
●● средняя  
● низкая

Опыт показывает, что изучение устойчивости прошлых популяций к климатическим изменениям и аномалиям может дать ценную информацию о тех решениях, которые помогут справиться с изменением климата сегодня и в будущем. Чтобы уменьшить ущерб, причинённый изменением климата, человечество должно принять соответствующие меры – повысить устойчивость к неизбежным последствиям изменения климата. Данные о наблюдаемых воздействиях и прогнозируемых рисках показывают, что меры по обеспечению устойчивости к изменению климата во всем мире на сегодняшний день являются более актуальными, чем предполагали учёные. Осуществимые и эффективные меры адаптации представлены для каждой из рассмотренных в этой главе тем. Они включают такие меры как учет влияния и рисков изменения климата при проектировании и планировании городских и сельских поселений и инфраструктуры. Они также включают меры, которые могут помочь защитить биоразнообразие и экосистемы, учитывая угрозы, которые изменение климата для них представляет, и их роль в адаптации и смягчении последствий изменения климата (Рис. 2.4).

Мы все уже ощущаем последствия изменения климата – они уже затронули наиболее бедные и уязвимые сообщества. В последнем отчёте МГЭИК учёные выяснили, что сегодня от 3,3 до 3,6 млрд человек живут в странах, которые очень уязвимы к климатическим воздействиям, в основном в Арктике, Центральной и Южной Америке, малых островных государствах, Южной Азии и на большей части Африки южнее Сахары. Последствия изменения климата усугубляют существующие конфликты, неравенство и проблемы развития (например, бедность и ограниченный доступ к основным услугам, таким как чистая вода) во многих странах этих регионов и ограничивают способность сообществ адаптироваться к изменениям климата. Например, в период с 2010 по 2020 годы смертность от ураганов, наводнений и засух была в 15 раз выше в странах с высокой уязвимостью к изменению климата, чем в странах с очень низкой уязвимостью.

В этом разделе рассматривается влияние изменения климата на различные регионы, общества и экономическую деятельность, а также предлагаются примеры действий по адаптации к изменению климата, которые помогают смягчить некоторые неизбежные негативные климатические воздействия и подготовиться к ним.



## Опасные явления, риски, воздействия, устойчивость и адаптация

Сегодня Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) использует термин **«устойчивость»** для обозначения способности общественных и природных систем «справляться с опасным событием, тенденцией или воздействием, реагируя или реорганизуясь таким образом, чтобы сохранять свои основные функции, идентичность и состав».

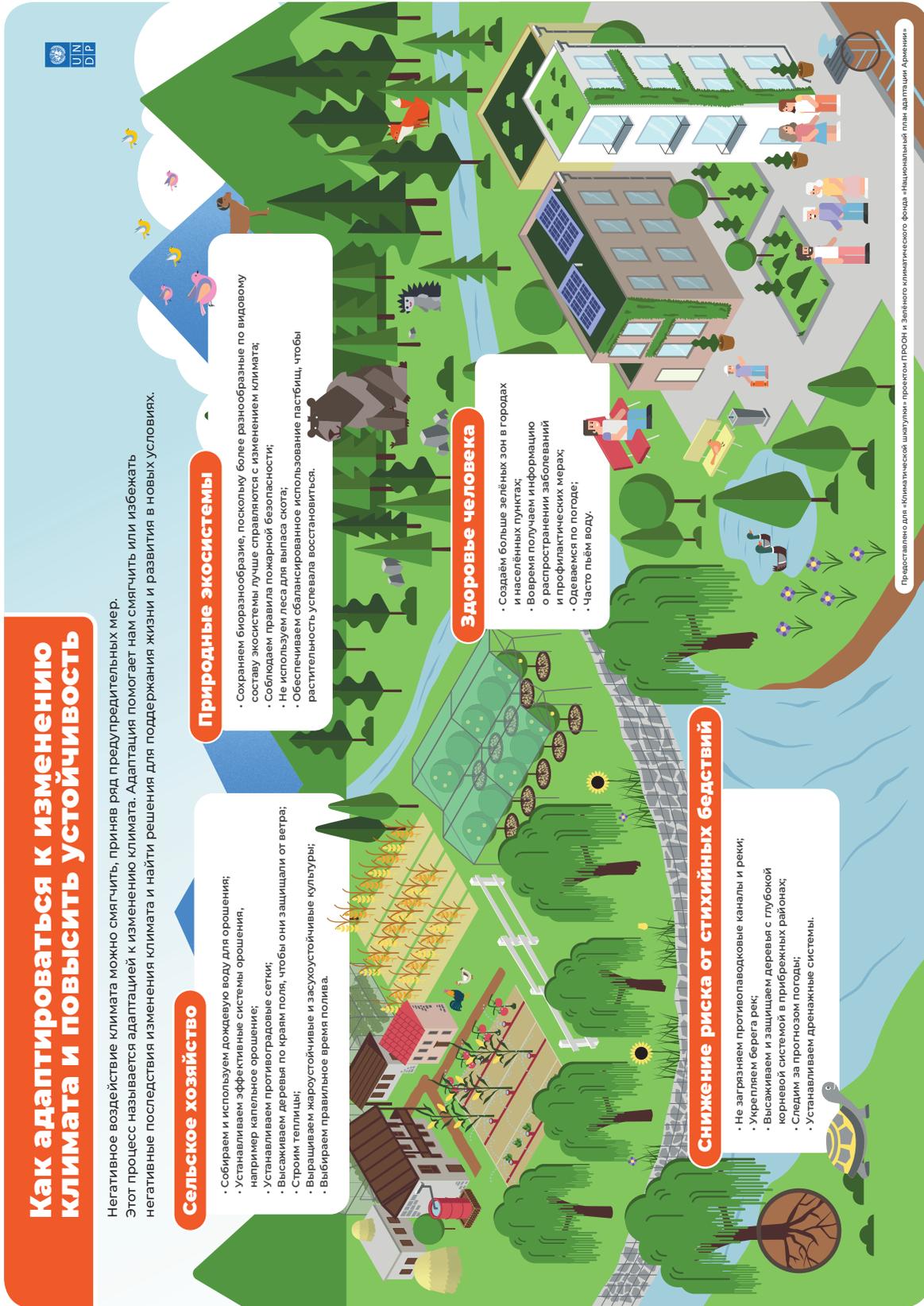
Таким образом, оно включает в себя **адаптацию**, которую МГЭИК определяет как процесс приспособления к фактическому или ожидаемому состоянию климата и его последствиям с целью смягчения вреда или использования благоприятных возможностей. Например, меры по адаптации могут включать строительство зданий, более устойчивых к экстремальным погодным явлениям, строительство плотин для борьбы с наводнениями, выведение новых, устойчивых к засухе сортов сельскохозяйственных культур и т. д.

МГЭИК также широко использует концепцию **рисков** в отношении потенциальных неблагоприятных последствий изменения климата для человека или экосистем, признавая разнообразие ценностей таких систем. В контексте изменения климата риски могут возникнуть в результате воздействий изменения климата, а также реакции человека на эти воздействия.

Последствия от возникающих рисков изменения климата для природных и антропогенных систем называются **воздействиями**. Воздействия могут быть на жизнь, здоровье и благополучие людей, экосистемы, социальные и культурные достояния, различные виды экономической деятельности (включая экосистемные услуги) и инфраструктуру.

**Опасные явления** определяются как негативное воздействие природного или антропогенного характера, которое может привести к гибели людей, травмам или другим последствиям для здоровья, а также к ущербу для имущества или его утрате, к потере средств к существованию, нарушению предоставления услуг, разрушению инфраструктуры, экосистем и природных ресурсов.





# 2.1

## Как изменения климата влияют на погоду

В течение последних 50 лет учёные отмечают, что погода во всем мире стала гораздо более экстремальной. В новостях то и дело сообщают об очередном стихийном бедствии: разрушительный ураган на Филиппинах, небывалая засуха в Австралии, сильнейшее наводнение в Европе, аномальные лесные пожары из-за продолжительной жары и засухи в Канаде, Греции и на Гавайях. В Александрии, в Египте, впервые за 130 лет выпал снег... Каждый день температура бьёт всё новые рекорды: чрезвычайно жаркое лето, «плюсовая» температура зимой, на смену которой приходят двадцатиградусные морозы...

Все эти «капризы» погоды по-научному называются погодные аномалии. Например, необычный холод в летний период или небывалые оттепели зимой – наиболее распространённые в Центральной России погодные аномалии (Рис. 2.1.1.).

Когда погодные аномалии становятся опасными для здоровья, жизни и хозяйственной деятельности людей – это опасные погодные явления.

**Погодные аномалии** – это нарушение «привычной» погоды для данного сезона, месяца или дня, где под «привычным» понимают среднее состояние погоды в этом регионе за какой-либо период в прошлом, чаще всего за 1961–1990-е годы.

**Опасные погодные (гидрометеорологические) явления** – это природные процессы и явления, связанные с погодными условиями, которые возникают в атмосфере, водах суши или океане, и воздействие которых может привести к гибели людей, животных, растений, а также нанести серьёзный ущерб экономике.

К опасным погодным явлениям относятся: продолжительная жара или сильный холод, очень сильный ветер, ураган, тропический шторм (тайфун), пыльная (песчаная) буря, сильный ливень, обильный снегопад, смерч или торнадо, наводнение, засуха, снежная лавина, сель и многие другие.

**Обратите внимание: землетрясения, извержения вулканов и цунами не зависят от климата и погоды, и к опасным ПОГОДНЫМ явлениям они не относятся!**

**Рис. 2.1.1** Декабрьский дождь в Москве теперь нередкое явление.



## Сильные песчаные и пыльные бури на Ближнем Востоке в 2022 году

Сильные песчаные и пыльные бури определяются как бури, вызванные сильными ветрами над участками засушливой почвы, которые поднимают большое количество грунтового материала в атмосферу. По данным Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием, ежегодно в атмосферу попадает около двух тонн песка и пыли. Пыльные (песчаные) бури чаще всего случаются в пустынях и засушливых регионах. Они бывают двух видов.

**Хабуб**, что в переводе с арабского означает «сильный ветер», зарождается во время грозовых фронтов и часто возникает как надвигающаяся стена из песка и пыли. Но, как и грозовой фронт, хабуб не длится долго. Существует второй тип пыльных бурь – долгоживущие и широкомасштабные, которые могут длиться в течение нескольких дней. В Ираке такие бури часто связаны с устойчивыми северо-западными ветрами, называемыми **шамаль** (что означает «север» на арабском языке).

В апреле и июне 2022 года Ирак и другие страны Персидского залива наблюдали апокалиптическое оранжевое небо и бури со шквалом песка и пыли. Поступали сообщения о закрытии портов, аэропортов, дорог и школ, а также об отмене авиарейсов. Шторм «отправил» тысячи людей в больницы с проблемами дыхания. Пыльные бури могут быть особенно опасны для людей, страдающих астмой; кроме того, они могут переносить болезнетворные микробы. Пылевые бури также приводят к потере почвы и особенно её лёгких частиц, богатых питательными веществами, тем самым снижая продуктивность сельского хозяйства. В последние годы песчаные бури стали происходить чаще на Ближнем Востоке и в других засушливых районах мира, таких как Северная Африка, Северный Китай, Монголия и Казахстан, Австралия, а также в центральной части США. В Мавритании, где пустыня Сахара покрывает 90 % территории, случалось только две песчаные бури в год в начале 1960-х годов. Сейчас, по оценкам специалистов из Оксфордского университета, их число может достигать 80 в год.

Учёные говорят, что более частые песчаные бури являются результатом как нерациональных методов ведения сельского хозяйства, включая чрезмерный выпас скота и нарушение плодородного слоя почвы, так и изменения климата и связанного с ним повышения глобальных и местных температур и усиление засух. В настоящее время установлено, что песчаные и пыльные бури являются глобальным явлением, оказывающим воздействие на экономику, здоровье и окружающую среду, и не только на засушливых территориях. Это явление затрагивает всех – мужчин, женщин, мальчиков и девочек – но не всех одинаково. Различия проистекают из гендерных ролей в производственной, экономической, семейной и социальной сферах. Более того, песчаные бури могут быть опасными для жизни людей с плохим состоянием здоровья. Это явление напрямую связано с деградацией земель, и с ним можно бороться посредством устойчивого управления земельными ресурсами и снижения уровня деградации земель.



Рис. 2.1.2

Спутниковый снимок пылевой бури в Ираке 7 и 9 апреля 2022 года.

Так что же всё-таки происходит с погодой и причём здесь изменение климата?

Данные наблюдений говорят о том, что количество погодных «странностей» и опасных погодных явлений во всем мире постоянно растёт. Учёные считают, что это может быть связано с глобальным изменением климата. Поскольку растёт средняя температура на планете, увеличивается испарение воды из океанов, озёр и рек. Из-за этого в атмосфере повышается количество влаги, что приводит в отдельных районах к сильным дождям. Кроме того, из-за более высокой температуры в поверхностных водах океана чрезвычайно опасные тропические шторма (тайфуны) стали возникать гораздо чаще, чем это было ещё в середине прошлого века.



Влияет (что вполне предсказуемо) глобальное изменение климата и на повторяемость так называемых «волн жары».

### **ВОЛНА ЖАРЫ**

период времени продолжительностью более пяти дней подряд, на протяжении которого средняя суточная температура как минимум на 5 °C выше нормы для этих дней года.



В исследовании, опубликованном недавно в журнале «Нейчер» (Nature) – одном из самых авторитетных международных общенаучных изданий – говорится, что тепловые аномалии, которые ранее случались всего лишь раз в 1000 дней, теперь происходят каждые 200-250 дней. Однако при этом воздействие потепления будет различным по всему миру. Погодные аномалии на экваторе станут более экстремальными, что означает, что в более бедных тропических странах с уже хрупкой инфраструктурой, число крайне жарких дней вырастет в 50 раз, а число дней с ливневыми осадками – в 2,5 раза. С другой стороны, в Южной Европе, Северной Африке, на Ближнем Востоке, в Чили и Австралии будут чаще случаться периоды засухи, что грозит жителям этих стран и регионов нехваткой питьевой воды и продовольствия.

Другое исследование, опубликованное в том же журнале, приходит к выводу, что сейчас мы вступаем в эпоху экстремальной жары, которой просто не было бы без изменения климата. На основе анализа прошедших за недавнее время волн жары, который изучает связь между конкретным событием с изменением климата, доказано, что продолжительная аномальная жара как в Сибири, так и в Австралии в 2020 году были бы практически невозможны без изменения климата. Волна жары в Сибири привела к масштабным лесным пожарам (и сопутствующим выбросам около 56 мегатонн CO<sub>2</sub>) и разрушению инфраструктуры из-за таяния многолетней мерзлоты, вследствие чего было объявлено чрезвычайное положение. Также было объявлено чрезвычайное положение из-за лесных пожаров в Австралии, связанных с исключительной летней жарой с конца 2019 года по февраль 2020 года, период печально известный в Австралии как «Чёрное лето».

Учёные проанализировали наблюдаемые рекордные максимумы температуры зимой и весной 2023 года в южном полушарии и пришли к выводу, что вероятность таких рекордных температур в 100 раз повысилась из-за изменения климата.

Важно иметь в виду, что отклонение погоды от климатической нормы само по себе не может рассматриваться как изменение климата. Например, очень холодная зима не говорит о похолодании климата. Для выявления изменений климата нужны данные за длительный период времени порядка десятка лет и более.

Погодные аномалии могут наносить огромный ущерб экономике всего мира, а также приводить к человеческим жертвам.



## Примеры экстремальных погодных явлений последних лет

Один из недавних примеров экстремальных погодных явлений – проливные дожди в результате урагана Даниэль, который пронёсся по нескольким районам на востоке Ливии 13 сентября 2023 года. Портовый город Дерна понес наиболее тяжелые потери, где после обрушения двух старых плотинных сооружений целые районы были сметены, создав катастрофическую ситуацию. Международная организация по миграции в Ливии заявила, что по меньшей мере 30 000 человек были вынуждены покинуть свои дома, а число погибших возросло как минимум до 11 300 человек.

Основной причиной большого количества человеческих жертв было отсутствие системы мониторинга состояния плотины и заблаговременного приказа об эвакуации людей несмотря на то, что путь урагана Даниэль был известен. Отсутствие у государства навыков координации усилий по оказанию помощи при стихийных бедствиях лишь усугубило ущерб от стихии.

Катастрофа в Ливии произошла после серии катастрофических наводнений, охвативших в сентябре 2023 года самые разные страны – от Китая до Бразилии и Греции.

Тропические циклоны, обрушивающиеся на менее развитые и недостаточно подготовленные страны, такие как Мьянма, Бангладеш, Индия, Филиппины и Гондурас, приводят ко всё большему количеству жертв в последние годы. Страны, не имеющие ресурсов и политической стабильности, чтобы адекватно подготовиться к стихийным бедствиям, подвержены большим рискам и более катастрофическим последствиям для людей и экономики.

Рис. 2.1.3

**Город Дерна, Ливия, среда 13 сентября 2023 года. Наводнения, вызванные сильными дождями, привели к гибели тысяч людей и смыли в море целые кварталы.**



### Экстремальные погодные явления в Африке в 2023 году

В то время как наводнения в Ливии в 2023 году попали в заголовки мировых новостей из-за числа погибших, многие другие смертоносные экстремальные события в Африке не попали в международные новости. Анализ всех данных о стихийных бедствиях, гуманитарных отчетов и местных новостей, проведенный исследовательским аналитическим центром «Carbon Brief», помог создать более полную картину масштабов экстремальных погодных воздействий в Африке в 2023 году.

Отчёт показывает, что по меньшей мере 15 700 человек погибли в результате погодных катаклизмов в Африке в 2023 году и 34 миллиона человек пострадали от экстремальных явлений:

- В мае в результате наводнений в Демократической Республике Конго и Руанде погибло более 3 000 человек. Учёные не смогли оценить роль изменения климата в катастрофе из-за отсутствия в регионе действующих метеостанций, записывающих данные.
- По меньшей мере 860 человек погибли в результате наводнений и оползней в феврале во время тропического циклона «Фредди», самого продолжительного циклона в истории, затронувшего Мадагаскар, Мозамбик, Маврикий, Малави, Реюньон и Зимбабве.
- Более 29 миллионов человек продолжают сталкиваться с непрекращающейся засухой в Эфиопии, Сомали, Кении, Джибути, Мавритании и Нигере.
- Страны Южной Африки изнемогают от многомесячной зимней жары, в результате чего многие из них сталкиваются с летними погодными условиями в течение целого года.

Проанализировав все недавние экстремальные явления и основываясь на последних данных, Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства США (НАСА) подтвердило, что изменение климата на Земле приводит к формированию экстремальной погоды по всей планете. Рекордные волны тепла на суше и в океане, проливные дожди, сильные наводнения, многолетние засухи, сильные лесные пожары и масштабные наводнения во время ураганов становятся всё более частыми и интенсивными. Спутниковые миссии НАСА, включая Систему наблюдения Земли, предоставляют жизненно важные данные для мониторинга и реагирования на экстремальные погодные явления, которые показаны на Рис. 2.1.4. Пояснения к каждому экстремальному явлению показаны на графике.

Рис. 2.1.4

Примеры влияния изменения климата на частоту и интенсивность опасных погодных явлений.



**Экстремальная жара.** С 1950 года частота и интенсивность экстремальной жары увеличились, главным образом, из-за антропогенных выбросов парниковых газов. Сюда входят рекордно высокие температуры и опасные волны тепла (жары). По мере потепления планеты эти явления станут ещё более серьёзными и распространёнными.

**Лесные пожары.** Жаркие и засушливые условия повышают риск возникновения лесных пожаров. Действуя как топливо, сухая растительность позволяет пожару продолжаться гореть после его возникновения. Поскольку температура во всем мире продолжает повышаться, в некоторых регионах лесные пожары могут стать более частыми и интенсивными, создавая угрозу жизни и имуществу людей.

**Засухи.** По мере того, как планета нагревается, некоторые засушливые районы становятся суше. Более высокие температуры приводят к большему испарению воды с поверхности, превращая её в водяной пар. Поскольку более тёплый воздух может содержать больше водяного пара, это создает цикл, который приводит к большему потеплению и ещё большему испарению. Чем меньше влаги остается на поверхности, тем чаще и сильнее засухи.

**Тропические циклоны.** Благодаря более тёплому океану и большей влажности воздуха тропические циклоны могут вызывать более интенсивные и продолжительные дожди. Ураганы, тайфуны и тропические циклоны также повышают риск прибрежных наводнений, поскольку повышение уровня моря приводит к более сильным штормовым нагонам. Кроме того, образующиеся штормы имеют больше шансов на быстрое усиление.

**Сильные осадки.** по мере повышения температуры Земли более тёплая атмосфера может удерживать больше водяного пара, обеспечивая больше воды для интенсивных дождей, снегопадов и других осадков. Сильные осадки уже выпадают чаще в регионах, подверженных обильным осадкам, и станут более частыми и интенсивными по мере повышения глобальной температуры.

**Наводнения.** Увеличение содержания водяного пара в атмосфере означает, что некоторые влажные районы станут еще более влажными. По мере увеличения количества осадков они могут превысить способность естественных и искусственных дренажных систем перемещать или впитывать влагу, что приводит к разрушительным наводнениям. Повышение уровня моря также усугубит наводнения вблизи побережья.

**Наводнение во время прилива.** По мере повышения глобальной температуры потепление океана и таяние ледников вызывают повышение уровня моря. Это означает, что береговые приливы станут ещё выше, что приведет к увеличению риска наводнений в прибрежных зонах даже в ясную погоду. Это уже происходит в некоторых прибрежных городах, таких как Майами и Бангкок.

**Морские волны тепла.** Глобальный рост температуры может привести к экстремальным волнам тепла в океане. Кораллы и другие морские обитатели могут быть не приспособлены к таким более высоким температурам и могут погибнуть во время многодневных волн жары. По прогнозам, как и волны тепла на суше, морские волны тепла будут становиться более частыми и интенсивными по мере нагревания Земли.

**Комбинированные воздействия.** Многие из этих экстремальных погодных явлений происходят в сочетании друг с другом. В некоторых местах волны тепла и засухи всё чаще происходят одновременно, и эта тенденция, вероятно, продолжится по мере нагревания Планеты. То же самое касается и наводнений, поскольку сильные дожди в результате штормов и повышение уровня моря увеличат потенциальный ущерб вдоль береговой линии.



## **Можно ли предсказать погодные аномалии заранее?**

К сожалению, в большинстве случаев предсказать опасные погодные явления в долгосрочной перспективе нельзя. Погоду можно предсказать максимум на две недели – каждые 14 дней атмосфера «обновляется», и проследить следы воздушных потоков на более долгий срок физически невозможно. Заранее возможно лишь сказать, что «зима будет в среднем на градус прохладнее, чем обычно».

А вот краткосрочный прогноз погоды бывает более точен. Прогноз погоды на завтра от европейских метеослужб сбывается в 96 % случаев, на послезавтра – 93 %, на третий день – 90 %.

Долгосрочный прогноз вероятности возникновения опасных погодных явлений пока возможен только в очень обобщённом виде. Например, для севера Евразии экстремально высокие температуры, которые сейчас наблюдаются раз в 20 лет, к середине XXI века будут повторяться в три раза чаще — раз в 7 лет. К концу века они могут повторяться уже раз в 3–5 лет, то есть станут более типичным явлением.

## **Может, стоит доверять погодным приметам?**

К сожалению, этот широко известный в народе метод предсказания погоды не может ничем помочь. Да и во времена наших дедушек и бабушек приметы тоже оправдывались нечасто. Дело в том, что в настоящее время народные приметы о погоде полностью потеряли связь с местом своего возникновения. Проще говоря, когда-то давным-давно примета, говорящая о том, что, когда зацветает подорожник, следует ждать похолодания, в какой-то части Российской империи работала. Но люди всё время перемещались, а следовательно, «переносили» вместе с собой и приметы, которые в других местах перестали сбываться. В итоге это привело к путанице, которую «распутать» уже невозможно.

## **Так что же нам делать? Как бороться с опасными погодными явлениями?**

ООН рекомендует повсеместное использование систем раннего оповещения в качестве основной меры адаптации к изменению климата и управления климатическими рисками, особенно в отношении экстремальных погодных явлений и повышения уровня моря. Такие меры могут помочь общинам в прибрежных районах, зонах затопления и зависящим от сельского хозяйства сообществам, справиться с наводнениями, циклонами и другими быстро меняющимися погодными явлениями и тем самым снизить их уязвимость. Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш призвал к 2027 году защитить каждого человека на Земле с помощью систем раннего оповещения. В ноябре 2022 года на Конференции ООН по изменению климата (COP27) в Шарм Эль-Шейхе, Египет, он запустил инициативу «Раннее оповещение для всех». ООН также запустила партнёрство под названием «Системы климатического риска и раннего оповещения», чтобы помочь странам с высоким риском и слабо развитыми системами оповещения вывести эти системы на должный уровень. Аналогичным образом, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует системы раннего оповещения для предотвращения роста заболеваемости и вспышек заболеваний, связанных с периодами сильной жары.

## Адаптация к ураганам на Антигуа и Барбуде после урагана Ирма в 2017 году.



Существует ряд примеров и передовых практик по уменьшению ущерба и разрушительных последствий штормов и ураганов. В качестве одного из них можно привести меры, принятые Барбудой после урагана Ирма, нанёсшего большие разрушения в 2017 году. Регион понёс огромный материальный ущерб и был вынужден провести эвакуацию всех 2000 жителей Карибского острова на соседний остров Антигуа. С 2017 года Антигуа и Барбуда работают над реализацией проекта по

адаптации к изменению климата, получив для этого финансовую помощь в размере 10 млн долл США из международного Адаптационного фонда. Проект призван помочь наиболее уязвимым общинам Антигуа, расположенным в прибрежном водоразделе Маккиннона, повысить устойчивость к наводнениям, ураганам и повышению температур посредством принятия комплексного подхода. Меры включают восстановление естественных дренажных каналов и защиту уязвимых домов и укрытий от ливней для снижения риска от наводнений и стихийных бедствий:

- Восстановление естественных дренажных каналов путем очистки, расширения и углубления дренажных каналов, прудов-отстойников и водопропускных труб до естественных размеров. Эта мера направлена на усиление защиты от экстремальных дождей и штормов.
- Защита уязвимых домохозяйств от воздействия изменения климата: предоставляя доступ к инновационной программе возобновляемых кредитов под низкие проценты, эта мера позволяет уязвимым домохозяйствам защитить свои дома от воздействий природных явлений.
- Штормовые убежища для снижения рисков наводнений и стихийных бедствий: эта мера была направлена на строительство устойчивых к изменению климата зданий, которые могли бы служить убежищами от штормов. Проект также привлёк средства других фондов, таких как Глобальный экологический фонд, для проведения гидрологического исследования и дальнейшего развития проектной деятельности.

Источник: [www.adaptation-fund.org](http://www.adaptation-fund.org).



Для того, чтобы ответить на этот вопрос, не надо быть ни академиком, ни климатологом, ни даже спасателем. Потому что ответ чрезвычайно прост: «Надо начать с себя». Нам надо стать бдительнее и не быть равнодушными. И если бдительнее надо быть в самом прямом смысле – следить за последними новостями науки, не отмахиваться от призывов учитывать изменение климата при планировании долгосрочных проектов (скажем, при постройке новой железной дороги на Крайний Север необходимо учесть

таяние многолетней мерзлоты), то неравнодушнее надо стать в более широком смысле. Надо стать строже к себе, менять свои привычки, например, начать беречь энергию. Неплохо бы знать, как вести себя в ситуациях погодных бедствий, например, уметь оказать первую медицинскую помощь человеку, упавшему в обморок от жары.

## Правила безопасного поведения при угрозе и во время урагана, бури, смерча или торнадо

При получении штормового предупреждения необходимо:

- закрыть двери, окна, чердачные люки и вентиляционные отверстия;
- убрать с подоконников, балконов и лоджий предметы, которые могут быть подхвачены ветром;
- отключить газ, воду, электричество, погасить огонь в печах, каминах;
- подготовить запасы продуктов питания и питьевой воды;
- взять необходимые вещи и документы;
- укрыться в подвальном помещении или защитном сооружении.

При внезапном возникновении урагана, бури, смерча необходимо:

### а) если вы находитесь в доме:

- отойти от окон;
- остаться в доме и спрятаться в безопасном месте (наиболее надёжными укрытиями послужат подвалы или первые этажи зданий);

### б) если вы находитесь на улице:

- спрятаться от непогоды в подземном переходе, магазине, подъезде дома;
- найти естественное укрытие (овраг, яма, ров, канава), лечь на дно и плотно прижаться к земле;
- следует держаться подальше от рекламных щитов, автобусных остановок, деревьев, опор мостов, линий электропередач;
- ни в коем случае не трогать оборванные электропровода.



Как только стихия утихнет, не спешите покидать убежище, так как есть вероятность, что шквальные порывы ветра внезапно могут повториться.



# ВОПРОСЫ

1

Для какого города – большого или маленького – сложнее составить прогноз погоды? Почему?

—

2

Ваша семья собирается отметить ближайший Новый Год на природе. Программа праздника будет зависеть от погодных условий – либо вы будете веселиться на открытом воздухе, либо в помещении. Какого числа можно хотя бы приблизительно составить прогноз погоды на 31 декабря?

—

3

Чем опасна аномальная жара для человека?

—

4

Относится ли землетрясение к опасным погодным явлениям?

—

5

Были ли раньше опасные погодные явления, которые мы сейчас наблюдаем – сильные ветра, наводнения, «волны жары» и другие?

—

6

Какие меры по адаптации к изменению климата рекомендуются для смягчения последствий экстремальных погодных явлений?





# ЗАДАНИЕ

Узнайте у своего учителя географии климатические показатели для вашего города.

Каким было прошедшее лето – более тёплым, чем обычно, или более холодным?



## 2.2

# Как изменения климата влияют на растения и животных

Что такое биоразнообразие?

### БИОРАЗНООБРАЗИЕ

это разнообразие видов растений и животных, грибов и микроорганизмов, а также множество сочетаний природных условий (ландшафтов) и огромное число вариантов генов у похожих организмов. Другими словами, биоразнообразие – это разнообразие форм и проявлений жизни на Земле.

Учёные выделяют **три основных типа биоразнообразия**:

- генетическое – среди организмов одного вида;
- видовое – среди всех живых существ на планете;
- ландшафтное или экосистемное – среди всех сочетаний условий обитания организмов.

Что такое **генетическое разнообразие**? Например, нам кажется, что все дикие гуси в одной стае одинаковые. Но на самом деле они немного отличаются один от другого. Вспомните: в замечательной истории про путешествие Нильса с дикими гусями каждая птица вела себя по-своему. Это, конечно, придуманная история, но в реальности так и есть. Один гусь сумеет быстрее других заметить лису, подбирающуюся по льду к заснувшей стае, другой помнит лужайки с сочной травой на берегу озера, третий лучше других находит дорогу по звёздам. А значит, вся стая окажется в выигрыше. И это относится не только к диким гусям. Любому виду животных или растений нужно решать разные задачи по выживанию, отдельные организмы с исключительными способностями справятся лучше, чем одинаковые, будто роботы с одного конвейера.

Генетическое разнообразие даёт начало образованию новых видов. Биологи считают, что небольшие поначалу отличия в поведении и внешности, допустим, двух медведей, со временем, в новых поколениях, возрастают. И через много лет пра-пра-правнуки этих медведей, облюбовавшие разные территории, уже начинают по-разному добывать пищу, устраиваться на зимнюю спячку (или вообще могут от неё отказаться). Так возникают два разных вида, например бурый медведь и его гималайский тезка.

**Бурый медведь.**



**Гималайский медведь.**



Наверное, самое понятное – это **разнообразие видов** и более крупных систематических групп, например классов или типов. И без всякой науки ясно, что одуванчик отличается от подорожника, стрекоза от муравья, а ворона от лисицы. А вот почему эти (и ещё миллионы видов живых существ) такие разные?

Каждый вид организмов на планете играет свою особую роль. В африканской саванне верхушки травы объедают зебры, что пониже – достаётся антилопам гну, газель подгрызает траву у самой земли, а корни и клубни разрывает свинья-бородавочник. Так растительная пища используется наиболее полно, и никто не мешает друг другу. Значит, большинство обитателей данной местности будет сытым и здоровым, а вся экосистема будет существовать долго и устойчиво. И всё это – благодаря видовому разнообразию.

**Разнообразие экосистем** без труда заметит любой внимательный путешественник, если он в состоянии отличить ольховый лес от берёзовой рощи или коралловый риф от мангровых зарослей. Бесчисленные варианты экосистем в природе – словно разноцветные декорации, на фоне которых разворачивается нескончаемый спектакль круговорота жизни. Причем «декорации» тоже участвуют в нём самым серьёзным образом. Такое разнообразие создаёт условия для жизни огромного числа организмов, обеспечивая источники воды и пищи, убежища и пути миграции. Например, в случае сильного пожара некоторые растения могут сохраниться во влажных оврагах. Если размножившиеся сверх меры насекомые будут угрожать урожаю картофеля, их остановит зона глубокого сезонного промерзания почвы. То есть чем больше разнообразие природных условий, тем выше шансы для выживания видов и сохранения экосистемы.

### Африканская саванна и её обитатели.



Распределение видов по поверхности планеты неравномерно. Разнообразие видов в природе максимально у экватора и уменьшается по направлению к полюсам. Самые богатые по видовому разнообразию экосистемы – дождевые тропические леса, которые занимают около 7 % поверхности планеты и содержат более чем 90 % всех видов, известных на сегодня.



## Почему биоразнообразии так важно?

Вспомните, что совсем недавно (по историческим меркам) всё, что человек ел, из чего строил жилище, чем лечился, из чего делал одежду, кого использовал как транспорт, он брал из окружающей его природы. «Сейчас это не так», – скажете вы? Не совсем. Например, современные учёные до сих пор огромное внимание уделяют поиску новых лекарственных веществ в тропических лесах. Для создания новых сортов сельскохозяйственных культур также нужны виды из дикой природы. Многие оригинальные технические изобретения «заимствованы» инженерами у животных и растений, у грибов и микроорганизмов.

Но, всё-таки, это не самая главная роль биоразнообразия. Самое важное, что биологическое разнообразие создаёт среду обитания для всех живых существ, в том числе и для нас с вами. Что это значит? Уже много миллионов лет всё, что растёт, бегает, плавает, ползает и летает на нашей планете, приспособилось к составу атмосферы Земли. Изменения этого «коктейля» из газов теперь могут быть только совсем незначительными. Но даже в атмосфере с чуть пониженным содержанием кислорода мы, как и многие животные, будем чувствовать себя неважно. Если же кислорода станет ещё меньше – то ... сами понимаете... А что поддерживает уровень содержания кислорода в атмосфере? Зелёные растения!

**Наука бионика** помогает решать инженерные задачи, используя знания о структуре и жизнедеятельности живых организмов. Например, изучение структуры кожи дельфинов позволило создать новую обшивку для морских судов, что увеличило их скорость на 15–20 %. Одним из основоположников бионики считается Леонардо да Винчи, который пытался построить летательный аппарат с машущими крыльями, как у птиц, – орнитоптер.



Все растения и животные, все микроорганизмы и грибы образуют очень сложно устроенную и тонко отрегулированную систему. Представьте, что вы с друзьями на целых два года оказались на космическом корабле, который должен долететь до Марса и вернуться. Сколько же в нём разных деталей, приборов, механизмов! Подумайте, не похожа ли наша планета на такой корабль? Каждая «деталь» в нём создавалась миллионами лет эволюции, её действие настраивалось на совместную работу с тысячами других «деталей». Что же случится, если из-за ошибки экипажа или удара метеорита повредится несколько устройств? На первое время их можно заменить другими похожими. А если ещё один удар космической стихии, тогда что?

Примерно такова ситуация с биологическим разнообразием Земли. Каждый организм выполняет важную работу. Один усваивает солнечную энергию, другой использует её для погони за добычей или спасения от хищников, третий разрушает мёртвую древесину или остатки павших животных и так далее... Каждый, самый большой баобаб и самый маленький лишайник, самый тяжёлый кит и самая лёгкая медуза – все они важные составные части жизни на планете Земля. А есть ещё неизвестные нам виды организмов! Возможно, их не так мало, как мы думаем, но они тоже нужны. Можно рассуждать и так: «Бывали в истории жизни на планете времена, когда вымирали целые группы организмов. Поэтому потеря одного вида организмов – ещё не катастрофа. И одного десятка, и одной сотни...». Стоп! Неправильно! Мы ведь не знаем, где предел устойчивости нашего «космического корабля». Вдруг мы его уже перешли? За недолгую историю человечества природа уже безвозвратно потеряла не сотню и не тысячу видов, а гораздо больше!

И ещё одна важная вещь – состояние биологического разнообразия можно представить как своего рода прибор, который показывает степень устойчивости, состояние здоровья природы. Если видов живых организмов много, каждый из них исправно играет свою роль, тогда тропический лес, океанский коралловый риф или лесное болотце могут существовать достаточно долго.

Не случайно одним из самых тяжёлых наказаний во все времена было надолго запереть человека в тесной камере с серыми стенами и не позволять ему глядеть на небо, общаться с другими существами.

Если на Земле станет меньше разных растений с красивыми и ароматными цветками (или с невзрачными и непахучими), меньше гибких горностаев и стремительных стрижей (или неуклюжих броненосцев и медлительных черепах), значит, наш общий дом всё больше будет становиться похожим на такую серую и скучную камеру!

## Какие существуют угрозы биоразнообразию

Безмятежному существованию живой природы во всём её биологическом разнообразии угрожает прежде всего человек! Вырубаются леса, распахиваются степи, выжигаются саванны, осушаются болота, производится любительская и промысловая охота, вылавливается рыба и так далее. Конечно, всё это делается не с целью уничтожить дикую природу. Цель другая – обеспечивать растущее население планеты продовольствием, получать древесину, добывать энергию, разводить домашний скот, освобождать место для городов, дорог, военных полигонов и свалок, да много ещё для чего.

Очень сильно влияют на биологическое разнообразие изменения природных условий. Здесь и перепады температуры, и лесные пожары, и таяние многолетней мерзлоты, и осушение заболоченных равнин, и колебания уровня океана и многие другие причины. Вы уже знаете, почему это происходит.

Одно необычно жаркое лето – это ещё не катастрофа. И растительность, и животный мир за тысячелетия эволюции приспособились к кратковременным климатическим колебаниям и к постепенным изменениям в природе. Опасность для биологического разнообразия – в быстрых и необратимых изменениях внешних условий. В первую очередь это как раз климатические изменения. Попробуем в этом разобраться.

## Великие вымирания и изменения климата

За весь известный современной науке срок развития живой природы (а это ни много, ни мало – больше трёх миллиардов лет), было несколько десятков периодов резких изменений климата, которые приводили к заметному уменьшению биоразнообразия. Среди таких временных отрезков особо выделяются пять. Их обычно называют великими вымираниями.

Одним из самых драматичных периодов был примерно 250 млн лет назад. Тогда на Земле не было знакомых нам растений и животных, тем не менее, разнообразие жизни было очень значительным. И вот достаточно быстро по геологическим меркам, за «какие-то» несколько миллионов лет, исчезли почти все виды животных и растений (последних было тогда гораздо меньше, чем животных, так как жизнь в океанах и морях была гораздо богаче, чем на суше).

В геологической истории Земли в биосфере постоянно происходило возникновение и исчезновение видов, ведь ни один вид не может существовать вечно. Вымирание компенсировалось появлением новых видов, и в результате общее число видов в биосфере возрастало. Вымирание видов – естественный процесс эволюции, который происходит без вмешательства человека.

Что же за таинственные причины привели к почти полному вымиранию одних видов и возникновению других? Учёные справедливо предполагают, что главным толчком послужили серьёзные изменения на поверхности планеты – смещение (дрейф) континентов (об этом мы уже говорили в предыдущих разделах). Это изменило всю картину тогдашней природы, в том числе положение горных хребтов и систему морских течений. И, конечно, коренным образом изменился климат Земли. После древних эпох похолодания наступило потепление климата. Он стал суше, а сезонные колебания температур – резче. К тому же изменилось содержание кислорода в приземной атмосфере. Всё это привело, как мы уже знаем, к массовой смене одних видов живых существ другими.

История с вымираниями видов повторялась потом не один раз, но уже не в таком масштабе. Примерно около 60 млн лет назад произошла другая, довольно резкая, перемена обстановки на нашей планете, что привело к вымиранию последних динозавров. Она тоже сопровождалась климатическими изменениями, которые, в свою очередь, усилили процессы смены одних животных и растений другими. Вместе с динозаврами исчезли и другие группы живых существ, например морские моллюски аммониты, похожие на бараньи рога, и белемниты, окаменевшие остатки которых напоминают наконечники стрел. Почти половина морских обитателей тогда исчезла, а сколько вымерло на суше – точно неизвестно, ведь на суше остатки организмов очень плохо сохраняются.

**Аммониты.**



**Белемниты.**



Климатические изменения в сторону похолодания часто сопровождались формированием полярных ледяных шапок. Огромные ледяные массивы Гренландии и Антарктиды и сейчас можно увидеть на фотографиях Земли из космоса. Сколько же воды нужно, чтобы образовались такие шапки? Наверное, немало. А откуда она берётся? Конечно, из океана. В процессе формирования ледяных шапок уровень океана понижается, и условия жизни для всех прибрежных организмов, как в воде, так и на суше, резко изменяются.

Получается, что климатические изменения, помимо всего прочего, влияют на состояние биоразнообразия, причём сначала – не в лучшую сторону. После этого жизнь на Земле постепенно восстанавливается, но она уже совершенно не будет похожа на прежнюю! На восстановление уходят миллионы лет, но вымершие виды уже не вернуться. Хотим ли мы оказаться в одном ряду с такими исчезнувшими организмами?

## Кто из животных раньше других реагирует на изменения климата?

Конечно, всё, о чём мы с вами до сих пор говорили, это «дела давно минувших дней, преданья старины глубокой». Намного более глубокой, чем имел в виду поэт. А как в наше время климатические изменения влияют на живую природу во всём её многообразии?

В последнее столетие под влиянием человеческой деятельности и резкого изменения климата скорость вымирания видов по всей планете во много раз превысила естественную.

Считается, что мелкие животные с маленьким сроком жизни сильнее зависят от условий среды и поэтому быстрее реагируют на климатические изменения. Крупные организмы, конечно, тоже реагируют, но чтобы это увидеть, нужен длительный промежуток времени. Нас же с вами, как исследователей, интересуют события, которые происходят сегодня или произойдут в недалёком будущем, в котором нам с вами доведётся жить.

Зафиксированное в горах Словакии небольшое, но устойчивое повышение средних температур всего на 1,5–2 °С привело к неожиданным последствиям. Теплолюбивые красивые бабочки из семейства парусников – подалирии и махаоны – распространились за пределами лесостепной зоны, в которой жили, и стали появляться и на более прохладных и влажных луговинах. Кроме того, они стали размножаться не два, как обычно, а три раза в год.

У других бабочек, пестрокрыльниц, весной появлялись особи типичных коричневых оттенков, летом – чёрных, а осенью – снова коричневых. На этом чудесные превращения не закончились. Со временем и летнее, и осеннее поколения пестрокрыльниц стали демонстрировать окраску чёрных тонов, то есть типично летнюю.

Там же, в словацких горах, биологи установили две противоположные тенденции в жизни жука короеда-типографа и гусеницы пяденицы зимней. Жук-типограф расширил поле своей деятельности с повышением температуры. А вот пяденица – прожорливая гусеница, напротив, сократила масштабы поедания своих излюбленных деревьев. Во всех случаях налицо прямая связь температурных колебаний с поведением насекомых.

**Бабочка махаон.**



**Жук короед-типограф.**



Маленькая кубинская лягушка обитает в тропических лесах, где в течение дня и в течение года колебания температуры и влажности совсем небольшие, но всё-таки они есть. Внимание учёных привлекли особенности взаимоотношения хозяина (той самой лягушки) и её паразита (плесневого грибка). Было установлено, что паразит гораздо менее уязвим при изменении условий среды, чем его хозяин. Значит, изменения климата делают паразитов более опасными, а это ставит под угрозу всю популяцию вида-хозяина, в данном случае – кубинской лягушки.

#### Маленькая кубинская лягушка.



В холодных водах Южного океана даже малейшее повышение температуры приводит к повышению кислотности и уменьшению содержания кислорода. Молодые особи небольшого антарктического двустворчатого моллюска латернулы эллиптической покидают опасную зону, а те, кому минуло три года, из-за возрастного отмирания мышц не могут покинуть родные места и массово гибнут. Вы спросите: разве не могут моллюски прижиться и восстановить численность?! Океан же большой! К сожалению, не получится. Дело в том, что у этого моллюска способность к размножению появляется как раз после третьего года жизни, когда он утрачивает подвижность!

#### Моллюск латернула эллиптическая.



Одними из первых ощущают изменения климата кораллы. Это очень чувствительные организмы. Слишком тёплая или слишком холодная вода, недостаток света, избыток примесей – всё это замедляет рост кораллов или совсем прекращает его. Коралловые полипы не могут передвигаться и очень плохо приспосабливаются к изменениям среды. Поэтому они вынуждены жить и умирать там, где родились. Микроводоросли, которые усваивают для коралловых полипов энергию солнечного света, весьма зависимы от температуры воды. На многих участках австралийского Большого Барьерного рифа учёные отмечают гибель водорослей и обесцвечивание кораллов, что происходит, когда риф погибает. Это связано с тем, что повторяющиеся морские волны тепла в течение последних нескольких лет привели к тому, что большая часть Большого Барьерного рифа приобрела призрачно-белый цвет. Дым от сильных лесных и торфяных пожаров в Индонезии часто сопровождается выбросами в атмосферу соединений железа. Они вызывают бурный расцвет водорослей, которые вырабатывают ядовитые для кораллов вещества.

### Коралловый риф.



Тем не менее, в последнее время есть несколько успешных примеров инновационных способов спасения кораллов. Австралийский институт морских наук использует метод размножения для производства большого количества здоровых кораллов на объекте аквакультуры, чтобы глубже понять репродуктивную биологию и экологию кораллов. Институт собирает с рифа фрагменты кораллов и доставляет их на объект для разведения. Зародыши кораллов выращиваются в питомниках и расселяются на специально предназначенные поверхности. Осевшие кораллы или фрагменты взрослых особей крепятся на специальные устройства и помещаются на риф. Затем дайверы снова посещают эти места, чтобы определить и понять условия окружающей среды, в которых кораллы выживают и растут лучше всего. Эти знания помогут спроектировать и усовершенствовать системы коралловой аквакультуры, чтобы улучшить непрерывное выживание кораллов на повреждённых рифах.

Потепление в полярных регионах приводит к сокращению площади сезонных морских льдов. На нижней поверхности льда особенно интенсивно развиваются микроскопические растения океана – фитопланктон. Он является началом пищевой цепочки, которая включает криль, рыб, пингвинов и других морских птиц, тюленей и заканчивается китами – южным гладким и синим. Если льда мало, то и места для размножения фитопланктона недостаёт. Криль не живет в бедных кормом водах, его место занимают желеобразные полупрозрачные сальпы, оригинальные древние существа. И тут пищевая цепочка прерывается! Дело в том, что сальп почти никто не ест, кроме нескольких видов рыб и морских черепах. И тогда в зимние месяцы киты не могут накопить достаточно жира, уходят из бедных кормом вод и другие их обитатели. Это ещё одно свидетельство сложных взаимосвязей в природе, которые отражены в биологическом разнообразии.

### Сальпы.



Сокращение северной полярной шапки льдов – самый известный пример потепления климата. Лёд нужен для миграций белого медведя и для его охоты на тюленей. Но и для самих тюленей лёд жизненно важен – без него им негде выращивать детенышей. Если ледяные поля уменьшаются по площади больше обычного, то тюленей становится меньше, и белый медведь при недостатке пищи съедает добытого тюленя целиком, в то время как раньше объедал только слой жира, а остатками тюленьей туши питались все остальные обитатели Арктики – песец и многочисленные птицы. Теперь им и этого не достанется!

На северной окраине Евразии лес медленно, но неотвратно наступает на тундру, продвигаясь на десятки километров за столетие. При этом изменяются места обитания многочисленных птиц и источники корма для них. Тёплые зимы в Арктике – настоящая катастрофа для диких и домашних оленей. Оттепели и зимние дожди покрывают снег ледяной коркой, которая мешает оленям добывать основной зимний корм, лишайник ягель.

Лемминг, самый многочисленный обитатель тундры, тоже страдает от потепления. Его норы раньше времени заливают талые воды. Без лемминга остаются голодными хищные птицы и песцы.

Антарктическое побережье, которое выглядит как ледяная пустыня с отдельными каменистыми участками с крайне скудной растительностью, неожиданно демонстрирует исследователям обильные заросли щучки антарктической, небольшого злака, который ранее только и мог, что прятаться между камней от суровых ветров южного континента.

### **Белый медведь.**



### **Северный олень.**



### **Лемминг.**



На другом конце Земли, в даурских степях, что лежат между Байкалом и монгольскими горами Большого Хингана, учёные отмечают усиление засушливости местного климата в связи с глобальным потеплением. Исчезают озёра и небольшие реки, высыхают лесополосы, раньше обычного выгорает степная растительность. Как реагируют обитатели степи на такие изменения, нетрудно предсказать. В донном иле обнаруживается множество личинок и икры в стадии глубокого покоя. Птицы откочёвывают в другие края, меняя пути пролёта и места гнездования. Нет или не хватает на всех корма для водоплавающих и околоводных птиц, таких как большой баклан, серая цапля, серебристая чайка. Перестают строить гнёзда гусь-сухонос. Из-за отсутствия водопоев уходят волк и лисица, барсук, даже журавль. Пернатые хищники, которым нужно много воды при мясной диете, тоже откочёвывают в более пригодные края.

#### **Заяц-толай.**



Отсутствие травы летом – не только бескормица, например для степного зайца-толая. Ему ещё и негде прятаться! Хорошо приспособлены к засухам местные аборигены сурок-тарбаган и даурский суслик, но и им приходится тяжело. Частые пожары – смертельная угроза для мелких и медлительных наземных животных. Когда сгорает трава, нет зимних кормов для копытных, и тысячные стада антилоп дзеренов мигрируют из Монголии в Россию. При этом возрастает нагрузка на оставшиеся немногочисленные водопои, скученность животных приводит к риску массовых заболеваний. Неожиданно такой засушливый летний период сопровождается многоснежными зимами, при которых, например, дикий кот манул не может добывать себе пищу. Есть, правда, один вид, которому потепление идёт на пользу: даурский ёж. Ему для нормальной жизни нужно больше пяти месяцев тепла, поэтому он расширяет своё пространство.

#### **Манул.**



## Национальные парки: учимся сохранять природу

Что же такое – национальный парк? Это охраняемая территория, которую могут посещать туристы, но на которой человеческая деятельность ограничена. Национальные парки обычно создают в местах, где много разнообразных ландшафтов (как типичных, так и уникальных), редких, находящихся под угрозой исчезновения животных, растений, уникальных геологических, водных объектов. Национальные парки посещают взрослые и дети, многие из которых именно здесь узнают о глобальных экологических проблемах. В национальных парках организуют питомники для разведения редких видов растений и животных, которых потом переселяют на охраняемую территорию.

Влияет ли изменение климата на национальные парки? Поскольку глобальное изменение климата приводит к пожарам, засухам, повышению температуры атмосферы и многим другим явлениям, оно не может не влиять и на природу охраняемых территорий.

Пресноводные сообщества в парке «Эверглейдс» в штате Флорида (США) изменяются из-за притока солёных морских вод из близлежащего Флоридского залива. Учёные, сотрудники охраняемых территорий, осознали, что подобные процессы угрожают существованию национальных парков, и решили действовать. Так, Агентство по охране окружающей среды США и Служба национальных парков создали специальную программу «Парки в партнёрстве с климатом». Благодаря этой программе с причинами и последствиями климатических изменений знакомится как персонал парков, так и их посетители. При этом туристам рассказывают о том, что они могут сделать сами для решения глобальных проблем.

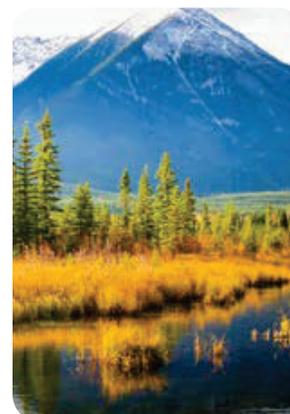
**Национальный парк «Лакемаа», Эстония.**



**Национальный парк «Крюгер», Южно-Африканская Республика.**



**Национальный парк «Джаспер», Канада.**





Первый Национальный парк был создан в США в 1872 году. Это известный парк **Йеллоустун**.



**Большой Барьерный риф**, благодаря которому существует множество живых организмов, и который сильно страдает от изменений климата, охраняется как часть Морского национального парка Австралии. Он также внесен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО и признан одним из семи природных чудес света. Это единственная живая структура на нашей планете, которая видна из космоса.



Самый длинный пешеходный маршрут находится в другом американском национальном парке – **Грейт Смоки Маунтинс**.



Национальный парк **Намиб-Науклуфт** в Намибии (Западная Африка) известен благодаря своим оранжевым песчаным дюнам – самым высоким в мире. В некоторых местах они достигают высоты 300 м от поверхности пустыни. На территории этого огромного парка встречаются многообразные растения и животные.

## Национальный парк «Югд ва», Россия.



### Заповедники: природа без человека

В заповеднике работают учёные, которые наблюдают за изменениями в природе и записывают их. Здесь нельзя даже собирать ягоды, грибы, ловить рыбу. В заповедниках восстанавливают виды исчезающих животных, которых потом выпускают в природу.

В местах, где природа испытывает незначительное влияние человека, создают биосферные заповедники. Как правило, в них охраняют типичные для данной местности экосистемы, а также редкие виды и природные сообщества. В таёжной местности это тайга, в тропической природной зоне – тропический лес. Сохранение природы таких территорий имеет значение для всей планеты.

Биосферные заповедники есть на всех континентах. Наверняка вы видели фильмы об охраняемых территориях в Африке. Именно благодаря таким заповедным зонам и сегодня можем видеть разнообразный мир природы этого континента.

**Биосферный заповедник Беловежская пуща, Беларусь, Польша.**



**Национальный парк «Эверглейдс», Флорида, США.**



## ЗАПОВЕДНИК

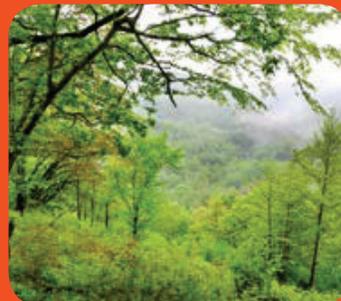
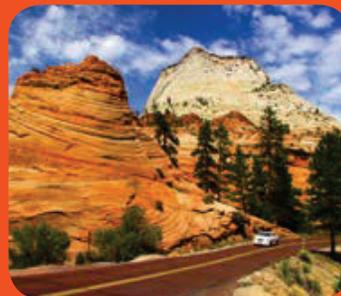
это охраняемая территория, на которой запрещена любая деятельность человека, кроме научной.

Все биосферные заповедники участвуют в международной программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера». Именно на таких территориях учёные ведут постоянные длительные исследования окружающей среды. В настоящее время во многих заповедниках России изучают влияние климата на растительный и животный мир. Например, в Кавказском биосферном заповеднике учёные пришли к выводу о том, что лес на склонах гор постепенно «забирается» всё выше и выше.

Примером экологически безопасного национального парка может служить американский парк **Зайон**, где 5 тыс. частных автомобилей заменили двумя десятками автобусов, работающими на газе. Результатом стало значительное сокращение выбросов парниковых газов. Построенный по новым технологиям «Зелёный центр» для туристов почти 1/3 энергии получает от солнца, а 80 % потребности в освещении удовлетворяет за счёт естественного света. В тёплое время кондиционирование воздуха происходит за счёт особых испарителей с экономичным потреблением энергии. В холодное время теплу в помещениях не даёт «уходить» пассивная отопительная система с необычной стеной из теплопоглощающих материалов (камень, кирпич), которая обращена к солнцу.

В российском национальном парке **Таганай** была установлена первая экологичная система энергообеспечения. Для обеспечения одного из приютов электричеством теперь используют энергию ветра (работают ветрогенераторы) и солнца (солнечные панели). При этом система автоматически определяет, какую энергию выгоднее использовать в данный момент – солнечную или ветровую. Раньше здесь, как и в других приютах и кордонах парка, энергию получали только от бензогенераторов. Это и дорого, и небезопасно для окружающей среды.

Новая осветительная система, работающая от энергии солнца и ветра, установлена в Адлере, в парке Южные культуры, относящемуся к Кавказскому государственному природному биосферному заповеднику имени Х.Г. Шапошникова, Россия.



## Заказники и памятники природы

В заказниках охраняется не всё природное сообщество, а только его отдельные части, например, только растения, или только животные, скалы или пещеры. Это значит, что запрещена только та деятельность человека, которая угрожает охраняемому объекту.

Памятники природы – это уникальные или типичные, ценные в научном, культурно-познавательном и оздоровительном отношении природные объекты, например озёра, отдельные деревья, геологические достопримечательности, старинные парки. В пределах памятников природы запрещена только та деятельность, которая наносит ущерб охраняемому объекту.

## Как особо охраняемые территории помогают в борьбе с изменением климата

Какой же вклад может внести национальный парк (да и любая другая охраняемая территория) в решение проблемы изменения климата? Самый значительный вклад – уменьшение выбросов в атмосферу углекислого газа. Некоторые парки, например, предлагают туристам передвигаться не на частных автомобилях, а на общественных автобусах, работающих к тому же на альтернативном топливе. Сами сотрудники парка также используют транспорт, минимально влияющий на окружающую среду. В местах обслуживания посетителей энергию получают от ветра, солнца, тёплых горячих источников. Максимально используется естественное освещение, светодиоды, а энергию для служебных зданий дают солнечные батареи. Туристам предлагают сувениры, сделанные из вторичного сырья, в кафе можно заказать блюда из местных продуктов: их не требуется привозить издалека, они получены безопасным для окружающей среды способом. Вода в туалетах экономится благодаря специально подобранной сантехнике. Туристы знакомятся с правилами экологически грамотного и безопасного поведения благодаря многочисленным стендам.

## Экотуризм: гармония человека и природы

Любите ли вы ходить в походы и отдыхать на природе? Если да, то вполне возможно, что через несколько лет вы с друзьями сможете стать настоящими туристами. А может быть, даже экотуристами.



Чем различаются туристы и экотуристы? Прежде всего, отношением к природе. Экотуризм возник не так уж и давно – тогда, когда люди стали осознавать ценность природы. Ведь отдыхать на природе можно по-разному. Например, можно просто заехать в лес или на берег озера на автомобиле, включить музыку на полную громкость, разжечь костёр там, где больше всего нравится, вкусно поесть и оставить после себя гору мусора. Но есть среди туристов те, кто готов взбираться на вершины гор только ради того, чтобы посмотреть на дикого зверя, найти редкое растение, послушать пение птиц, насладиться закатом и тишиной. Их главная цель – увидеть и услышать природу, которой современному человеку так не хватает. Они не оставляют после себя мусор, наоборот, убирают его за другими, и соблюдают все необходимые правила. Экотуристов с каждым годом становится всё больше!

Экотуризм – это возможность увидеть нетронутую, дикую природу, понять, насколько она разнообразна, как сильно зависит от человека, и задуматься над вопросом: «А что я могу сделать для своей планеты?». Участники экопутешествий изучают законы природы, участвуют в действиях, которые помогают поддержать и сохранить её, стараются свести своё влияние на окружающую среду до минимума. Ну а сами экотуристические фирмы отдают часть своих доходов на защиту и изучение окружающей среды.

Многие природные территории находятся в отдалённых местах, в сельских районах, где люди живут небогато. Или в местах, где проживают коренные народы, например в джунглях Южной Америки или в горных районах на севере Таиланда. Поэтому экотуристы обычно знакомятся не только с природой, но и с культурой разных стран. Благодаря экотуризму население таких регионов получает работу и дополнительные средства.

Итак, экотуризм помогает людям увидеть красоту и неповторимость природы, понять, насколько в окружающем мире всё связано, как много видов животных и растений обитает на нашей планете, и как сильно состояние окружающей среды зависит от действий каждого человека – не только взрослого, но и подростка и даже ребенка.

#### **Эко-отель в Коста-Рике.**



#### **Экотуризм и изменение климата**

На первый взгляд кажется, что экотуризм и изменение климата не очень связаны между собой. Но это не так! Многие туристские организации уделяют особое внимание этой проблеме. Что такое путешествие? Это, прежде всего, движение – на самолёте или океанском лайнере, на поезде, автомобиле или автобусе. Но все эти виды транспорта так или иначе используют топливо и загрязняют окружающую среду. Для экотуризма больше всего подходят велосипед, пешие и конные прогулки, сплавы по рекам. Можно выстроить свой маршрут таким образом, чтобы как можно реже использовать для передвижения автомобили, выбирать более экологически безопасные виды транспорта. Тем самым мы уменьшаем выбросы парниковых газов и вредных веществ в атмосферу.

Многие люди, устав от шума, транспорта и прочих «прелестей» города, становятся экотуристами и едут в сельскую местность, учатся выращивать местные овощи и фрукты, питаются экологически безопасной пищей. Обычно владельцы таких мини-ферм используют альтернативные источники энергии, отказываются от химических удобрений и средств защиты растений, делают из органических отходов компост. Такие экофермы есть во многих странах, однако особенно популярны они в Европе, Австралии, Новой Зеландии, США и Канаде.

## Что такое Красная книга и для чего она нужна?

Красная книга – это список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов. Цвет её напоминает об опасности и о необходимости защитить и сохранить такие виды.

Живые организмы, которые необходимо охранять на всей планете, занесены в Международную Красную книгу. Главный её экземпляр хранится в швейцарском городе Морже, издаётся она благодаря Международному союзу охраны природы и природных ресурсов. Первое издание вышло в 1963 году. По форме эта необычная книга больше похожа на перекидной календарь, а не на привычную книгу. Почему? Дело в том, что со временем появляются новые сведения о тех или иных видах, в книгу добавляют листы с названиями новых растений, животных, грибов. Красная книга постоянно меняется, дополняется.

Для каждого вида в Красной книге приводятся сведения о его распространении, численности, особенностях местообитания, необходимых мерах по сохранению и многое другое. Страницы Красной книги окрашены в разные цвета. На чёрных помещены названия вымерших видов. К ним относятся, например морская (стеллерова) корова, странствующие голуби, дронг. Красные страницы посвящены исчезающим и особо редким животным (дальневосточный леопард, амурский тигр, снежный барс, зубр). Животные, численность которых уменьшается быстрыми темпами, указаны на жёлтых страницах (белый медведь, розовая чайка, джейран). Животные и растения, которых вообще в природе немного, записаны на белых страницах. Есть животные, которые пока ещё недостаточно изучены, так как живут в труднодоступных местах. Их перечень можно найти на серых страницах. И, наконец, самые обнадёживающие – зелёные страницы, посвящены видам, которые людям уже удалось спасти от вымирания (например речной бобр, лось).

Каждая страна, каждый регион тоже создают свои списки редких и охраняемых видов. В России (СССР) Красная книга появилась в 1974 году. Это был не просто список, это официальный документ для выявления и охраны редких и исчезающих видов растений и животных.

Перед тем, как занести тот или иной вид в Красную книгу, учёные проводят большую работу по изучению флоры, фауны, грибов определённой местности, выясняют причины, которые угрожают существованию видов, описывают места их обитания и решают, как именно их нужно сохранять. На страницы Красной книги попадают не только редкие и эндемичные (встречающиеся только на данной территории) виды, но и многие красивоцветущие или съедобные, лекарственные растения.

Причины, по которым животных и растения нужно охранять, делят на две группы: прямые и косвенные. Прямые – это когда человек своими действиями уничтожает животных и растения: охота, сбор лекарственных растений, вылов рыбы и других водных организмов. Косвенные – это изменение местообитаний, в том числе и из-за глобальных климатических перемен. К ним относится и акклиматизация животных, интродукция растений (когда «пришельцы» в силу тех или иных причин вытесняют местные виды), уничтожение растений, которые являются кормом для животных, и многое другое.



## Как можно использовать экосистемы для адаптации?

В своём последнем докладе МГЭИК предложила доступные адаптационные решения, которые могут повысить устойчивость к климатическим рискам и, во многих случаях, одновременно обеспечить более широкие выгоды для устойчивого развития.

Одним из таких решений является адаптация на основе экосистем, которая может помочь сообществам адаптироваться к климатическим воздействиям, а также защитить биоразнообразие, улучшить показатели здоровья, укрепить продовольственную безопасность, обеспечить экономические выгоды и повысить улавливание углерода. Многие меры по адаптации на основе экосистем, включая защиту, восстановление и устойчивое управление экосистемами, а также более устойчивые методы ведения сельского хозяйства, такие как интеграция деревьев в сельскохозяйственные угодья и увеличение разнообразия сельскохозяйственных культур, сегодня могут быть реализованы с относительно низкими затратами. Ключом к успеху этих подходов является вовлечение местных сообществ и учёт возможных будущих изменений в экосистемах из-за изменения климата.

Рис. 2.2.1

### Экосистемная адаптация, способная защитить жизни и повысить благосостояние людей.





# ВОПРОСЫ

1

Назовите самую богатую по видовому разнообразию экосистему на Земле.

—

2

Что такое прямые и косвенные причины исчезновения живых организмов? Приведите примеры.

—

3

С чего бы вы с друзьями начали рассказ о важности сохранения биоразнообразия в своём классе? Какие доводы наиболее убедительны для школьников, а какие – для взрослых?

—

4

Почему Красная книга имеет именно такой цвет обложки? Какие вы знаете растения, животные, грибы, занесённые в Красную книгу? Почему они исчезают? Можно ли помочь сохранить их? Какого цвета страницы есть в Красной книге? Для чего понадобилось окрашивать их в разные цвета? Почему с каждым переизданием Красная книга становится всё толще?

—

5

Как потепление климата влияет на северных оленей?

—

6

Кто может считать себя экотуристом?

—

7

Какие меры по адаптации к изменению климата, упомянутые в этой и других главах, вы можете порекомендовать для снижения воздействия изменения климата на биоразнообразие и экосистемы?

—

8

Какие решения являются частью адаптации на основе экосистем?





# ЗАДАНИЕ

Всем классом создайте свою Красную книгу. Пусть каждый из вас нарисует на странице определённого цвета животное, растение или гриб, нуждающийся в охране, и объяснит свой выбор.



## 2.3

# Как изменение климата влияет на леса

### Что такое лес?

Каждый из нас хорошо представляет себе, что такое лес. Однако дать однозначное определение этому понятию, как оказалось, затруднительно. В мире существует более 800 различных определений леса! Самый распространённый подход, используемый Организацией Объединённых Наций (ООН), включает такие показатели, как: 1) высота деревьев – не менее 5 м, 2) сомкнутость крон деревьев (доля земли в тени кроны деревьев) – не менее 10 % и 3) минимальная площадь – 0,5 га. Согласно этому определению, чуть менее 4 млрд га или около 30% от общей территории суши покрыто лесами. Около половины мировых лесных массивов расположено в трёх странах: России, Канаде и Бразилии.

### Типы лесов

Леса обычно классифицируются как вечнозелёные или листопадные и с точки зрения преобладающих древесных пород (широколиственные, хвойные или смешанные). Основные типы растительности и их распространение представлены на Рис. 2.3.1. Среди них различают следующие виды лесов:

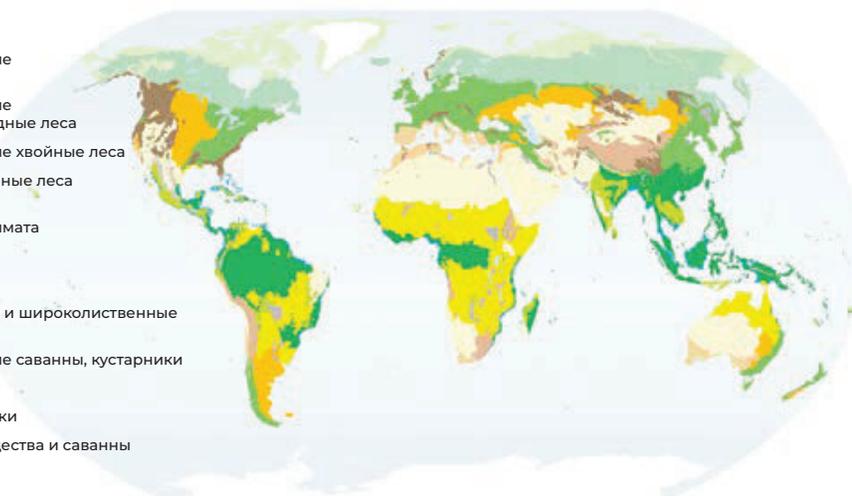
- **Бореальные леса (тайга)** – северные вечнозелёные хвойные леса.
- **Широколиственные** – хвойные и смешанные леса умеренного климата.
- **Средиземноморские леса** – которые обычно состоят из вечнозелёных широколиственных, хвойных и склерофитовых пород. В переводе с греческого языка склерофит означает «жестколистное растение». Такие деревья и кустарники имеют небольшие тёмные листья, покрытые восковым наружным слоем, чтобы сохранить влагу в засушливые летние месяцы.
- **Тропические и субтропические** – влажные вечнозелёные, переменнo-влажные листопадные и хвойные леса.

Рис. 2.3.1

Карта преобладающих типов растительности.

#### Типы растительности

- Тропические и субтропические влажные вечнозелёные леса
- Тропические и субтропические переменнo-влажные листопадные леса
- Тропические и субтропические хвойные леса
- Широколиственные и смешанные леса умеренного климата
- Хвойные леса умеренного климата
- Таёжные (бореальные) леса
- Тундра
- Средиземноморские хвойные и широколиственные леса и кустарники
- Тропические и субтропические саванны, кустарники
- Степи
- Горные степи, луга и кустарники
- Затопляемые травяные сообщества и саванны
- Мангровые леса
- Пустыни
- Льды



## Как леса зависят от климата?

Жизнь леса и его географическое распространение зависят от климатических условий, в первую очередь температуры воздуха и количества осадков. Климат позволяет расти лесам далеко не везде. Северная граница распространения лесов зависит от температуры воздуха. Там, где становится слишком холодно, леса сменяются тундрой. Однако температурные условия, особенно на равнинах, меняются не скачком, а постепенно. Потому на границе леса и тундры формируется переходная зона, в которой можно встретить участки как тундры, так и леса. Такая переходная зона называется лесотундрой (Рис. 2.3.2).

Положение южной границы распространения леса – где лес переходит в степь – определяется количеством осадков. В жарких условиях растение постоянно испаряет влагу с листьев для охлаждения. Если же осадков в летний период немного, то влаги в почве накапливается мало, и у деревьев возникают большие проблемы с её подъёмом на высоту кроны. Потому в тёплых условиях и при небольших осадках преимущество получают невысокие травянистые растения. Так образуются степи.

Помимо климата на площадь лесного покрова серьёзное влияние оказывает рельеф местности, грунты, водоёмы и деятельность человека.

Рис. 2.3.2

Лесотундра.



## Леса умеренного и субарктического климатических поясов

Северные леса, где преобладают хвойные породы (сосна, ель, лиственница, пихта, кедр), называются таёжными (бореальными). Интересно, что в Европейской тайге и Западной Сибири преобладают сосны и ели, а в Центральной и Восточной Сибири – лиственницы. Это связано с наличием многолетней мерзлоты на огромных сибирских территориях к востоку от Енисея. Эта зона оказывается наиболее благоприятной для произрастания лиственницы.

Различия в температурных условиях, например средних температурах летних месяцев, временах схода и установления снежного покрова, приводят к подразделению таёжной зоны на северную, среднюю и южную тайгу.

В северотаёжных лесах высота взрослых деревьев невелика – 10–20 м. В южнотаёжных лесах деревья могут достигать 50 м в высоту (Рис. 2.3.3). Средняя тайга занимает промежуточное место между северной и южной не только по географическому положению, но и по средней высоте деревьев – 20–25 м.

К югу от тайги расположена зона широколиственных лесов (Рис. 2.3.4). Здесь преобладают различные виды дубов, граб, вяз. В лесоводстве такие породы называют твёрдолиственными, то есть лиственными породами с твёрдой древесины. Южнее широколиственных лесов в Восточной Европе и Центральной Азии располагаются степи, а переходная зона называется лесостепью.

Обратите внимание на то, что в Западной Сибири и центральных районах Северной Америки (Рис. 2.3.1) зона широколиственных лесов вообще отсутствует, а тайга непосредственно переходит в степь. В этих регионах из-за континентального климата осадков выпадает мало, там очень сухо, потому широколиственные леса, которым нужно много влаги, не образуются.

**Рис. 2.3.3** Южная тайга.



**Рис. 2.3.4** Широколиственный лес.

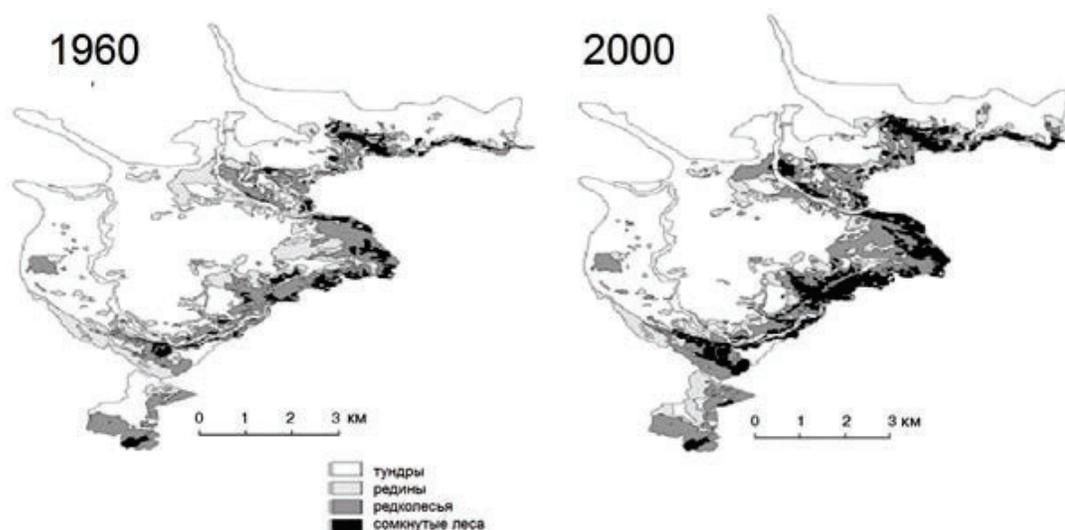


## Влияют ли современные изменения климата на лес?

Интересно, реагирует ли лесной покров на современное потепление климата? Ответ – да! Особенно ярко изменения, связанные с потеплением климата, проявляются на северной границе распространения леса. На Полярном Урале деревья и кустарники поднимаются выше по склонам гор, занимая постепенно пояс горных тундр (Рис. 2.3.5). Верхняя граница распространения лиственных деревьев за последние 80–90 лет поднялась вверх в среднем на 35–40 м (а в некоторых регионах и на 50–80 м). Продвижение кустарников вверх по склону на 50 м и более отмечено в Хибинах на Кольском полуострове (Мурманская область России). Активный рост кустарников, в особенности ив, наблюдается в восточно-европейских тундрах.

Рис. 2.3.5

Изменения растительного покрова на Полярном Урале (бассейн р. Сось).



### Деревья в горах Южной Америки бегут от жары

Деревья и кустарники в горных регионах Южной Америки «убегают» от нестерпимой жары вверх по склонам гор – туда, где воздух ещё прохладен, где ещё можно жить. В Андах деревья поднимаются в среднем на 2,5–3,5 м в год. Для растения, стоящего на месте и способного «идти» только размножаясь, это могучий рывок. Однако из-за глобального изменения климата в Андах теплеет настолько быстро, что деревьям надо преодолевать по вертикали более 6 м в год, чтобы оставаться в комфортной температурной зоне.

Из 38 видов растений, за которыми учёные ведут наблюдение, быстрее всех мигрирует шеффлера: она поднимается примерно на 30 м в год. А вот фикус, по-видимому, обречён: его скорость по вертикали не превышает 1,5 м в год.

Климатические модели говорят о том, что к 2100 году может исчезнуть более 50 % видов тропических растений, если температура на планете повысится на 4 °С.

Южная граница леса тоже меняется. В лесостепной и степной зонах европейской части России происходит постепенное исчезновение дубрав – в основном из-за летних засух. В Байкальском регионе, наоборот, сосновые леса наступают на степные экосистемы, что объясняется увеличением количества осадков. Таким образом, южная граница леса смещается не столько из-за роста температуры, сколько из-за изменения режима увлажнения.

В лесах России за последние десятилетия изменились площади, занимаемые некоторыми древесными породами, и учёные считают, что во многом это происходит из-за потепления климата. Например, дубовые леса сокращаются в южных регионах и, наоборот, увеличиваются севернее, на границе листопадных лесов и северной тайги.

Почти по всей России идёт сокращение площадей еловых лесов. У ели поверхностная корневая система, поэтому она оказывается очень чувствительной к увеличению частоты и продолжительности засух, при этом во многих регионах России увеличивается площадь берёзовых лесов. Это явление хорошо известно лесоводам. Дело в том, что после пожара или вырубki хвойных деревьев на их месте вырастают сначала берёзы и другие мелколиственные породы, и только потом, со временем, появляются новые хвойные деревья, которые постепенно начинают вытеснять мелколиственные берёзу, осину и ольху. Однако в последние десятилетия этого не происходит: скорее всего, хвойные деревья не успевают сменить берёзовые леса.

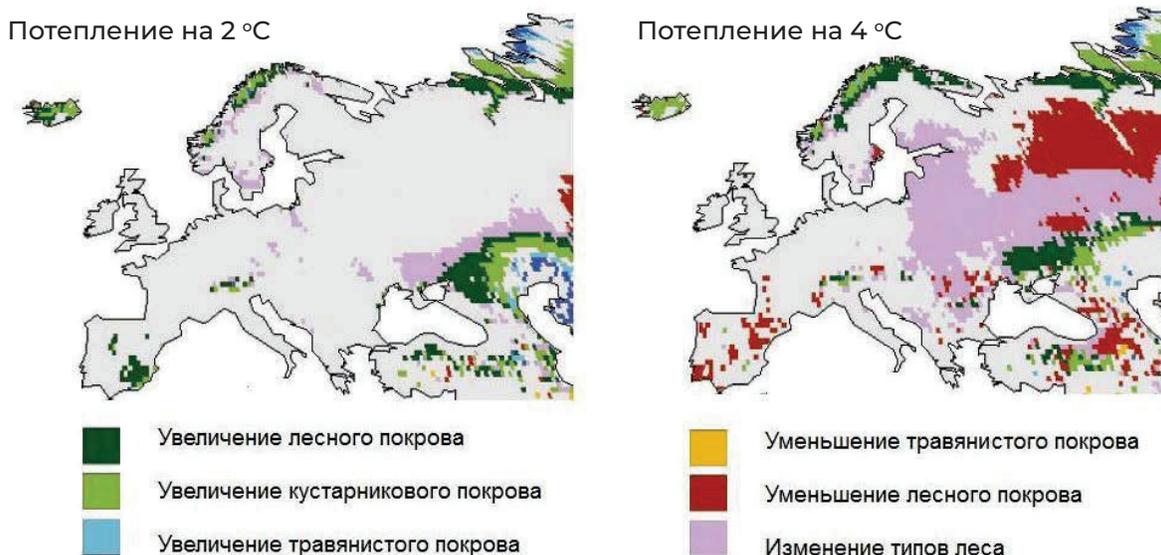
**Рис. 2.3.6** Еловый лес.



Согласно большинству прогнозов, из всех лесных регионов планеты наибольшие изменения, связанные с потеплением климата, будут происходить в северных лесах Евразии и Северной Америки за счёт смещения северной и южной лесных границ. Так, при повышении температуры на 2 °С общая площадь лесного покрова увеличится за счёт распространения лесов в современную зону тундр (Рис. 2.3.7). При повышении температуры на 4 °С отступление лесов будет идти по всей южной границе их распространения, причём оно станет более масштабным, чем продвижение лесного покрова на север, в зону тундр.

Рис. 2.3.7

### Прогнозируемые изменения лесного покрова Европы к 2100 году при потеплении на 2 и 4 °С.



Вызванное изменением климата обезлесение охватит почти всю среднюю полосу Восточной Европы и Западной Сибири. Это очень тревожный прогноз, показывающий, насколько серьёзной может стать ситуация с исчезновением лесов, если осуществится самый неблагоприятный сценарий потепления климата.

### Гибель лесов от пожаров, нашествий вредителей и экстремальной погоды

Ещё одна большая проблема для лесов, связанная с изменением климата, – это масштабные пожары и нашествия вредителей из-за более жаркой погоды в летний период. Жара и другие экстремальные погодные явления часто становятся непосредственной причиной гибели лесов.

Лесные пожары возникают главным образом в результате неосторожного обращения с огнём. Однако для их возникновения нужны определённые погодные условия, а именно, сочетание тёплой и сухой погоды в течение нескольких дней или недель. В этих условиях подсыхает лесная подстилка, состоящая из отмерших листьев, хвои и мелких веточек, мхов, лишайников и трав, растущих под пологом леса. Лесная подстилка быстро воспламеняется, и пожар распространяется на большие площади. Такие пожары называются низовыми.

При распространении огня в хвойных лесах огонь часто выходит в кроны деревьев. Хвоя и мелкие ветви елей и сосен содержат большое количество смолистых веществ, потому они легко загораются и на живых деревьях. В этом случае возникает верховой пожар (Рис. 2.3.8), наиболее опасный и разрушительный, приводящий к полной гибели леса!

Пожары наносят огромный ущерб лесу: гибнет много деревьев, уменьшается их прирост, ухудшается состав лесов, распространяются вредные насекомые. При изменении климата вероятность возникновения пожароопасных ситуаций увеличивается, поскольку повышается температура, что приводит к более быстрому высыханию лесных горючих материалов. Становится более длинным тёплый сезон года, в который могут происходить пожары.



Рис. 2.3.8

Лесной пожар.

Необычно жаркое лето 2010 года в центре Европейской части России ослабило хвойные деревья, приспособленные совсем к другим условиям. Такие ослабевшие деревья – лёгкая добыча для многих видов насекомых, которые живут под корой. В годы с нормальной температурой и влажностью численность этих насекомых контролируется другими видами – и хищными насекомыми, и птицами. Но если жуков-короедов слишком много, лесу на огромных площадях приходит конец! Высохшие деревья остаются сначала без хвои, а потом и без коры. Многочисленные грибы-разрушители древесины продолжают свою невидимую работу, из-за чего корни уже не удерживают деревья. Под сильным ветром они падают одно за другим (Рис. 2.3.9). Из исчезнувшего леса вместе с птицами уходят белки – ведь урожая шишек нет и не предвидится. Если водилась в таком лесу куница, она тоже уйдет в поисках охотничьих угодий побогаче. Зелёный ковёр ландышей и кислицы, ранее укрытый от прямого солнечного света, сменяется зарослями вейника, малинником, крапивой. Словом, меняется весь набор видов!

Однако всё ещё может вернуться к прежнему положению. Так же, как и после пожаров, через сотню-другую лет еловый лес восстановится почти полностью. Но только при условии, что где-то остались такие же нетронутые леса со всем прилегающим набором обитателей. И если в последующие годы не случится столь же необычных колебаний температуры.

Совсем недавно, в сентябре 2021 года, пожары уничтожили более 18,16 млн га российского леса, установив абсолютный рекорд с тех пор, как в стране в 2001 году началось наблюдение за лесными пожарами с помощью спутников. Предыдущий рекорд был установлен в 2012 году, когда пожары охватили 18,11 млн га леса.

Помимо засух, гибель лесов вызывают и другие экстремальные погодные явления: ураганные ветры и смерчи, приводящие к ветровалам (Рис. 2.3.10), ливни, во время которых происходит либо смыв отдельных частей леса, либо отмирание деревьев при длительном затоплении. Массовое повреждение деревьев может вызываться обильно выпавшим мокрым снегом или обледенением. При сильном граде происходит повреждение коры ветвей, что может вызвать заметное ослабление деревьев и их частичное усыхание.

Рис. 2.3.9

Вывал в ельнике, усохшем после засухи 2010 года.



### Ураганные ветры в Костромской области, Россия

В июне 2010 г. на территории Костромской и соседних областей России бушевали сильнейшие ураганные ветры. Их скорость достигала 70–90 км/ч. Пострадали жилые дома и постройки, были оборваны линии электропередач, повалены деревья в населённых пунктах. Большой ущерб был нанесён лесным насаждениям области (Рис. 2.3.10). По оценке исследователей из Костромского государственного университета имени Н.А. Некрасова, ураганы повалили леса на площади 21 тыс. га! Подобные события повторяются с повышенной частотой; последнее наблюдалось в августе 2023 года.

**Рис. 2.3.10** Последствия ветровала в Костромской области (Россия).



История оледенений, современные научные свидетельства и прогнозы показывают, что леса и другие природные экосистемы могут адаптироваться к самым различным климатическим условиям. Но эта адаптация в основном связана с миграциями – то есть изменениями границ природных зон и типов растительности. Во время оледенений леса сохранялись на сравнительно небольшой территории, а обширные пространства Евразии покрывались тундрами и тундростепями. При потеплении лес возвращал себе статус доминирующего типа растительного покрова. Однако современное потепление развивается слишком быстрыми темпами. В этих условиях вполне вероятны не постепенные, а катастрофические смены типов растительного покрова, то есть масштабные усыхания лесов с повышенной вероятностью лесных пожаров.

Потому лучше не доводить глобальное потепление до крайностей, а обеспечить постепенную стабилизацию климатической ситуации на планете!

## Как леса влияют на климат?

Мы с вами узнали, как климат и его изменения влияют на леса. Но оказывается, существует и влияние леса на климат!

Например, зелёный лес меняет отражение солнечного света земной поверхностью, тем самым влияя на количество тепла, поглощаемого Землёй. Разница в температурах между лесом и безлесной территорией особенно заметна в зимний период. Солнечные лучи хорошо отражаются от заснеженных безлесных равнин, и в меньшей степени – от более тёмных пространств, покрытых таёжными лесами.

Лес помогает удерживать влагу в почве и влияет на испарение, делая климат региона более мягким и влажным.

В лесу дольше задерживается снежный покров – так сглаживаются весенние скачки температуры и снижаются риски весеннего разлива реки.

Однако важнейшее для климата свойство лесов связано с углеродным циклом. Лес поглощает углекислый газ из атмосферы и хранит связанный углерод в виде различных органических веществ. А ведь именно углекислый газ, попадающий в атмосферу при сжигании ископаемого топлива, является главной причиной современного потепления климата.

Очень многие знают, что зелёные растения поглощают углекислый газ и выделяют кислород. Этот процесс называется **фотосинтезом**, и происходит он благодаря энергии солнечного света. Поскольку в лесу много зелёных растений – деревья, кустарники, травы – распространено мнение, что леса обогащают кислородом атмосферу планеты. В средствах массовой информации по отношению к лесам часто используется термин «зелёные лёгкие планеты». Поглощение кислорода и выделение углекислого газа – это две стороны единого процесса фотосинтеза, потому можно подумать, что леса непременно удаляют углекислый газ из атмосферы. Но эта точка зрения не вполне правильна!

Чтобы разобраться в процессах обмена углекислым газом между лесом и атмосферой, сначала надо понять, в каком виде лес сохраняет углерод, элемент, который в соединении с кислородом образует углекислый газ. Углерод входит в состав любого органического вещества. К примеру, в сухой древесине около половины массы приходится именно на углерод.



## Что такое пул углерода?

Любой компонент экосистемы, содержащий значительные количества органического вещества, является хранилищем углерода. Эти хранилища учёные называют **пулами** (англ. «pool» – бассейн). Углеродные пулы могут как поглощать, так и выделять углерод. В лесной экосистеме имеется 4 главных пула углерода: 1) фитомасса (масса живых растений), 2) мёртвая древесина, 3) подстилка (опавшие листья, ветки), 4) органическое вещество почвы. Во многих странах считается, что существует ещё один пул, который намного меньше четырёх перечисленных здесь пулов и называется он продукты из заготовленной древесины.

**Пул фитомассы** – это живые растения: стволы, ветви, корни, листва и хвоя деревьев и кустарников, листья и корни трав, мхи (Рис. 2.3.11). Как правило, наиболее велик вклад в фитомассу стволов деревьев, однако в северотаёжных или заболоченных сосновых лесах значительна доля мхов.

**Пул мёртвой древесины** состоит из отмерших деревьев и корней. Процесс отмирания деревьев лесоводы называют отпадом. Естественный отпад происходит в результате конкуренции растущих деревьев за солнечный свет. Более мелкие деревья затеняются своими более крупными собратьями, не получают достаточно света для фотосинтеза и постепенно засыхают. Поэтому молодой лес намного более густой, чем старый. Отпад деревьев может происходить и при различных неблагоприятных ситуациях: лесных пожарах, засухах, вспышках размножения лесных вредителей, техногенных загрязнениях. В нарушенных лесах пул углерода в мёртвой древесине может превышать его запас в живой.

**Лесная подстилка** представлена относительно мелкими фрагментами органического вещества, лежащими на поверхности почвы (Рис. 2.3.13). В первую очередь, это сухие листья и хвоя, мелкие сухие веточки, лепестки цветов, шишки и прочие фрагменты, опадающие с живых растений. Пополнение пула подстилки называют опадом. В листопадных лесах пополнение пула подстилки наиболее интенсивно идёт в период осеннего листопада. В таёжных лесах опад хвои равномернее распределён по сезонам года.

Рис. 2.3.11

**Стволовая древесина даёт главный вклад в пул углерода фитомассы.**



Рис 2.3.12

**Отмёршие деревья входят в пул углерода мёртвой древесины.**



Рис. 2.3.13

**Во время листопада углеродный пул подстилки заметно увеличивается.**



Значительные запасы углерода находятся в **пуле почвы**. Дело в том, что почва состоит из минералов и органических веществ, в первую очередь так называемого **гумуса** – вещества тёмного цвета, представляющего собой результат длительного преобразования растительных остатков (подстилки, мёртвой древесины и отмерших корней). Доля углерода в гумусе равна 58 %, то есть выше по сравнению с фитомассой. Чем темнее почва, тем больше в ней содержится углерода (Рис. 2.3.14).

Некоторые изделия из дерева, такие как высококачественная деревянная мебель и здания с деревянным каркасом, могут удерживать углерод дольше, чем если бы дерево было оставлено в лесу. **Продукты из заготовленной древесины** важны для накопления существующего лесного углерода, а заготовка леса помогает освободить место для роста новых деревьев.

В таёжных лесах в пуле фитомассы содержится 21 % запаса углерода, в мёртвой древесине – 4 %, в подстилке – 3 %, в почве – 72 %. Именно углерод почвы доминирует в этих лесах.

В тропических лесах ситуация несколько иная – на живое и мёртвое органическое вещество приходится до 50 % запасов углерода.

Почему такая разница? В таёжных лесах подавляющая часть отмирающих растений разлагается грибами и бактериями, причём скорость этого разложения невелика. Крупные отмершие стволы деревьев разлагаются в течение десятилетий! Низкая скорость разложения приводит к тому, что в лесу накапливаются значительные пулы мёртвого органического вещества – мёртвой древесины, подстилки и гумуса почвы. В тропическом лесу значительная часть подстилки и мёртвой древесины потребляется животными, в первую очередь термитами. Это увеличивает скорость разложения и уменьшает вклад пулов мёртвого органического вещества в углерод экосистемы.

Рис. 2.3.14

Раз почва тёмная, значит, в ней много углерода.



## Бюджет углерода

Теперь, когда мы знаем всё о пулах углерода в лесной экосистеме, давайте посмотрим, как связаны эти пулы между собой и с атмосферой (Рис. 2.3.15). Учёные называют такую схему бюджетом углерода, по аналогии с экономикой, в которой бюджет – это доходы и расходы финансовых ресурсов предприятия или семьи.

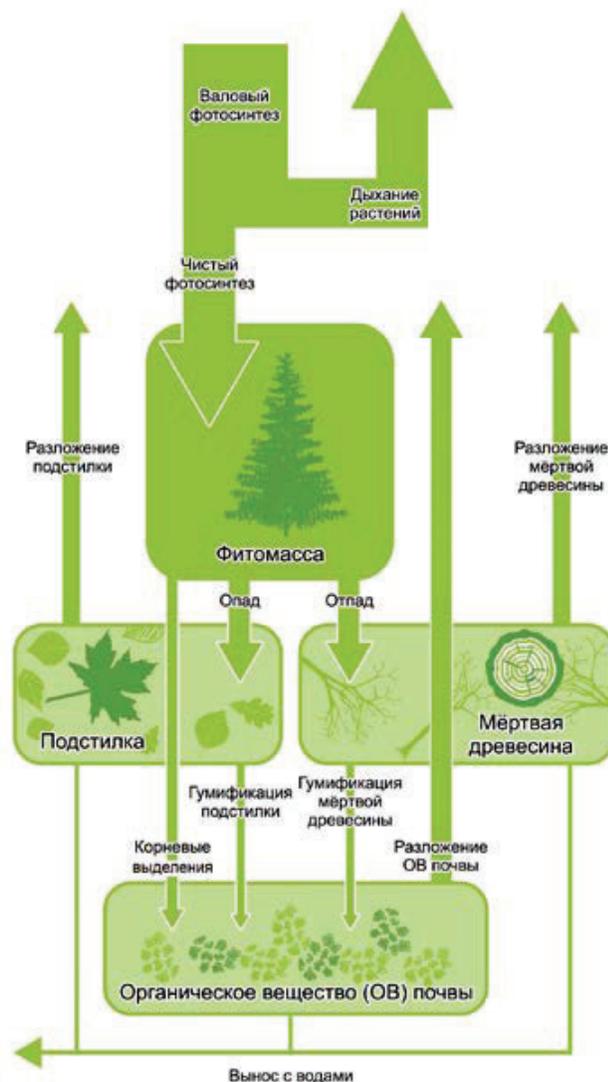
Единственной «доходной» статьёй **бюджета углерода** в лесной экосистеме является фотосинтез. При валовом фотосинтезе создаётся органическое вещество. Первые, кто использует его, – сами растения. Почти половина созданного при фотосинтезе вещества разлагается в процессе дыхания самих растений, а углерод этого вещества возвращается в атмосферу. Оставшуюся часть органического вещества называют чистым фотосинтезом, его углерод пополняет пул фитомассы.

Многочисленные живые организмы, обитающие в лесу, потребляют органическое вещество растений. Это гусеницы бабочек и другие насекомые, поедающие листву деревьев, птицы и грызуны, собирающие плоды и семена, лесные копытные, питающиеся травой и молодыми ветвями.

В тайге и умеренных лесах значительная часть древесной фитомассы отмирает, и эти растительные остатки становятся добычей грибов и бактерий (Рис. 2.3.16). Отмирание целого растения (например усыхание дерева) является **отпадом**, а отдельных частей (например листьев осенью) – **опадом**. Эти потоки пополняют пулы мёртвой древесины и подстилки.

Рис. 2.3.15

Схема бюджета углерода лесной экосистемы.



При дыхании грибов и бактерий углерод органического вещества связывается с кислородом и возвращается в атмосферу в виде углекислого газа. Результатом является разложение мёртвой древесины и подстилки. Небольшая часть вещества этих пулов превращается в гумус и пополняет пул углерода почвы (этот процесс называют **гумификацией**). Углерод попадает в почву и из живых растений в виде органических веществ корневых выделений.

Органическое вещество почвы также разлагается грибами и бактериями с выделением углекислого газа в атмосферу. Некоторая часть углерода выносится из экосистемы с грунтовым и поверхностным стоком воды: вы наверняка видели осенью опавшие листья, плывущие по лесным ручьям.

Леса, где много зрелых и старых деревьев, поглощают из атмосферы такое же количество углекислого газа, как и выделяют. Углеродные пулы в таком лесу остаются с течением времени постоянными. Здесь в полной мере проявляется родство слова «пул» с бассейном: когда бассейн полон до краёв, в него уже не залить дополнительных объёмов воды. Точно так же и углеродные пулы зрелого леса заполнены почти до конца. Однако это не значит, что такие леса не играют роли в регуляции газового состава атмосферы. Просто период активного поглощения углерода в этих лесах остался в прошлом, а ныне они являются хранителями «законсервированного» углерода, то есть того, который уже не может вызывать парниковый эффект.

Молодые растущие леса по своему углеродному бюджету отличаются от старовозрастных. Молодые леса накапливают запасы углерода, удаляя его из атмосферы. Этот углерод накапливается в пулах. Поэтому именно молодые леса в полной мере можно считать «зелёными лёгкими» планеты!

Рис. 2.3.16

**Гриб-трутовик разлагает мёртвую древесину и возвращает углерод в атмосферу.**



## Различия в воздействии лесов на атмосферу

Мы выяснили, чем различаются молодые и старые леса: молодые растущие леса поглощают углекислый газ из атмосферы и благодаря этому могут частично компенсировать выбросы этого газа от сжигания угля, газа и нефти. Зрелые леса хранят огромное количество углерода в связанном виде, не допуская образования углекислого газа и его участия в парниковом эффекте. Поэтому, если мы хотим использовать леса для предотвращения климатических изменений, мы должны: 1) сажать новые молодые леса там, где лесов раньше не было; 2) сохранять существующие леса.

В развитых странах (США, Канаде, странах Европейского союза и других) много молодых лесов, которые поглощают углекислый газ из атмосферы. В этих странах экономика уже сложилась, и стремительного сокращения площади лесов не происходит. Многие из этих стран (например США, Канада, Швеция, Италия) в последние десятилетия ещё и поощряют собственников земель, сажающих новые леса!

Поскольку тайга и умеренные леса растут и поглощают углерод в течение десятков, а иногда и сотен лет, в тех местах, где происходили нарушения лесного покрова в XX веке, сейчас возобновляются леса и происходит накопление ими углерода. Яркий пример – восстановление хвойного леса вблизи тихоокеанского побережья Канады. В начале XX века эта территория была покрыта гигантскими хвойными лесами из пихты Дугласа и красного кедра, достигавшими высоты 80–90 м. К середине XX века эти леса были вырублены. До сих пор на местах бывших вырубок можно увидеть гигантские пни диаметром более 2 м (Рис. 2.3.17). Позже в Канаде были приняты строгие природоохранные законы, которые способствовали восстановлению лесов на местах бывших рубок.

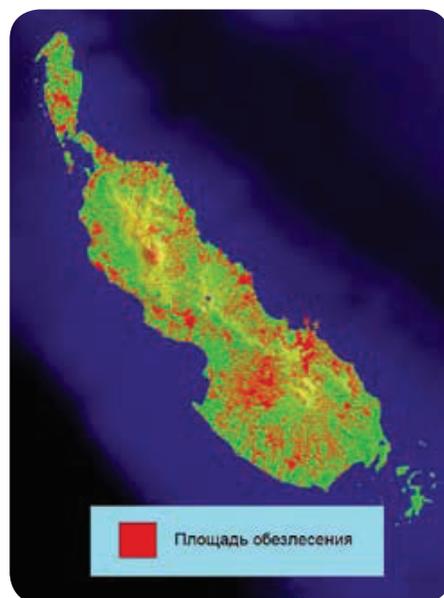
Рис. 2.3.17

**Гигантский пень в лесах западной Канады (провинция Британская Колумбия) – свидетельство интенсивных рубок первой половины XX века.**



Рис. 2.3.18

**Территории острова Бугенвиль (Папуа Новая Гвинея), потерявшие лесной покров за 1972–2002 годы.**



Совершенно иная ситуация в развивающихся странах, особенно в Южной Америке, Юго-Восточной Азии и Океании. Население и экономики этих стран быстро растут, поэтому постоянно требуются новые территории для устройства сельскохозяйственных полей, размещения фабрик и заводов, строительства городов, посёлков и дорог. Эти дополнительные территории в основном образуются за счёт уничтожения тропических лесов. Площади вырубок быстро превращаются в сельскохозяйственные земли, потому что восстановления лесов и последующего поглощения углекислого газа не происходит. Фотография, сделанная в тропической части Аргентины (Рис. 2.3.18), показывает начало уничтожения леса. Лесные земли ранее принадлежали армии, но в начале 2000-х годов были переданы в муниципальное управление. Муниципалитет выдал разрешение на сельскохозяйственное освоение этих земель, и началась вырубка.

В некоторых тропических регионах вырубка лесов происходит очень быстро. Вырубка лесов в Папуа-Новой Гвинее масштабна и там ежегодно теряется 1,4 % тропических лесов. Незаконная вырубка леса является основной причиной сокращения лесов и источником 70-80 % всего экспорта древесины. За период с 1972 по 2002 гг. страна потеряла более 5 млн га лесов, уступив среди тропических стран только Бразилии и Индонезии (Рис. 2.3.18). В результате, выбросы парниковых газов из-за вырубки лесов в Новой Гвинее увеличились более чем вдвое за 30-летний период. Благодаря усилиям по сохранению тропических лесов, темпы вырубки лесов в последнее время замедлились в среднем примерно до 0,5 % в год.

Сейчас около 10 % количества углекислого газа, выбрасываемого в атмосферу человеком, образуется из-за вырубки тропических лесов. Организация Объединённых Наций учредила программу под названием «Сокращение выбросов в результате обезлесения и деградации лесов» как шаг на пути к глобальной системе сокращения выбросов парниковых газов, вызванных вырубкой лесов в развивающихся странах. Создаются двусторонние международные проекты по сохранению тропических лесов, например соглашения между Бразилией и Норвегией, Австралией и Индонезией. Некоторые развивающиеся страны, например Китай, Индия и Коста-Рика, проводят собственные программы по увеличению площади лесов. Но в целом ситуация с сохранением запасов углерода тропических лесов пока весьма тревожная.

**Рис. 2.3.19**

**Бывшая лесная территория (Аргентина).**



## Исчезновение тропических лесов

Тропические дождевые леса – одна из важнейших экосистем планеты. Это самая богатая с точки зрения видового разнообразия экосистема. Тропические леса – источник древесины, пищи, медицинских материалов. Они играют очень важную роль в регуляции климата на Земле. Исчезновение тропических лесов приводит к разрушению плодородного слоя почвы, сокращению биоразнообразия, нарушению экологического баланса на больших территориях и на планете в целом.

Несмотря на разные меры, леса исчезают очень быстро. Быстрее всего площадь лесов сокращается в Южной Америке и Африке, где с 2005 по 2010 годы было утрачено около 3,6 млн и 3,4 млн га леса.

Сегодня влажные тропические леса покрывают лишь 5 % земной поверхности, а сто лет назад покрывали 12 %. И каждый год вырубается или сжигается участок леса, по площади превосходящий Англию, – 130 тыс. км<sup>2</sup>. В ОДБ МГЭИК пришла к выводу, что с 2010 года темпы обезлесения в целом по миру сократились, а чистый лесной покров увеличился. Правительственные инициативы и международные моратории помогли сократить вырубку лесов в Амазонии в период с 2004 по 2015 год, в то время как восстановление лесов произошло в Европе, Евразии и Северной Америке. Однако долгосрочное поддержание низких темпов вырубки лесов является сложной задачей: за последние четыре года наблюдается рост темпов вырубки лесов в Амазонии и других регионах.

Одной из основных причин вырубки лесов является превращение лесов в сельскохозяйственные угодья с целью прокормить растущее население. Тропические леса часто заменяются плантациями для производства пальмового масла, сои, какао, каучука и кофе, а также для выпаса скота. Неконтролируемое сведение лесов для добычи полезных ископаемых представляет собой еще одну угрозу тропическим лесам Южной Америки. Всё это является основными причинами исчезновения тропических лесов, уничтожения некоторых из самых богатых с точки зрения биоразнообразия мест на Земле, где обитают такие виды животных, как ягуары, ленивцы, орангутанги, туканы и лемуры.



Что можно сделать, чтобы спасти леса? В первую очередь, странам, имеющим большие площади тропических лесов, таким как Перу, Эквадор или Индонезия, необходимо предложить выгодные в экономическом отношении альтернативные виды хозяйственной деятельности, для которых не нужно вырубать деревья. Иначе уничтожение растительности продолжится ради добычи полезных ископаемых и производства продовольствия.

Экономические стимулы и регулирование могут помочь уменьшить обезлесение и предотвратить потерю лесов. Бразилия добилась значительных успехов в сокращении вырубки лесов в бассейне Амазонки в конце 2000-х и начале 2010-х годов. Причиной сокращения стали экологические законы, новый Лесной кодекс, улучшение надзора за незаконными рубками и мораторий на разведение сои в Амазонии. Однако из-за отсутствия достаточного уровня контроля произошёл резкий всплеск вырубки лесов. В последние годы Индонезия добилась успехов в замедлении вырубки лесов с помощью моратория на расширение производства пальмового масла, хотя эксперты предупреждают, что эта мера ненадёжна по тем же причинам: недостаточно сильные экономические стимулы и меры контроля.

## Как управлять углеродным балансом лесов

Баланс углерода в лесу зависит от многих факторов, из которых самые важные – это воздействие человека, катастрофы (лесные пожары, вспышки размножения вредителей и другие), а также изменения климата. Оказывается, балансом углерода лесов можно управлять! Если сильно сократить объёмы заготовок древесины, то леса будут поглощать больше углерода из атмосферы.

Один из таких проектов осуществляется на Дальнем Востоке России. Идея проекта – отказаться от промышленных рубок кедровошироколиственных лесов бассейна реки Бикин, допускается лишь заготовка дров коренным населением (Рис. 2.3.20). При этом проект предлагает местным жителям развивать традиционные формы использования лесов: сбор кедровых орехов, ягод, грибов, папоротника, лекарственных растений.

Также важно снижать ущерб от лесных пожаров. Подавляющая часть пожаров возникает по вине человека. Это оставленные не погашенными во время пикников костры, брошенные на сухую подстилку или лишайники дымящиеся окурки, поджигание сухой травы (Рис. 2.3.21) и другие ситуации, вызванные неосторожным обращением с огнём на природе. Такой обычный призыв «Берегите лес от пожара!» в условиях климатических изменений звучит по-новому актуально. Если вам удастся отговорить своих друзей от поджога травы или тополиного пуха, залить костёр после семейного отдыха в лесу, вы можете с полным основанием считать, что внесли свой собственный вклад в предотвращение климатических изменений!

Рис. 2.3.20

**Кедрово-широколиственный лес бассейна р. Бикин осенью.**



Рис. 2.3.21

**Горит подожжённая людьми сухая трава.**



В целом ученые различают адаптацию для естественных и управляемых лесов. Адаптация естественных лесов включает меры по сохранению, защите и восстановлению лесов. В управляемых лесах варианты адаптации включают устойчивое управление лесами, диверсификацию и корректировку состава древесных пород для повышения устойчивости, а также управление повышенными рисками, связанными с вредителями и болезнями, а также лесными пожарами. Управление лесами часто применяется в качестве стратегии борьбы с засухой, снижения риска пожаров и сохранения биоразнообразия ландшафтов и рабочих мест в сельской местности. Восстановление естественных лесов и осушенных торфяников, а также повышение устойчивости управляемых лесов в целом повышают устойчивость пула углерода и увеличивают его поглощение лесами.

В докладе МГЭИК ОДб, в разделе, касающемся лесов Европы и России, отмечается, что успешные стратегии адаптации лесов включают изменение состава пород деревьев для повышения устойчивости лесов. Увеличение разнообразия пород деревьев и увеличение площадей охраняемых территорий, снижают уязвимость к вредителям и патогенам, повышают устойчивость к природным воздействиям и могут повысить поглощение углерода, биоразнообразие и качество воды. Подходы к активному управлению, включая лесовосстановление, могут ограничить воздействие пожаров на продуктивность лесов, включая управление сокращением расхода топлива, предписанное сжигание, переход от хвойных к лиственным – менее огнеопасным породам, воссоздание смешанных лесов и агролесоводство.



# ВОПРОСЫ

1

Какие леса называют таёжными?

—

2

Какая древесная порода преобладает в лесном покрове Восточно-Европейской тайги и почему?

—

3

Как смещается в последние десятилетия граница лес- тундра и почему?

—

4

Предположим, что к концу этого века потеплеет на 4 °С. Как это отразится на лесах?

—

5

Как хозяйственная деятельность человека влияет на леса?

—

6

Какие основные пулы углерода имеются в лесной экосистеме?

—

7

Могут ли растения дышать?

—

8

Какие организмы разлагают мёртвые растительные остатки?

—

9

Могут ли старовозрастные леса очистить атмосферу от лишнего углекислого газа?

—

10

Почему тропические леса теряют запасы углерода?

—

11

Какие меры по адаптации к изменению климата, упомянутые в этой и других главах, рекомендуются для снижения воздействия изменения климата на леса Европы и России?





# ЗАДАНИЯ

1

## Эксперимент

Цель: выяснить, какие деревья и кустарники наиболее чувствительны к потеплению.

Материалы: нераспустившиеся ветки деревьев, ёмкости с водой.

Ход эксперимента. Эксперимент проводится за несколько недель до типичных сроков снеготаяния в регионе. На улице срезается несколько веток с различных древесных и кустарниковых пород (берёза, вяз, ива, тополь, клён). Ветки устанавливаются в ёмкости с водой, начинаются периодические наблюдения. Отмечается увеличение размеров почек, сроки, когда почки лопаются, увеличение листочков. Измерения размеров почек проводятся и на улице. После распускания листьев деревьев на улице строятся графики увеличения размеров почек и листьев в помещении и на улице. В заключение эксперимента делается вывод о том, какие породы деревьев более чувствительны к потеплению (быстрее реагируют на тепло).

2

## Эксперимент

Цель: выяснить, у какой породы деревьев в древесине содержится больше углерода.

Материалы: несколько брусочков разной древесины (дуб, ель, берёза, осина и другие), линейка, весы.

Ход эксперимента. Измерим размеры каждого брусочка, рассчитаем объём (умножим длину на ширину и на высоту брусочка) и взвесим его. Разделим вес брусочка на его объём, так мы узнаем, сколько грамм весит кубик древесины со стороной 1 см. Разделим получившееся число на 2, это будет вес только углерода в этом кубике. Обсудим получившийся результат и сделаем вывод о том, в какой древесной породе пул углерода больше, а значит именно такие леса предпочтительно сажать с целью снижения парникового эффекта.

# 3

## Эксперимент

Цель: сравнить количество кислорода и углекислого газа, выделяемое растениями на свету и в темноте.

Материалы: две большие стеклянные ёмкости с герметичной крышкой и водой (примерно треть объёма), черенки растений с крупными листьями, лучинка, спички.

Ход эксперимента. Внутри каждой высокой прозрачной ёмкости помещают черенки растений и герметично закрывают. Одну ёмкость ставят в тёплое, светлое место, другую закрывают тёмным покрывалом. Через 1–2 дня с помощью горящей лучинки проверяют, в какой из них пламя горит ярче: результат оценивается сразу после снятия крышки, пока газ не улетучился. Наблюдают за яркой вспышкой пламени лучинки, внесенной в «светлую» ёмкость сразу после снятия крышки. В «тёмной» банке лучинка, наоборот, слегка затухает. Делается вывод о том, что на свету растение выделяет больше кислорода, чем углекислого газа, а в темноте наоборот.



## 2.4

# Как изменения климата влияют на водные ресурсы

### Вода в природе

Среди огромного числа химических соединений, встречающихся на нашей планете, особое место занимает вода – та самая вода, что течёт из кранов в наших домах, которую кипятят в чайниках и которой полны реки, озёра, моря и океаны.



Вода может пребывать в разных состояниях: в твёрдом, жидком и газообразном. Зимой, когда температура воздуха ниже 0 °С, чаще всего на улице мы видим замёрзшую воду – лёд. Из крана вода течёт в жидком состоянии, а та струя пара, которая бьёт из закипевшего чайника – это газообразное состояние воды. Между прочим, в облаках вода очень часто находится сразу в трёх состояниях – и именно с этим связаны разные формы облаков!

Рис. 2.4.1 Серебристые облака над Швецией.

Одно из красивейших атмосферных образований – **серебристые облака**. Они расположены на высоте 76–85 км над землёй и образуются исключительно из ледяных кристаллов, температура которых и определяет их фантастический вид. Серебристые облака можно увидеть только в ночное время в полярных широтах, когда они подсвечиваются Солнцем, уже зашедшим за линию горизонта.



Наука, изучающая воду, называется **гидрология**. Считается, что первые гидрологические исследования проводили 5 тыс. лет назад древние египтяне на реке Нил: они отслеживали высоту паводков и делали отметки на стенах зданий, скалах или береговых лестницах.

Если бы на нашей планете не было воды, то на ней не было бы и жизни в её современном понимании: многие виды растений и животных состоят частично из воды, и процент её содержания в их телах довольно велик. Например, мы с вами (как и все люди) на 60 % состоим из воды. Этот показатель зависит от возраста: организм у новорождённых детей состоит из воды на 86 %, а у пожилых людей – лишь на 50 %. Поэтому пить воду для людей исключительно важно – ведь известно, что без еды человек может прожить около месяца, а без воды только от 3 до 10 суток.

Вода на Земле принимает множество форм, которые находятся в постоянном движении и взаимодействии, образуя круговорот воды. Круговорот воды (Рис. 2.4.2) – это процесс, посредством которого вода циркулирует между океанами, атмосферой и сушей Земли, включая осадки в виде дождя и снега, сток ручьёв и рек и возврат в атмосферу через испарение и транспирацию растений. На круговорот воды влияют как климатические, так и другие факторы.

**Рис. 2.4.2** Круговорот воды и влияние на него человека.



Вся вода на Земле, которая используется или может быть использована человеком, – это водные ресурсы. К ним относятся все воды рек, озёр, каналов, водохранилищ, морей и океанов, подземные воды, почвенная влага, вода (льды) горных и полярных ледников, и даже водяные пары атмосферы.

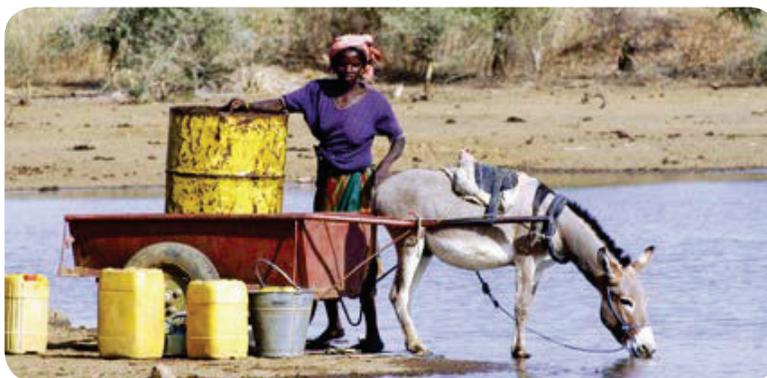


Более 97 % всей воды на планете находится в океанах и морях. Известно, что в океане вода солёная, и для питья она непригодна. В реках, озёрах, ручьях и других поверхностных источниках пресной воды, а также подземных водах содержится менее 1 % всего объёма воды на планете! Казалось бы, это совсем немного, но существует и более обширный запас пресной воды – это ледники и ледяные шапки Антарктиды и Гренландии. На их долю приходится 2 % всей воды на земле – почти в 8 раз больше, нежели в реках и озёрах вместе взятых!

Таким образом, одной из основных экологических задач можно считать сохранение запасов питьевой пресной воды – ведь без неё человек не сможет существовать!

Проблема нехватки питьевой воды усугубляется глобальным изменением климата, а также ростом потребности в продовольствии и средствах гигиены увеличивающегося населения Земли. С начала XX века население земного шара выросло с 1,6 до более чем 8 млрд человек! В большинстве стран в последние десятилетия использование воды увеличилось в связи с ростом населения, изменениями в образе жизни и развитием сельскохозяйственного производства. Около 70 % всей пресной воды, используемой человеком, приходится на орошение полей. По мнению экспертов ООН, к 2050 году для производства продуктов питания будет необходимо почти 90 % мировых ресурсов пресной воды.

Эксперты ООН также указывают на то, что питьевая вода неравномерно распределена по материкам: в Азии проживает 60 % населения планеты, однако оно имеет доступ лишь к 1/3 водных ресурсов. По данным Всемирной организации здравоохранения, в 2020 году примерно каждый четвёртый человек не имел в своих домах чистой питьевой воды, а почти половина населения мира не имела надлежащих санитарных условий, в большинстве своём в Африке.



В 2015 году ООН были приняты «Цели в области устойчивого развития», среди которых Цель 6 – обеспечить к 2030 году всеобщий и справедливый доступ к чистой воде и системе санитарии.

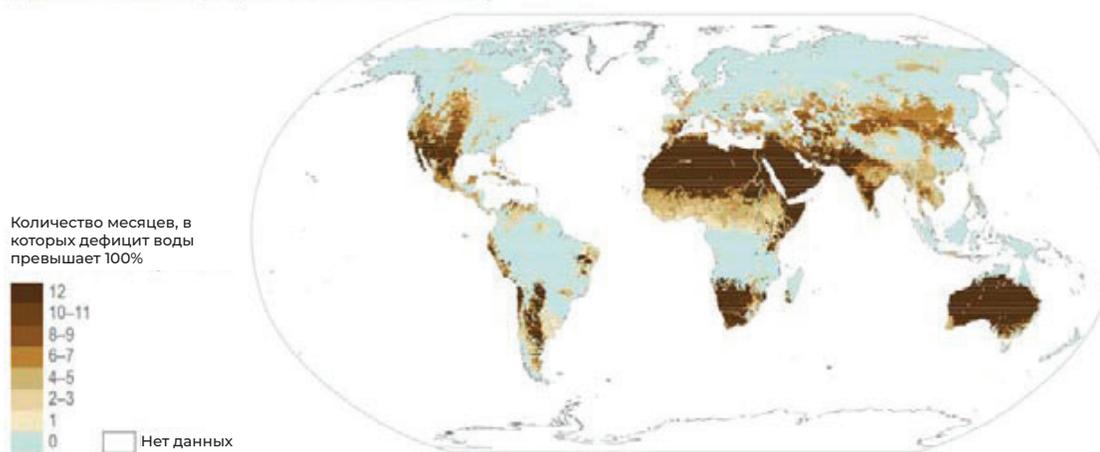
### Как изменение климата влияет на водные ресурсы?

Все источники пресной воды на Земле (реки, озёра, болота, снежный покров, ледники, грунтовые воды) теснейшим образом связаны с климатом. В известной степени все они — продукт климата, хотя, безусловно, зависят от других компонентов природы.

Мы уже знаем, что из-за потепления климата во многих районах планеты, вероятно, увеличится частота сильных дождей, что приведёт к катастрофическим наводнениям. В других районах, наоборот, прогнозируется сокращение осадков, в результате чего будут чаще случаться экстремальные засухи. И, увы, районы, которые и так страдают от переизбытка влаги, станут ещё более влажными, а засушливые территории, особенно районы, которые находятся в центральных частях материков, будут всё чаще бороться с последствиями засух.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата отмечает, что особенно сильно будут страдать от недостатка воды из-за меняющегося климата засушливые районы мира – в первую очередь, Средиземноморские страны, Запад США, южные районы Африки, Северо-Восток Бразилии. Учёные определяют несоответствие между спросом на пресную воду и её наличием как дефицит воды. По оценкам, около половины населения мира, или четыре миллиарда человек, живут в условиях острой нехватки воды не менее одного месяца в году (Рис. 2.4.3). Почти половина этих людей проживает в Индии и Китае. Хотя регионы с высоким дефицитом воды и так естественно засушливы, влияние человека на климат снижает доступность воды в этих и во многих других регионах. По прогнозам, при потеплении на 2 °C во всем мире от 800 миллионов до 3 миллиардов человек будут испытывать хроническую нехватку воды из-за засухи, а при потеплении на 4 °C – примерно до четырёх миллиардов человек, учитывая только последствия изменения климата и исходя из нынешней численности населения Земли.

**Рис. 2.4.3** Дефицит воды в мире сегодня.

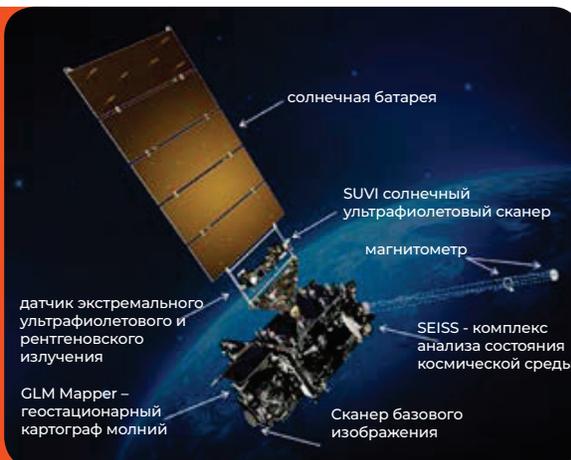


Примечание: дефицит воды определяется как отношение между спросом на пресную воду и её доступностью. Вот почему, когда мы говорим о регионах с дефицитом воды, мы обычно указываем период времени, когда это отношение превышает 100%.

Изменение климата также заметно повлияет на ледники и снежный покров. Метеорологические спутники (Рис. 2.4.4) показывают, что во всём Северном полушарии Земли за последние 45 лет площадь, занятая снегом, заметно уменьшилась. Иначе говоря, теперь снега не найти в тех местах, где ещё в 1970-х годах можно было играть в снежки поздней осенью или ранней весной. Самое заметное уменьшение снежного покрова в горах отмечено на западе Северной Америки и в Швейцарских Альпах – главным образом, на небольших высотах.

**Рис. 2.4.4** Метеорологический спутник.

**Метеорологический спутник** – искусственный спутник нашей планеты, созданный для получения из космоса метеорологических данных о Земле, которые используются для прогноза погоды или наблюдений за климатом. С помощью других искусственных спутников возможна передача сигнала телевизионных каналов, работа автомобильных навигаторов и многого другого.



Изменения в количестве и режиме выпадения осадков, таяние горных ледников и общее повышение температуры на планете – все эти проявления изменения климата приводят к тому, что постепенно меняется сток рек (то есть объём воды, который речной поток переносит). Обычно сток рек меняется от сезона к сезону, однако есть некоторые многолетние закономерности. Получается, что из-за изменения климата привычная работа реки нарушается. В результате могут происходить крупные наводнения и затопление населённых пунктов вдоль реки или, наоборот, русло может пересохнуть. В умеренных широтах реки стали позже замерзать и раньше освобождаться ото льда. Все эти изменения необходимо учитывать при планировании хозяйственной деятельности. Ведь, как известно, река играет огромную роль в экономике. Это транспортная артерия для перевозки грузов и пассажиров, источник энергии для гидроэлектростанций, источник пресной воды для людей и орошения полей.

#### **БАССЕЙН ВОДОЁМА** (водосборный бассейн, водосбор)

Часть суши, с которой все поверхностные и грунтовые воды стекают в определённый водоём, включая различные его притоки.

Рис. 2.4.5

Самый большой водосборный бассейн у р. Амазонки в Южной Америке – его площадь составляет 7 млн км<sup>2</sup>.

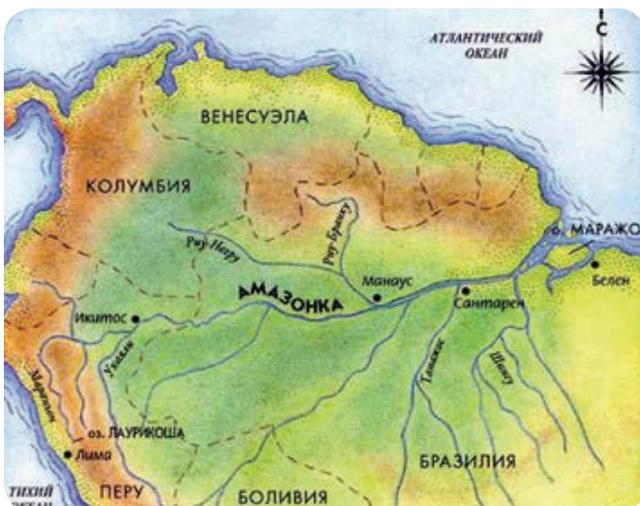


Рис. 2.4.6

Нил – самая протяжённая река в мире.



Страны, которые имеют самые большие запасы пресной воды на Земле, – это Бразилия (через её территорию протекает самая полноводная река в мире – Амазонка), Россия и Канада. Однако запасы пресной воды распределены во всем мире крайне неравномерно. Около 700 млн человек в 43 странах уже сегодня страдают от засух и нехватки воды. Даже в странах, обеспеченных водными ресурсами, таких как Бразилия или Россия, есть засушливые области с недостаточными запасами пресной воды (Рис. 2.4.9). Изменения климата только усугубляют эту природную «несправедливость»: бедные водой регионы станут ещё более засушливыми и будут испытывать постоянный «водный стресс»

Рис. 2.4.7

Байкал – самое большое пресноводное озеро на Земле.



Рис. 2.4.8

Прогнозируемое сокращение водных ресурсов в США: а) без учёта изменений климата и б) с учётом климатических рисков.

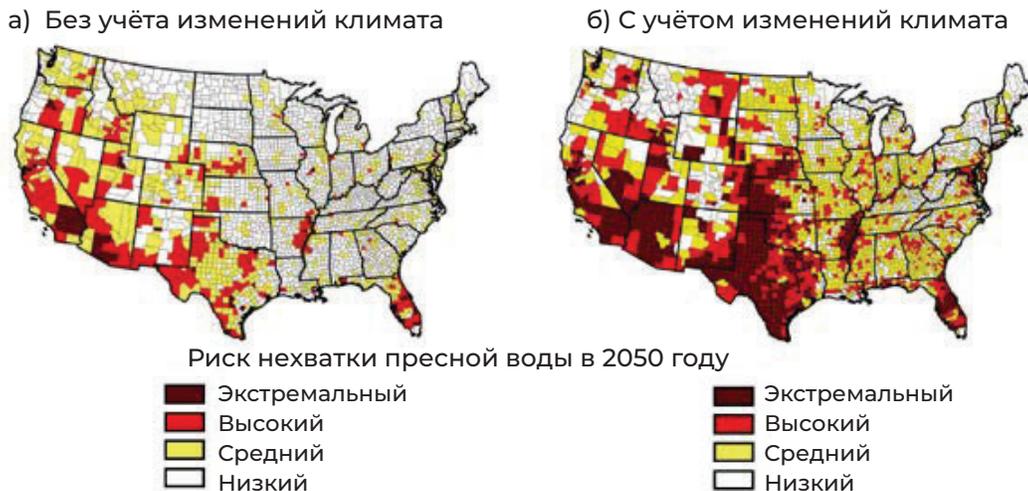


Рис. 2.4.9

Жители южных регионов России и Центральной Азии уже столкнулись с проблемой нехватки воды.



### Как можно снизить риски и обеспечить адаптацию?

До недавних пор руководители, ответственные за водное хозяйство, не задумывались о том, что из-за изменений климата им придётся пересматривать всю систему управления водными ресурсами. Однако без этого уже никак не обойтись. Если заранее не принять соответствующих предупредительных мер, ущерб от неожиданных сильных засух, наводнений или от сокращения запасов пресной воды может быть огромным. Учёные отмечают, что адаптация к рискам и воздействиям, связанным с водой, составляет большую часть всех предпринятых мер адаптации к изменениям климата во всем мире. Поскольку многие из этих мер связаны с ведением сельского хозяйства, они обсуждаются в следующем разделе пособия. Здесь же мы рассмотрим некоторые другие меры.

Во-первых, необходимо постоянно совершенствовать метеорологические прогнозы. Они помогают заранее предсказать вероятность наступления того или иного опасного погодного явления – будь то сильный ливень или экстремальная засуха.

Во-вторых, есть множество инженерных решений, которые снижают риски для людей и инфраструктуры. Это может быть строительство новых плотин и водохранилищ на реках, чтобы было легче регулировать их сток, сооружение специальных дамб вдоль берега реки, защищающих прибрежные поселения от сильных наводнений.

В-третьих, необходимо улучшить систему потребления воды и изменить поведение потребителей. Это можно сделать, например, путём сбора дождевой воды или повторного использования воды для различных нужд. Уже существуют специальные установки по опреснению морской воды (Рис. 2.4.10). Ну и конечно необходимо помнить о том, что воду надо расходовать экономно!

Рис. 2.4.10

**Завод по опреснению морской воды,  
Объединённые Арабские Эмираты.**



В-четвёртых, мы можем более широко применять природные решения для адаптации к нехватке воды. Примеры таких природных решений включают использование естественных или полустественных систем, например, водно-болотных угодий, здоровых пресноводных экосистем и т. д., для снабжения чистой водой, регулирования наводнений, улучшения качества воды и борьбы с эрозией. Примеры таких решений в городах – интеграция экологических решений в городское планирование для предотвращения последствий экстремальных осадков как, например, в Нью-Йорке и Копенгагене. Согласно базе данных Проекта по раскрытию углеродной информации (Carbon Disclosure Project) каждый третий город использует природные решения для борьбы с климатическими угрозами, связанными с водой.

### **Адаптация, использующая знания коренного и местного населения: как древние индейцы Латинской Америки адаптировались к меняющемуся климату**

Основным источником существования для коренных народов Центральной и Южной Америки были сельскохозяйственные культуры, которые они выращивали вокруг своих поселений. В высокогорных районах, где зародились многие древние цивилизации индейцев, производство продовольствия было ограничено из-за неравномерного распределения водных ресурсов. Во время сезона дождей недостатка в воде не было. А как же обстояли дела в сухой сезон?

Во время сухого сезона основным источником воды были реки, берущие своё начало из высокогорных ледников. Однако реки обеспечивали водой только поселения вдоль речной долины. Чтобы иметь постоянный доступ к воде, древние индейские племена вынуждены были придумывать различные технологии и приспособления.

Древние цивилизации индейцев умели улавливать, фильтровать и хранить дождевую воду, строить наземные и подземные оросительные каналы, устройства для измерения количества хранимой воды. Они даже сумели соединить речные бассейны Тихого и Атлантического океанов. Ими была разработана система прогнозирования погоды. Они определяли, когда должен начаться сезон дождей, а когда сухой сезон, чтобы лучше организовать посев и сбор урожая.

Инженерные возможности коренных народов Америки также позволяли выпрямлять русла рек и строить мосты, висячие или с опорами, установленными на дне реки. Древние индейцы также использовали проточную воду для досуга и религиозных церемоний. Например, священники культуры Чавин пускали проточную воду по трубам внутри храмов, чтобы получить звук, похожий на рычание ягуара (ягуар был одним из их божеств).

Вода также использовалась для выпиливания каменных блоков, применяемых в строительстве. Вода просачивалась в хитроумно проделанные щели и замерзала там ночью при минусовой температуре, постепенно создавая в камне трещины правильной формы.

То есть индейцы Центральной и Южной Америки, которые жили на огромной территории от современной Мексики на севере до Чили и Аргентины на юге, были первопроходцами по использованию различных технологий для адаптации к неблагоприятным климатическим условиям.

Сегодня, в условиях меняющегося климата и капризов погоды, было бы чрезвычайно полезно вспомнить и обновить, с учётом современных научных знаний, древние меры адаптации.



**Рис. 2.4.11**

**Система сбора воды в Наска (южное побережье Перу) для подземных акведуков и подачи в слои грунтовых вод.**



# ВОПРОСЫ

1

Как называется наука, которая изучает воду?

—

2

Какая страна обладает самыми большими запасами водных ресурсов?

—

3

Какие регионы мира, по прогнозам ученых, могут пострадать больше всего от нехватки пресной воды и почему?

—

4

К бассейну какой реки и какого моря относится ваш родной город?

—

5

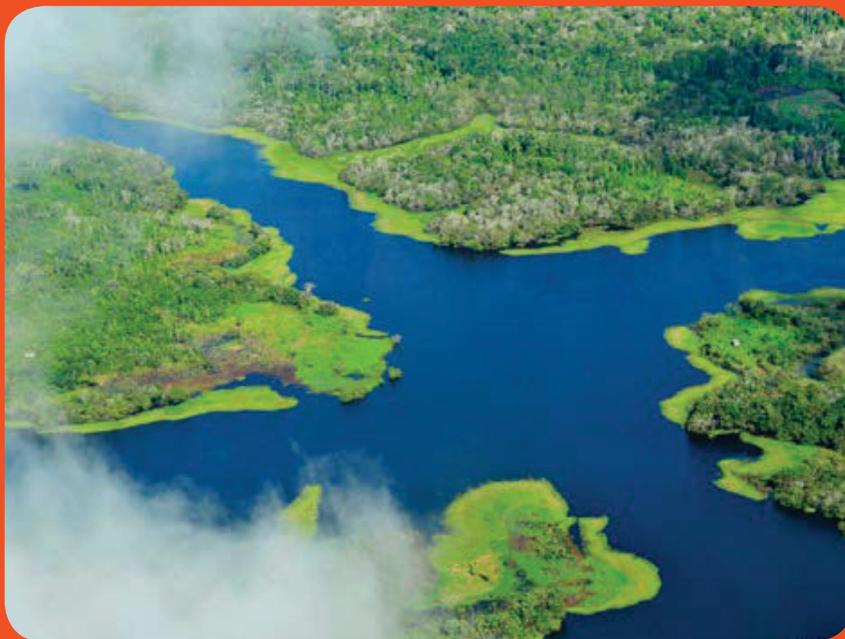
Перечислите не менее трёх адаптационных мер, которые помогают снизить риски от изменения климата для водных ресурсов.





# ЗАДАНИЕ

Найдите на физико-географической карте мира реку Амазонка. Оцените её длину, площадь водосборного бассейна и сравните с самой крупной рекой в вашей стране.



## 2.5

## Как изменения климата влияют на сельское хозяйство

На первый взгляд, глобальное потепление должно способствовать развитию сельского хозяйства в северных странах. Однако не всё так просто. Потепление в областях, где до этого было, к примеру, слишком холодно, чтобы выращивать пшеницу, обязательно будет сочетаться с потеплением и в тех районах, где до этого был идеальный климат для сельского хозяйства. Там станет заметно жарче и, в большинстве районов, суше! Выращивать те же самые овощи и фрукты в районах, где их культивировали на протяжении столетий, и сложились определённые традиции сельского хозяйства, станет гораздо сложнее (или вовсе невозможно).



Таким образом, где-то сельское хозяйство станет более выгодным, а где-то и наоборот. И предсказать конечный итог такой «глобальной сельскохозяйственной перестройки» для различных государств точно пока ещё очень сложно.

Нужно учитывать, что, кроме климата, на сельское хозяйство влияют ещё и другие природные факторы.

Например, в США, Европе и России одна из основных зерновых культур – озимая пшеница. При потеплении климата зона идеальных климатических условий для её выращивания сдвинется на север. Но почвы, которые находятся в этих новых регионах, не так хороши для пшеницы, как чернозёмные почвы, на которых её выращивают сейчас! Чтобы улучшить качество почв, потребуются масштабные работы по улучшению плодородия этих территорий, а это достаточно дорого.

**Озимая пшеница** – это пшеница, которую сеют не весной, как обычно, а с конца лета до осени. До наступления зимних холодов ростки пшеницы успевают прорасти и хорошо укорениться, а с наступлением весеннего тепла продолжают расти и созревают несколько раньше, чем яровые (весенние) посевы.



Изменение климата также влияет на производство фруктов и овощей. Косточковым фруктам, особенно вишне и черешне, нужны дни с прохладной температурой для созревания. Несколько слишком тёплых дней подряд – и вероятность опыления, а значит и созревания плода, значительно снижается. Несвоевременные заморозки могут нанести ещё больший урон. В 2023 году «Персиковый штат» Джорджия в США потерял более 90% годового урожая персиков из-за аномально тёплой погоды зимой, за которой последовали заморозки в конце сезона.

Страны, расположенные в умеренном и более суровых климатических поясах, такие как Россия и Канада, могут столкнуться с ещё одной проблемой: рост конкуренции между лесным и сельским хозяйствами. Из-за изменения климата станет возможным сельскохозяйственное освоение новых земель, занятых в данный момент лесами. В результате могут увеличиться темпы вырубки лесов. Даже в тех районах, где сельское хозяйство близко к экстремальному (крайний север сельскохозяйственной зоны), продуктивность 1 га земли, занятого сельскохозяйственными культурами, всё равно больше, нежели у 1 га, занятого лесом. Поэтому необходимо вдумчивое планирование сельскохозяйственного освоения новых территорий.

Во всём мире сельскому хозяйству придётся адаптироваться к новым климатическим условиям. Эксперты Международной продовольственной организации пришли к выводу, что после 2030 года во многих регионах планеты урожайность сельскохозяйственных культур будет снижаться из-за изменений климата. Прогнозы показывают, что самые серьёзные последствия вероятны в тропических регионах, где особенно высока вероятность дальнейшего сокращения уровня осадков.

В странах тропической Африки обеспечение населения продовольствием из-за усиливающихся засух, наводнений и перепадов количества осадков будет одной из главных проблем в ближайшие десятилетия. По оценкам специалистов Всемирного банка, при повышении среднемировой температуры на 1,5–2 °C и сокращении количества осадков к 2030–2040-м годам площади для выращивания кукурузы, проса и сорго сократятся на 40–80 %.

В Мексике из-за засух снижается площадь земель, пригодных для выращивания маиса (кукурузы) – основной сельскохозяйственной культуры для этой страны.



**Зерновые культуры** – важнейшая группа растений, дающих зерно, основной продукт питания человека, сырьё для многих отраслей промышленности и корма для сельскохозяйственных животных. К зерновым культурам относятся пшеница, рожь, рис, овёс, ячмень, кукуруза, сорго, просо, гречиха и многие другие.



Основная зерновая культура Юго-Восточной Азии – рис. Его выращивают, в частности, в дельтах крупных рек. По мере того, как поднимается уровень воды в океане, низменные участки рек оказываются затопленными солёной водой, что может привести к гибели посевов. Особенно пострадает от повышения уровня моря участок территории Вьетнама в дельте реки Меконг – одном из мировых центров выращивания риса. Повышение уровня моря даже на 30 см может привести к сокращению производства этой культуры на 11 %.



То есть для сельского хозяйства наибольшую опасность представляют такие проявления изменения климата, как повышение температуры, изменение режима распределения осадков, подъём уровня моря (для прибрежных низменностей) и частые засухи и наводнения, особенно в областях, предрасположенных к стихийным бедствиям. Эти изменения влияют на сельское хозяйство, всё более острой становится проблема обеспечения продовольственной безопасности.

**Продовольственная безопасность** заключается в том, что все люди в любое время имеют доступ к безопасным, питательным, а также привычным и вкусным продуктам питания, необходимым для поддержания активного и здорового образа жизни.

Мы уже наблюдаем влияние изменения климата на сельское хозяйство и продовольственную безопасность. По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) совместно с Международной морской организацией (ИМО), по состоянию на 2021 год 2,3 млрд человек столкнулись с нехваткой продовольствия, что соответствует примерно 28 % мирового населения. Особенно пострадали Индия, Пакистан и страны Африканского рога (странами Африканского рога называют Сомали, Эфиопию, Эритрею и Джибути, которые расположе-



ны на северо-востоке континента, на полуострове, похожем по форме на рог) из-за потерь от экстремальных погодных явлений. Экстремальная жара в Индии и Пакистане привела к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, что в сочетании с запретом экспорта пшеницы и ограничениями на экспорт риса в Индии представляет угрозу для международных продовольственных рынков и стран, уже пострадавших от нехватки продовольствия. Муссонные дожди привели к беспрецедентным наводнениям в Пакистане, что привело к росту заболеваний, передающихся через воду, которые распространились по наиболее уязвимым и необеспеченным продовольствием регионам Пакистана. В Эфиопии, Кении и Сомали примерно 22,5–23,4 млн человек столкнулись с продовольственным кризисом из-за засухи и других факторов. 75 % от общего числа беженцев пострадали от значительного сокращения продовольственной помощи.

Нельзя забывать и о том, что сельское хозяйство – это источник дохода для 1/3 всех работающих на Земле людей. В некоторых странах Азии и Африки больше половины населения заняты в сельском хозяйстве! Изменение климата не только снижает объёмы производства продовольствия, но и влияет на доходы населения, связанного с этой отраслью! Эту цепочку можно продолжить: если вследствие жары и засухи дефицитная пища готовится в грязной посуде грязными руками и не может правильно храниться, то она становится опасной для здоровья людей.

То есть одних лишь плюсов изменение климата для сельского хозяйства даже в северных странах не принесёт, и выращивать ананасы на даче в ближайшем будущем мы с вами вряд ли сможем. Поэтому надо очень внимательно спланировать изменение сельского хозяйства, чтобы избежать больших убытков и, если есть такая возможность, извлечь какую-то выгоду от потепления климата.

Каковы выводы учёных о возможных мерах адаптации в сельском хозяйстве? МГЭИК ОДб даёт нам ответ на этот вопрос. Большинство адаптационных подходов в сельском хозяйстве напрямую связаны с эффективным использованием водных ресурсов и сосредоточены, прежде всего, на орошении, включая повышение эффективности поливных систем, например, за счёт использования капельного орошения, расширения орошаемых площадей, сбора и использования дождевой воды для орошения или корректировки сроков орошения.

Другие варианты, связанные с водными ресурсами, включают восстановление водосбора рек и схемы комплексного управления водными ресурсами. Варианты, специфичные для сельского хозяйства, включают содействие устойчивому сельскому хозяйству и агролесомелиорации, увеличение разнообразия видов растений и домашнего скота, изменения в структуре сельскохозяйственных культур и системах их выращивания путем посадки жаростойких и засухоустойчивых растений, а также изменения в сельскохозяйственных методах, таких как посадка деревьев по краям поля для защиты от ветра, установка противогоревых сеток и дополнительных теплиц. Учёные предупреждают нас, что орошение сельскохозяйственных культур, корректировка сроков посева, изменения в структуре посевов и системах выращивания культур могут всё больше достигать пределов адаптации по мере того, как глобальное потепление превысит 1,5 °C и 2 °C. Особенно это касается Африки, где адаптация становится гораздо менее эффективной уже при потеплении на 1,5 °C.

Рис. 2.5.1

**«Умные» ирригационные системы – шаг вперёд в экономии воды и адаптации к изменению климата.**





# ВОПРОСЫ

1

Чем яровая пшеница отличается от озимой?  
Какую лучше сеять в вашем регионе? Почему?

—

2

Какие из зерновых культур выращиваются в вашем регионе?  
Грозит ли им изменение климата?

—

3

Почему повышение уровня моря опасно для производства  
риса в Юго-Восточной Азии?

—

4

Что такое продовольственная безопасность? Объясните на примере.

—

5

Какая доля людей во всем мире занята в сельском хозяйстве?

—

6

Какие меры по адаптации, упомянутые в этой и других главах,  
рекомендуются для устранения негативного воздействия изменения  
климата на сельское хозяйство? Как эти меры связаны с водными  
ресурсами?





# ЗАДАНИЕ

Вместе с учителем географии составьте список основных сельскохозяйственных культур, которые выращиваются в вашем регионе.

Найдите информацию об урожайности этих культур в вашем регионе за последние годы. Она увеличивается или сокращается? Были ли за это время неурожаи, и с чем они были связаны?

Подумайте, как изменения климата могут отразиться на продуктивности этих и других культур в вашем регионе. Может быть, новые климатические условия позволят выращивать какие-то другие культуры?



## 2.6

## Как изменения климата влияют на прибрежные регионы



В прибрежной зоне проживает около 40 % мирового населения, оно производит более 70 % всей мировой продукции. Здесь расположены многие крупнейшие города, порты, туристские зоны, происходит интенсивная экономическая деятельность.

Более того, прибрежные зоны тесно экономически связаны с удалёнными от берега районами. Поэтому воздействия на береговые зоны серьёзно влияют на экономику и условия жизни даже вдали от них. Прибрежные территории сильно подвержены воздействию изменений климата. Основные угрозы для них – это повышение уровня океана, увеличение интенсивности штормов, которые вызывают наводнения и размывы берегов, а также увеличение числа опасных погодных явлений.

### Повышение уровня Мирового океана

Уровень Мирового океана вот уже более 100 лет неуклонно растёт. С 1901 по 2018 гг. он повысился на 15-25 см, что составляет в среднем 1-2 мм в год. Казалось бы, это совсем немного, однако для стран, расположенных близко к уровню моря (или даже ниже него) это может быть чрезвычайно опасно! Одна из основных причин данного процесса – глобальное изменение климата.

МГЭИК отмечает, что повышение уровня Мирового океана с середины XIX века происходило быстрее, чем в среднем за два предыдущих тысячелетия. В последнее столетие уровень океана повышается всё быстрее и быстрее.

Судите сами: скорость повышения уровня Мирового океана между 1901 и 2018 годами в среднем составила 15-25 см или 1-2 мм в год, а между 2013 и 2022 годами – 4,62 мм в год.

Изменение климата, вызванное человеком, является основной причиной повышения уровня океана вследствие:

1. таяния ледников Гренландии и Антарктиды, в результате чего в Мировой океан поступает дополнительный объём воды;
2. термического расширения воды. При повышении температуры вода расширяется и занимает больший объём в пространстве.

Для прогнозов изменения климата учёные используют сложные математические модели, которые учитывают самые разные факторы, приводящие к изменению климата. Конечно, эти модели не могут точно предсказать, на сколько сантиметров вырастет уровень океана через 30, 50 или 100 лет. Но диапазон, в пределах которого будет расти уровень океана, определить можно. По сравнению с 1995-2014 гг. при различных сценариях уровень Мирового океана поднимется на 15–29 см к 2050 г. и на 28 см –1,01 м к 2100 г. В течение следующих 2000 лет уровень Мирового океана поднимется примерно на 2–3 м, если потепление будет в пределах 1,5 °С, и на 2–6 м, если будет в пределах 2 °С.

Ожидаемое повышение уровня моря к концу этого столетия представляет собой серьёзную угрозу и риск для прибрежных зон, людей, живущих там, прибрежной инфраструктуры и экосистем, особенно для небольших коралловых островов и низменного тихоокеанского побережья Юго-Восточной Азии. Повышение уровня моря будет неравномерным и, как ожидается, будет намного сильнее в тропиках, где в XXII веке может наблюдаться повышение уровня моря на 1–3 м, а ещё через одно столетие последует повышение на 5–10 м по сравнению с нынешними уровнями.

Высокие темпы роста населения и урбанизация в низменных прибрежных зонах станут основными факторами увеличения рисков, связанных с повышением уровня моря в ближайшие десятилетия. К 2030 году 108–116 млн чел. будут находиться в зоне риска из-за повышения уровня моря в Африке (по сравнению с 54 млн чел. в 2000 году), а к 2060 году их число увеличится до 190–245 млн чел. (средняя степень достоверности). К 2050 году более миллиарда человек, проживающих в низинных городах и поселениях, будут подвергаться климатическим рискам, характерным для побережья.

### **Жители Нидерландов готовятся к климатическому удару**

Нидерланды расположены на низменности. Большая часть территории этой небольшой, но чрезвычайно промышленно развитой страны была получена путём осушения прибрежных зон.

Технологии откачки воды совершенствуются уже не первое столетие. Изобретательные нидерландские инженеры, предвидевшие изменение уровня моря, давно совершенствуют конструкции гидротехнических сооружений, которые способны сдерживать всё возрастающий натиск водных масс.

**Рис. 2.6.1**

**Ветряные мельницы использовались для откачки воды из озёр.**



**Рис. 2.6.2**

**Афслейтдейк – самая большая дамба в Европе.**



## Прибрежные районы окажутся под водой?

Из-за повышения уровня Мирового океана окажутся затопленными приморские равнины, берега будут постепенно поглощены морем, а водоснабжение прибрежных районов может нарушиться. Это серьёзные угрозы для густонаселенных прибрежных стран, таких как Бангладеш, Нигерия или Индонезия. Пострадают от повышения уровня океана и отдельные крупные города, в том числе Шанхай, Бангкок, Мумбаи, Джакарта, Буэнос-Айрес, Рио-де-Жанейро, Майами, Новый Орлеан.

При повышении уровня океана на 1 м будет затоплено до 15 % пахотных земель Египта и 14 % посевных площадей в Бангладеш, что вызовет переселение миллионов людей! Солёная морская вода попадёт в прибрежные грунтовые воды, которые во многих районах земного шара представляют собой основной источник пресной воды.

По прогнозам даже повышение уровня моря на 0,5 м приведёт к затоплению около 40 тыс. км<sup>2</sup> плодородных равнин в Китае. Наиболее уязвимыми окажутся обширные низкие равнины и низовья крупных рек: Хуанхэ, Янцзы и других, где средняя плотность населения иногда достигает 800 чел./км<sup>2</sup>.

Во многих малых островных развивающихся государствах суша возвышается всего на несколько десятков сантиметров над уровнем моря. Они могут быть затоплены из-за поднимающегося уровня океана, а их жители вынуждены искать убежище в других странах.

Рис. 2.6.3

Прогнозируемое затопление прибрежных территорий на различных материках при повышении уровня Мирового океана на 5 м.



## Штормовое предупреждение

В последнее время штормы в прибрежных районах или открытом море стали происходить всё чаще. Экстремальные штормовые ветры как вблизи берега, так и в открытом море вызывают **штормовые нагоны** – так называют резкий подъём уровня воды в полуоткрытых морю водоёмах (заливах, низовьях рек). Обрушиваясь на побережье, штормовые нагоны часто сопровождаются экстремальными осадками и наводнениями. Это мешает движению судов, работам на нефтяных и газовых платформах, вызывает эрозию берегов, мешает отдыху на побережье (Рис. 2.6.4).

Рис. 2.6.4

Из-за изменения климата участились штормы в прибрежных районах и открытом море.



### Трагедия на Филиппинах

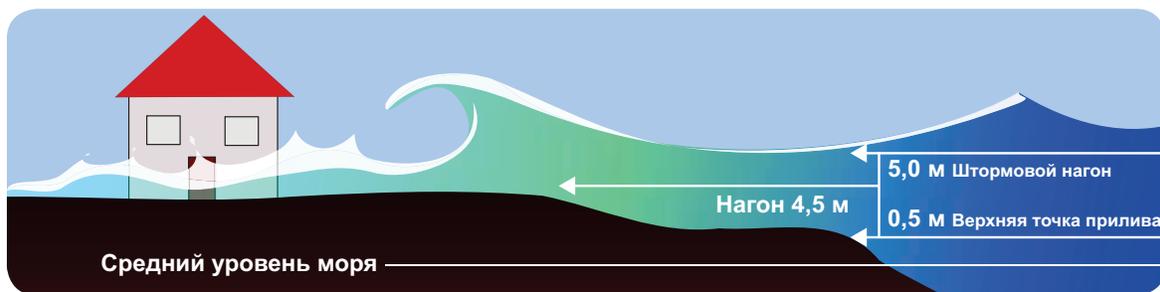
В ноябре 2013 года на Филиппинах случилась масштабная природная катастрофа. Эта страна, расположенная на гористом архипелаге, обычно принимает на себя львиную долю всех тихоокеанских тайфунов, прикрывая собой азиатский материк. Так было и в этот раз.

Сначала на Филиппинах бушевал супертайфун «Йоланда», который унёс жизни 1,8 тыс. человек, затем на острова пришла новая буря – «Зорайда». По данным филиппинских властей, от супертайфуна пострадали 6,94 млн филиппинцев, свыше 580 тыс. человек лишились крова, поскольку стихия полностью разрушила 21,2 тыс. домов и почти 20 тыс. повредила.



Но страшнее всего по Филиппинам ударил штормовой нагон, который в некоторых районах достигал 5 м. Штормовые нагоны часто случаются, например, в устье Невы, вызывая наводнения в Санкт-Петербурге, но Санкт-Петербург от штормовых нагонов защищают дамбы, а на Филиппинах к этому явлению оказались не готовы.

Рис. 2.6.5 Штормовой нагон.



## Разрушение берегов

Ещё одно следствие подъёма уровня моря – размыв и разрушение волнами и прибоем берегов (Рис. 2.6.6–2.6.9). Особенно сильно разрушение затронуло побережье Арктики. Раньше берега были лучше защищены льдом, теперь из-за потепления льда стало меньше, а штормов больше, и разрушение берегов резко ускорилось. Есть районы, где берега отступают на 10–25 и более метров в год!

Рис. 2.6.6 Примеры разрушения берегов в Арктике.



Конечно, волны и паводки «съедали» берега и раньше. Знаете ли вы, что такое **едомы**? Этим словом называли острова, которые съедались водой. Если посмотреть на карту, составленную более 100 лет назад, мы увидим, что многих островов уже нет (Рис. 2.6.8)! Сейчас скорость этих процессов увеличилась. Падают маяки, которые ставили на безопасном расстоянии от обрыва (Рис. 2.6.9), «съедаются» даже довольно крупные посёлки, а людей остается только переселять! Уже есть примеры, когда здания, навигационные маяки или участки дорог пришлось просто бросить из-за эрозии, спасти их было невозможно. Более того, спасти нельзя даже некоторые населённые пункты!

Рис. 2.6.7

Пример морского побережья, подвергшегося эрозии.

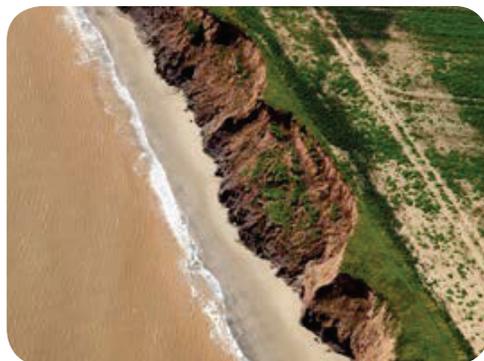




Рис. 2.6.8

**Примеры эрозии в Арктике. Красным обведены острова, которые уже не существуют, их «съели» шторма. Фрагмент карты 1890 г. Море Лаптевых, Новосибирские острова.**

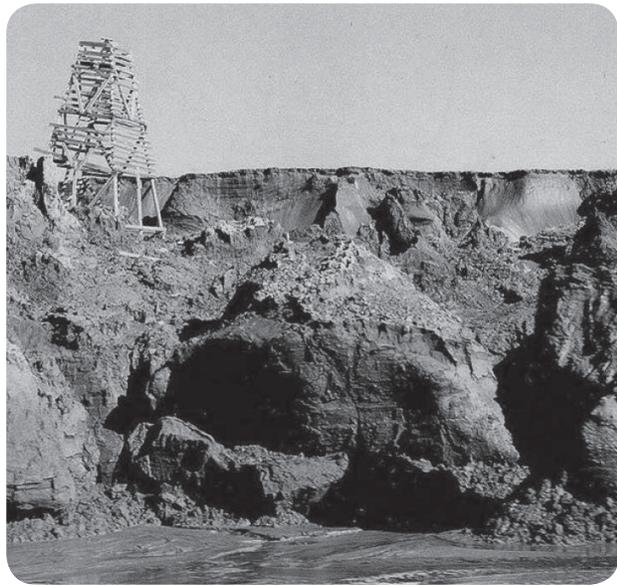


Рис. 2.6.9

**Навигационный знак «Ванькин» больше не существует. Восточно-Сибирское море, о. Большой Ляховский.**

Например, на Аляске пришлось бросить целый посёлок Кивалуна, расположенный на узкой полоске суши на берегу Северного Ледовитого океана и переселить 400 жителей подальше от берега. Стоимость такого проекта – более 200 млн долл, хотя посёлок был небольшой, около 70 домов.

### **Пляжи Португалии исчезают**

Экологи встревожены тем, что побережье этой европейской страны находится под воздействием сильной эрозии: уже в ближайшее время многие португальские пляжи могут исчезнуть.

По оценкам исследователей, в некоторых местах океан ежегодно поглощает до нескольких метров берега. Хуже всего обстоят дела в районе Эшпинью на севере страны, где в течение последнего десятилетия исчезло до 70 м побережья. Этот процесс необратим!



## Опасность для прибрежных экосистем

Повышение уровня моря отражается не только на людях и их экономической деятельности, но и на прибрежных экосистемах, обитающих как на суше, так и в море.

Особенно уязвимы экосистемы прибрежных низменностей. Как правило, они располагаются на уровне всего нескольких сантиметров над уровнем моря. Эти низменности – местообитание многих видов животных и растений, они играют ключевую роль в накоплении питательных веществ. К таким экосистемам относятся экосистемы солёных маршей – низменных прибрежных районов, заливаемых солёной морской водой во время приливов. Мангровые леса, которые распространены в прибрежных низменностях в зоне влажного тропического климата, также пострадают при повышении уровня океана.

Потепление океана представляет существенную угрозу для коралловых рифов. Рост температуры воды выше определённого уровня приводит к гибели микроскопических водорослей, живущих в симбиозе с кораллами и поставляющих им энергию для роста и размножения. Без поддержки водорослей кораллы испытывают стресс и обесцвечиваются. Длительное повышение температуры морской воды может привести к деградации всей экосистемы коралловых рифов, которые служат средой обитания для множества живых организмов (Рис. 2.6.10). По прогнозам, 18 % коралловых рифов мира будут потеряны в ближайшие три десятилетия.



**Рис. 2.6.10** Последствия изменения климата для экосистемы коралловых рифов.



## Изменения климата и рыболовство

Учёных и рыбаков беспокоит повышение температуры и кислотности океанских вод. По мере роста концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере растёт и поглощение его океаном, что увеличивает кислотность (pH) морской воды. Пока изменения pH и температуры вод в океане не так велики, но и их оказывается достаточно для обесцвечивания кораллов. К середине этого века кислотность может возрасти на 0,06-0,34 единицы pH, что в 100 раз быстрее её изменений в прошлом, по крайней мере за последние 20 млн лет.

При столь быстрых изменениях многим морским организмам будет сложно адаптироваться к новым условиям. Изменения свойств воды в океане уже приводит к массовому перемещению морских и пресноводных видов рыб, причём перемещаются они не хаотично, а довольно целенаправленно. Тепловодные рыбы смещаются к более холодным высоким широтам. В результате меняются места проживания этих рыб. Причиной миграции является не столько повышение температуры воды, сколько уменьшение объёма фитопланктона – основного корма для океанских рыб. Отмечено, что численность трески у берегов Гренландии, норвежской сельди, японской и адриатической сардины возрастает в периоды потеплений климата и сильно сокращается при похолодании.

Рис. 2.6.11

**Прогноз изменения кислотности поверхности океана к концу XXI века при наиболее благоприятном (слева) и наименее благоприятном (справа) сценариях воздействия человека на климатическую систему.**

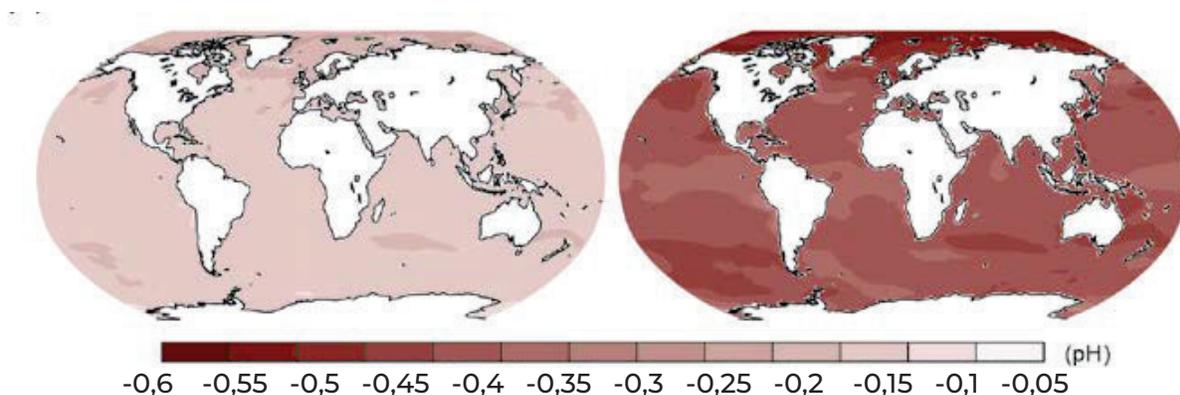
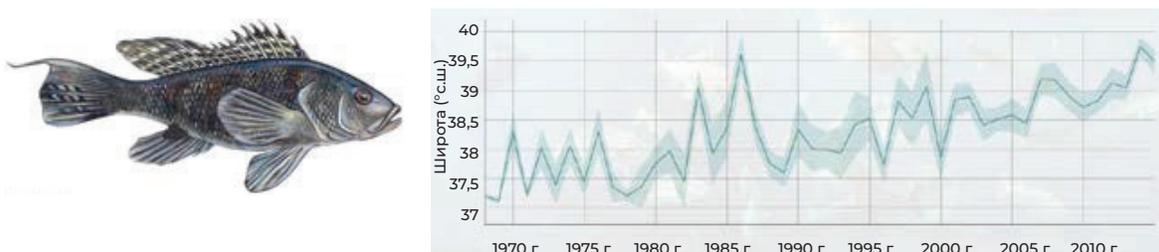


Рис. 2.6.12

**Чёрный морской окунь смещается на север по мере роста температуры океана.**



Специалисты Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA) и Ратгерского университета разработали интерактивную программу OCEANADAPT для отслеживания перемещения рыб и беспозвоночных в результате изменения климата и потепления океана. Программа предоставляет всем желающим доступ к информации о смещении зоны распространения почти 650 морских видов в течение последних 40-50 лет. Этот ресурс особенно полезен рыбакам и представителям рыбной промышленности, которые могут вовремя адаптировать свою деятельность с учётом наблюдаемых изменений.

Проблема заключается в том, что сегодня многие виды рыб вылавливаются человеком на пределе способности к восстановлению. Это вызывает беспокойство: неизвестно, смогут ли эти популяции адаптироваться и сохраниться.

Потеря прибрежной среды обитания, включая коралловые рифы и мангровые заросли, также является существенным фактором, негативно влияющим на продуктивность рыб.

Всемирная продовольственная программа отмечает, что рыба для более 2,9 млрд людей – это 15 % средней нормы белка на человека. В малых островных и развивающихся государствах, таких как Бангладеш, Камбоджа, Экваториальная Гвинея, Французская Гвиана, Гамбия, Гана, Индонезия и Сьерра-Леоне рыба является источником не менее 50 % употребляемых в пищу животных белков. Для людей в этих странах, находящихся в зависимости от рыболовства, любое сокращение местных рыбных ресурсов представляет собой серьёзную проблему.

Повышение уровня моря является одним из изменений в глобальной системе, вызванных изменением климата, к которому труднее всего адаптироваться. Стратегии по адаптации включают повышение осведомлённости об ожидаемом повышении уровня моря, совершенствование систем раннего предупреждения, укрепление береговой линии и комплексное управление прибрежными зонами.





# ВОПРОСЫ

1

Какая из стран пострадает больше, если уровень океана поднимется более чем на полметра – Швейцария или Нидерланды?

—

2

Почему усилилось разрушение берегов морей?

—

3

Что такое едомы?

—

4

Приведите примеры влияния изменения климата на прибрежные экосистемы.

—

5

Почему рыба «уходит» в более высокие широты?

—

6

Что можно сделать для адаптации к изменению климата в прибрежных зонах?





# ЗАДАНИЯ

1

Найдите на физической карте мира государства Республика Мальдивы и Тувалу. Определите их высоту над уровнем моря и объясните, чем для них опасен подъём уровня Мирового океана. Найдите среди островных и прибрежных государств различных материков те, которые также подвергнутся опасности быть полностью или частично затопленными в ближайшие 50–100 лет. Предложите пути решения проблемы.

---

2

Покажите на контурной карте, как изменится облик материка Южная Америка, если уровень Мирового океана поднимется на 100 м: раскрасьте цветными карандашами участки суши, которые окажутся затопленными. Придумайте географические названия для этих участков суши. Что случится с местными животными и растениями, погибнут ли они? Запишите свои предположения в тетради.

---

3

Те из вас, кто владеет английским языком, могут использовать программу OCEANADAPT в Интернете (<http://oceanadapt.rutgers.edu/>) и определить, насколько изменилась зона распространения различных видов рыб и морских животных за последние 40–50 лет. Какие виды сместились к северу больше всего и почему?



## 2.7

## Как изменения климата влияют на горные регионы

### Что такое горы?

«Лучше гор могут быть только горы, на которых ещё не бывал». Эти строки принадлежат одному из самых известных и любимых советских авторов-исполнителей Владимиру Высоцкому. Действительно, горы – одно из величайших творений природы. Мало что может сравниться с захватывающим дух ощущением, когда стоишь на вершине горы: над головой – только голубое небо, а внизу – кажущийся таким маленьким с огромной высоты мир и белые облака... В такие моменты особенно остро чувствуешь красоту и могущество природы и в то же время её хрупкость.

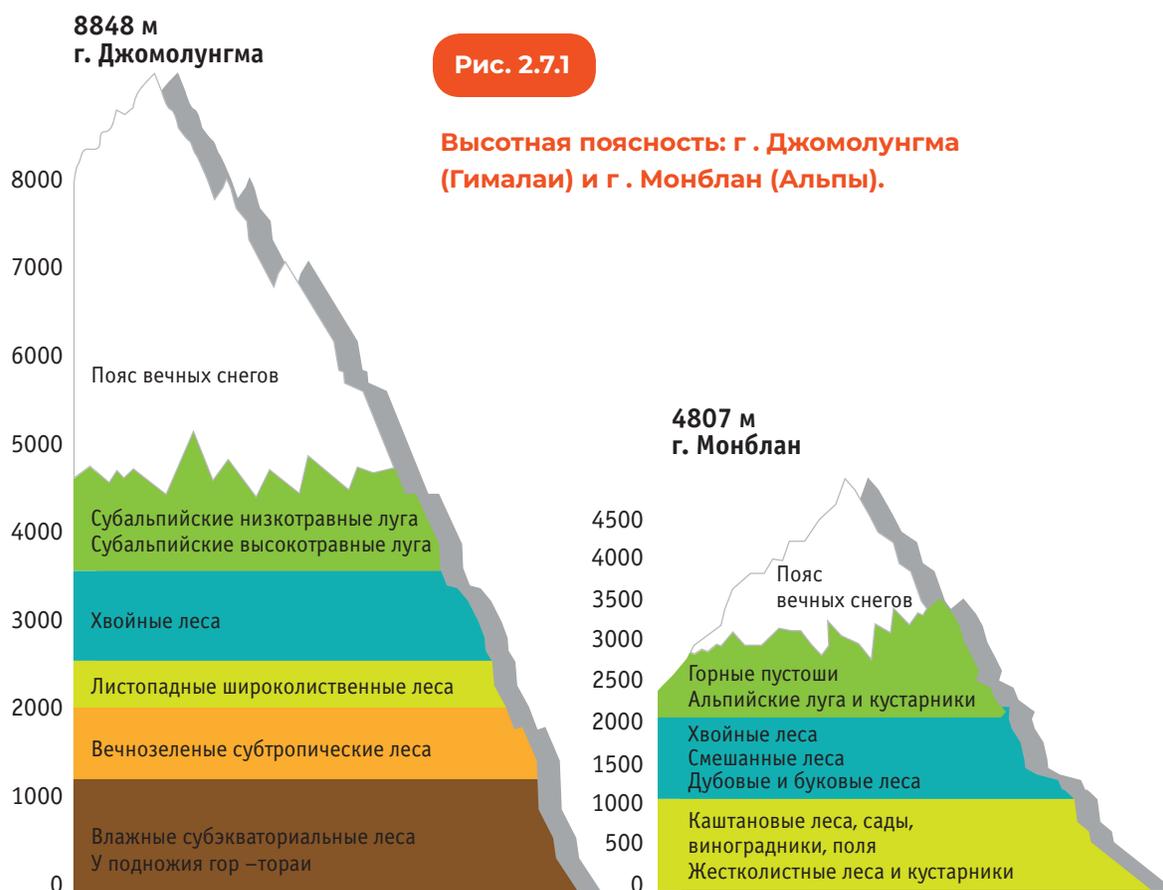
С научной точки зрения горы – это приподнятая форма рельефа, возвышающаяся над окружающей равниной. Горы, если это не вулканы, редко встречаются поодиночке и чаще всего образуют горные цепи и хребты. Хребты, в свою очередь, объединяются в горные страны или горные системы. Горы принято делить на высокие (высотой более 3 тыс. м), средние (1–3 тыс. м) и низкие (до 1 тыс. м). Низкогорья обычно имеют округлые вершины и пологие склоны. Высокие горы, напротив, отличаются крутыми склонами и остроконечными пиками.



## Горы и климат

Горы играют важную роль в формировании климата. Они создают барьер для воздушных масс, которым сложно преодолеть высокие вершины. По этой причине разные склоны гор часто имеют непохожие климатические условия: с одной стороны осадков выпадает больше, с другой – меньше; также могут сильно отличаться средняя температура воздуха и ландшафты.

Ещё одна уникальная особенность гор – высотная поясность. Проявляется она следующим образом: по мере нарастания высоты в горах происходит смена климатических и ландшафтных зон (Рис. 2.7.1).



## Самые высокие горы на Земле

Самая высокая горная система на Земле – Гималаи, что в переводе с санскрита означает «обитель снегов». Десять из двенадцати «восьмитысячников» (так называют горы высотой более 8 тыс. м) находятся здесь. Здесь же расположена самая высокая точка суши – гора Эверест, известная также как Джомолунгма или Сагарматха. Её высота 8848 м!

Самая протяжённая горная система на суше – Анды. Эта гигантская горная цепь Южной Америки простирается вдоль всего побережья Тихого океана. Высшая точка Анд, а также западного и южного полушарий Земли – гора Аконкагуа (6960 м).

Главная горная система Европы – Альпы. Они проходят по территории восьми государств: Австрии, Германии, Италии, Лихтенштейна, Монако, Словении, Франции и Швейцарии. Гора Монблан (4807 м) на границе Франции и Италии – самая высокая точка Альп и Западной Европы.

В России самая высокая горная система – Большой Кавказ, который простирается от Чёрного до Каспийского моря. Высшая точка Большого Кавказа, России – а по некоторым оценкам и всей Европы – двуглавый вулкан Эльбрус, высота которого 5642 м.

Североамериканские Кордильеры состоят из нескольких горных цепей, наиболее высокие из которых Аляскинский хребет и Скалистые горы. На Аляске находится высшая точка Северной Америки и США гора Мак-Кинли (6193 м). 31 августа 2015 года бывший президент США Барак Обама объявил о решении переименовать гору Мак-Кинли в Денали, как её называет коренное население Аляски. Самая высокая гора Африки – вулкан Килиманджаро (5895 м). Высшая точка Австралии – гора Косцюшко (2228 м).

**Рис. 2.7.2**

**Н. Рерих. Гималаи.  
Эверест. 1938 г.**



**Рис. 2.7.3**

**Двуглавый вулкан Эльбрус (5642 м) –  
самая высокая точка России и всей  
Европы.**



Вы наверняка задумывались, почему горные вершины часто бывают покрыты снежной шапкой даже в тропических широтах. Ещё первые покорители гор обнаружили, что при подъёме вверх температура воздуха заметно понижается и становится трудно дышать. Воздух нагревается солнцем и поверхностью земли. Нагревшись, он поднимается и расширяется, теряя при этом тепло. То есть с повышением высоты над уровнем моря постепенно снижаются давление воздуха и его температура.

Известно, что при подъёме на каждый километр температура воздуха снижается на  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . То есть если у подножия горы высотой в  $4000\text{ м}$  температура  $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то у вершины она будет около  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ! Вот почему, даже если среднегодовая температура воздуха в тропических широтах никогда не опускается ниже нулевой отметки, на большой высоте в горах всё равно может лежать снег.

Горы не только влияют на климат, но и сами сильно зависят от него. Горные регионы одними из первых реагируют на изменения климатических условий! Основной «индикатор» изменения климата в горах – это ледники, которые по мере потепления или похолодания сокращают или наоборот наращивают свою массу.

### Тающая красота

Ледники в горах образуются тогда, когда накопившийся в высокогорье снег превращается в лёд. Для образования ледника необходим холодный и влажный климат, при котором в течение года выпадает больше снега, чем успевает растаять. Как только температура повышается и сокращается количество осадков в горах, ледник перестает накапливать массу и начинает таять.

**Рис. 2.7.4** Ледниковые области Земли.



Горные ледники во всём мире начали таять, или, как ещё принято говорить, отступать, около 15 тыс. лет назад, когда на смену ледниковому периоду пришла новая эпоха глобального потепления. Периодически их таяние сменяется временным наступлением. Из истории известно, что в V–VII веках многие горные перевалы, занятые в настоящее время ледниками, служили караванными путями. Затем климат стал более холодным, ледники начали расти, и с XVII–XVIII веков эти перевалы стали труднодоступными. Один из таких примеров – знаменитый перевал Сен-Готард в Альпах, который на рубеже XVIII и XIX веков с большим трудом смог преодолеть великий русский полководец Александр Суворов.

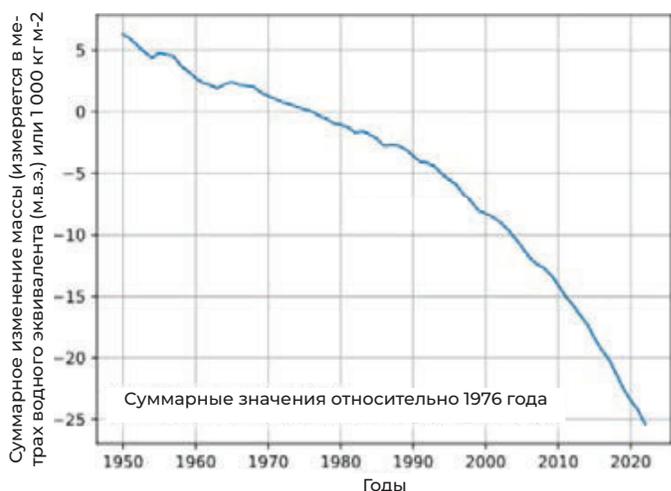
**Рис. 2.7.5** А. Попов. Переход через Альпы. 1904 г .



Однако за последние 70 лет ледники по всему миру отступают особенно быстро (Рис. 2.7.6). Учёные бьют тревогу: стремительное таяние ледников в горах, которое происходит в наши дни, никак не вписывается в естественные циклы! Самое опасное то, что сокращение объёма льда в горах может привести к катастрофическим последствиям для природы и экономики горных регионов, а также предгорных равнин, на которых проживает, ни много ни мало, 1/6 населения Земли!

Рис. 2.7.6

**Изменение массы горных ледников по всему миру, 1950–2022 годы.**



### Горные ледники отступают

Ледники Гималаев отступают в среднем на 10–15 м в год. Особенно быстро тает ледник Ганготри, откуда берёт своё начало река Ганг. Каждый год он сокращается на 30 м. Ганготри – один из самых главных источников воды для 500 млн человек, живущих в долине Ганга.

Чрезвычайно быстро отступают ледники в Перу. За последние 30 лет их площадь уменьшилась, по самым скромным подсчётам, на треть.

Катастрофа настигла вулкан Килиманджаро в Африке: знаменитая ледовая шапка, прославленная некогда американским писателем Э. Хемингуэем в рассказе «Снега Килиманджаро», практически растаяла!

Рис. 2.7.7

**Так учёные изучают ледники.**



Рис. 2.7.8

**Ледник Ганготри.**



Рис. 2.7.9

**Снежная шапка вулкана Килиманджаро практически растаяла.**



1993



2000

Ледники в Альпах тают быстрее, чем когда-либо. Согласно исследованию, проведенному в 2023 году Швейцарской сетью мониторинга ледников (GLAMOS), ледники Швейцарии за два года потеряли столько же льда, сколько за три десятилетия до 1990 года. Учёные пришли к выводу, что причиной катастрофы является изменение климата, в т.ч. необычно жаркое лето и тёплые зимы с очень малым объёмом снега, что привело к ускорению таяния ледников. Объём ледников, потерянный за жаркое лето 2022 и 2023 годов, такой же, как и за весь период с 1960 по 1990 год. Европейское агентство по охране окружающей среды ожидает, что 75 % альпийских ледников растают к 2050 году.

Национальный парк «Глейшер» (от англ. glacier – ледник) на границе США и Канады был назван так первооткрывателями в честь многочисленных ледников, которые они обнаружили в здешних Скалистых горах. Из 150 ледников, которые можно было увидеть там в середине XIX века, к началу XXI осталось только 25 (Рис. 2.7.10)! Стоит поторопиться с поездкой в этот красивейший уголок планеты: по прогнозам учёных, в ближайшие десятилетия ледники парка могут полностью исчезнуть.

**Рис. 2.7.10** Национальный парк «Глейшер», август 2013 года.



В Новой Зеландии с 1975 по 2005 годы объём ледников сократился на 11 %. Среди самых быстро тающих – ледники Тасманский, Классен, Мюллер и Мод.

Значительные изменения произошли с ледником Азау на Кавказе. В конце XIX века в процессе таяния он разделился на две части, которые получили название Малого и Большого Азау. Сегодня Большой Азау уже совсем небольшой. За период с 1957 по 1976 годы ледник отступил на 360 м, а с 1980 по 1992 годы – на 260 м. Средняя скорость отступления ледника Малый Азау сегодня составляет около 16 м в год.

Рис. 2.7.11

Ледник Большой Азау на Кавказе. Фото в руках девушки датировано 1956 годом, а за спиной – то, что осталось от ледника к 2007 году.



В российском Горном Алтае количество ледников с 1952 по 1998 годы уменьшилось на 7,5 %. По сравнению с их положением в середине XIX века, ледники отступили на 100–120 м. Например, Софийский ледник, за которым наблюдают специалисты Алтайского государственного университета, за последние 150 лет отступил на 1,5–2 км. При этом ледник «поднимается» со скоростью 20–30 м в год.

## Как изменение климата влияет на жизнь человека в горах

Жизнь человека в горах протекает в суровых условиях. Большие высоты, сложный рельеф и часто меняющаяся погода гораздо менее благоприятны для ведения хозяйства в горах, чем на равнине.



Рис. 2.7.12

Влияние изменений климата на жизнь человека в горах.



С давних времён люди селились в узких межгорных долинах, которые были отделены друг от друга высокими горными хребтами с крутыми склонами. По этой причине контакты между соседними долинами (и народами) часто были затруднены. До сих пор в горных регионах каждый народ имеет свои уникальные обычаи, культуру и особенности ведения хозяйства. При этом уклад жителей гор, их основная занятость – сельское хозяйство и туризм – напрямую зависят от климатических условий. Даже незначительные изменения климата могут крайне негативно сказаться на благополучии горных регионов.

## Туризм катится по склону

Пример Альп наглядно показывает, как изменения климата влияют на туристскую привлекательность горных районов. Сегодня здесь одна из наиболее прибыльных отраслей – горнолыжный туризм, за счёт которого формируется до 20 % дохода альпийских стран (Рис. 2.7.13). Для 13 млн жителей Альп в Австрии, Германии, Швейцарии и Франции отсутствие снега означает экономическую катастрофу: 2/3 туристов приезжают туда, чтобы покататься на лыжах и сноубордах.

Однако прогнозы неутешительны: к 2030 году снег в Альпах практически перестанет выпадать ниже отметки 1000 м, в результате чего многие популярные горнолыжные курорты могут прекратить своё существование. В Австрии половина всех горнолыжных баз расположена на высотах до 1300 м – и они будут вынуждены закрыться из-за отсутствия снега. Пессимистические прогнозы уже начинают сбываться: зимой 2006–2007 годов из 660 альпийских курортов были закрыты 60. Многие из оставшихся действовали только благодаря установкам, производившим искусственный снег. Это очень повысило стоимость отдыха на альпийских курортах, и без того самых дорогих в Европе, и снизило в целом спрос на отдых в Альпах.

Что делать без снега? Спортивная индустрия в меру сил адаптируется к глобальному потеплению. Идёт поиск других видов туризма и отдыха, которые меньше зависят от снега. Территории, предназначенные для лыж, превращаются в парки аттракционов и круглогодичные санатории. Может настать время, когда в Альпы туристы будут приезжать не ради зимних видов спорта, а для того, чтобы погулять вдоль живописных озёр, отведать местных продуктов и подышать свежим горным воздухом.

Рис. 2.7.13

**Туристическая индустрия составляет большую долю доходов горных регионов.**



Показателен пример **озера Трифт** в Швейцарском регионе Берн. В 1990-х годы находившийся здесь ледник стал заметно сокращаться, вода начала наполнять небольшое озеро, а долина постепенно обнажаться. Раньше, чтобы добраться от одной вершины до другой, можно было просто перейти по леднику. Не дожидаясь, пока ледник полностью растает, местные власти решили провести подвесной мост. Сразу же после открытия мост стал визитной карточкой региона. Теперь он привлекает сюда туристов со всего мира!

Рис. 2.7.14

**Мост над озером Трифт, Швейцария.**



### Ледник Пасторури в Перу отступает

Возвышавшийся над Андами ледник Пасторури до недавнего времени привлекал в Перу толпы туристов и профессиональных скалолазов. Однако за последние 35 лет ледник уменьшился на четверть, а ещё через несколько десятилетий, по мнению учёных, он может полностью исчезнуть. На смену красивейшему пейзажу из снега и льда пришли чёрные скалы. При этом чиновники запретили восхождения на гору из-за нестабильности грунта, связанной с таянием ледника.

По сравнению с началом 1990-х годов количество туристов, приезжающих полюбоваться ледником Пасторури, сократилось в 3 раза. Всё это весьма негативно сказалось на туризме Перу и доходах местных жителей. Но перуанские бизнесмены не сдались и придумали весьма необычный способ, как использовать эту достопримечательность. Теперь они показывают ледник как плачевный результат изменения климата, что и в самом деле привлекает в регион всё больше экологов и любознательных туристов.

Но хотя бизнесмены и нашли, как получить выгоду от потепления климата, природу этим, увы, не восстановишь!

**Рис. 2.7.15** Отступление ледника Пасторури в Перуанских Андах.



## Стихийные бедствия в горах

Убытки в туристской сфере ещё не самое страшное. Есть угрозы и посерьёзнее. Это стихийные бедствия: лавины, сели, наводнения, которые из-за изменений климата стали происходить в горах всё чаще. Результат – большие экономические потери и риски для жизни людей.

Когда ледник отступает, с него стекает талая вода. Скапливаясь в горной долине, она образует ледниковое озеро. Когда воды становится слишком много, озеро может переполниться и выйти из берегов, происходит сильное наводнение. По оценкам учёных, 20 ледниковых озёр в Непале и 24 в Бутане представляют большую опасность для людей, живущих ниже по долине. Если произойдёт прорыв этих озёр, и вода хлынет в долину, многие люди могут погибнуть или остаться без крыши над головой. Подобные наводнения уже не раз происходили за последние годы, в том числе в долинах рек Тхимпху, Паро и Пунакха-Вангду в Бутане. Опасность для местного населения можно снизить, если до наступления таких наводнений прорыть защитные каналы и дамбы.

**Озеро Тшо Ролпа** в Непале образовалось из воды тающих ледников. За последние 50 лет оно увеличилось в семь раз: так быстро тают ледники в этом регионе. Согласно исследованиям, свыше 20 ледниковых озёр в Непале и 24 в Бутане могут в скором времени выйти из берегов. Если не будут предприняты соответствующие предупредительные меры, это может обернуться катастрофическими последствиями для жизни людей и экономики этих стран.

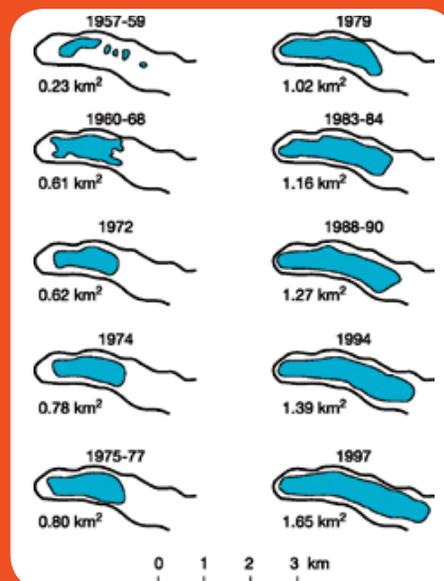
**Рис. 2.7.16**

**Ледниковые озёра  
в Гималаях.**



**Рис. 2.7.17**

**За последние 50 лет оз.  
Тшо Ролпа увеличилось в 7 раз.**



**Лавина** – огромная масса снега, падающая или соскальзывающая со склонов гор. Снежные лавины могут принести катастрофические последствия. Так, в феврале 1999 года лавина массой в 170 тыс. т полностью разрушила посёлок Гальтур в Австрии и унесла жизни 30 человек. В начале марта 2012 года серия лавин в Афганистане разрушила жилые дома, погубив более 100 человек. Совсем недавно, в январе 2023 года, лавина сошла на дорогу в Ньинчи, Китай, в результате чего 28 человек погибли и 53 получили ранения.

**Сель** – грязекаменный поток большой силы, который внезапно возникает в долинах горных рек. Причиной возникновения селя, как правило, становятся ливни, бурное таяние снега. Ещё одна распространённая причина образования селевых потоков – прорыв ледниковых озёр. Как и лавины, сели могут производить огромные разрушения.



## Сокращение запасов пресной воды

Очень серьёзный вопрос – грядущий недостаток пресной воды. Это проблема уже не только для горных регионов, но и для предгорных равнин. Ледники – один из главных источников пресной воды на Земле, так как многие реки берут в них свое начало. Сокращение объёма льда приведёт к ухудшению водоснабжения предгорий, а значит и невозможно будет дальнейшее развитие здесь сельского хозяйства, добывающей промышленности, электроэнергетики. Уже сейчас дефицит пресной воды в предгорных районах становится причиной серьёзных политических конфликтов.

Горы таят в себе множество опасностей. По мере того, как меняется климат на Земле, эти опасности могут усиливаться. Рост температуры, изменение количества осадков, таяние горных ледников и более частые непредсказуемые стихийные бедствия приводят к катастрофическим последствиям для природы, населения и экономики горных регионов, а также обширных предгорных равнин.



# ВОПРОСЫ

1

На какую высоту поднялся альпинист, если на отметке, на которой он сейчас находится, температура составляет  $-9^{\circ}\text{C}$ , а у подножия горы в этот же момент температура  $+18^{\circ}\text{C}$ ?

—

2

Будет ли на вершине горы высотой 5200 м круглый год лежать снег, если в самый жаркий летний день температура воздуха у ее подножия  $+30^{\circ}\text{C}$ ?

—

3

Почему горные ледники часто называют индикаторами изменений климата? Что с ними происходит при изменении температуры воздуха?

—

4

Почему горные регионы часто отличаются этническим разнообразием?

—

5

Назовите основные отрасли хозяйства горных регионов. Как на них влияет изменение климата?

—

6

Что можно сделать, чтобы сохранить основные средства существования людей, живущих в горных регионах, и адаптироваться к последствиям изменения климата?





# ЗАДАНИЯ

1

Отметьте на контурной карте мира высочайшие горные вершины для каждого материка. К каким горным системам они относятся? На территории каких государств расположены?

2

Красота и неприступность горных вершин всегда служили источником вдохновения для известных поэтов, писателей, художников и композиторов. Назовите известные литературные или живописные произведения, в которых изображены различные горные системы или отдельные горные вершины. Выберите любое понравившееся вам произведение и расскажите, как и что в нём пришлось бы поменять автору, если бы он жил в эпоху глобального изменения климата.



# 3

## Игра

Участники игры делятся на две команды.

Команда №1 – жители горного поселения Высокое, которое расположено в горах в долине реки Быстрая. В последние годы из-за таяния ледников в высокогорьях река Быстрая часто стала выходить из берегов и затапливать поселение. Поэтому местные жители хотят построить плотину на реке, чтобы уберечься от наводнений, а заодно производить электроэнергию и создать новые рабочие места. Горное поселение небогато, денег на строительство плотины нет, а сами жители живут в основном за счёт домашнего хозяйства. В последнее время из-за роста температуры в горах жители Высокого стали выращивать цветы и экзотические фрукты.

Команда №2 – жители села Коровино, которое находится на предгорной равнине, ниже по течению реки Быстрая. Село живёт зажиточно, его жители занимаются фермерским хозяйством, а воду из реки Быстрая используют для орошения полей и для питья. Жители Коровино любят экзотическую еду, развлечения и путешествия. В бюджете Коровино есть свободные деньги для финансирования новых проектов.

Членам команд необходимо обсудить следующие вопросы (учитель или кто-то из ребят может выступить в роли министра регионального развития, который будет вести переговоры):

- 1) Какие последствия будут для деревни Коровино, если жители Высокого построят плотину без их ведома?
- 2) На каких условиях деревня Коровино может согласиться на строительство плотины и предоставить на это свои деньги?
- 3) Может ли поселение Высокое как-то иначе защититься от последствий изменений климата?
- 4) Какие новые проекты и отрасли хозяйства они могут развивать сообща?

## 2.8

## Как изменения климата влияют на арктические регионы

Арктика – это северная полярная область Земли, в состав которой входят Северный Ледовитый океан и его моря, северные части Тихого и Атлантического океанов, Канадский Арктический архипелаг, Гренландия, остров Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля, Северная Земля, Новосибирские острова и остров Врангеля, а также северные побережья материков Евразия и Северная Америка.

Общепринятых границ Арктики не существует. Чаще всего в качестве южной границы Арктики используют полярный круг (66° 33' с. ш.). При таком определении общая площадь территории Арктики составляет 21 млн км<sup>2</sup>.

Второй (климатический) способ определения границ Арктики – по изотерме июля. Изотерма – это воображаемая линия, за пределами которой средняя температура в самый тёплый месяц года не превышает 10 °С. Эта климатическая граница практически совпадает с границей древесной растительности, севернее которой деревья почти не выживают.

В Арктическом регионе расположены такие страны, как Россия, США (Аляска), Канада, Норвегия, Швеция, Финляндия, Исландия, Дания (Гренландия).

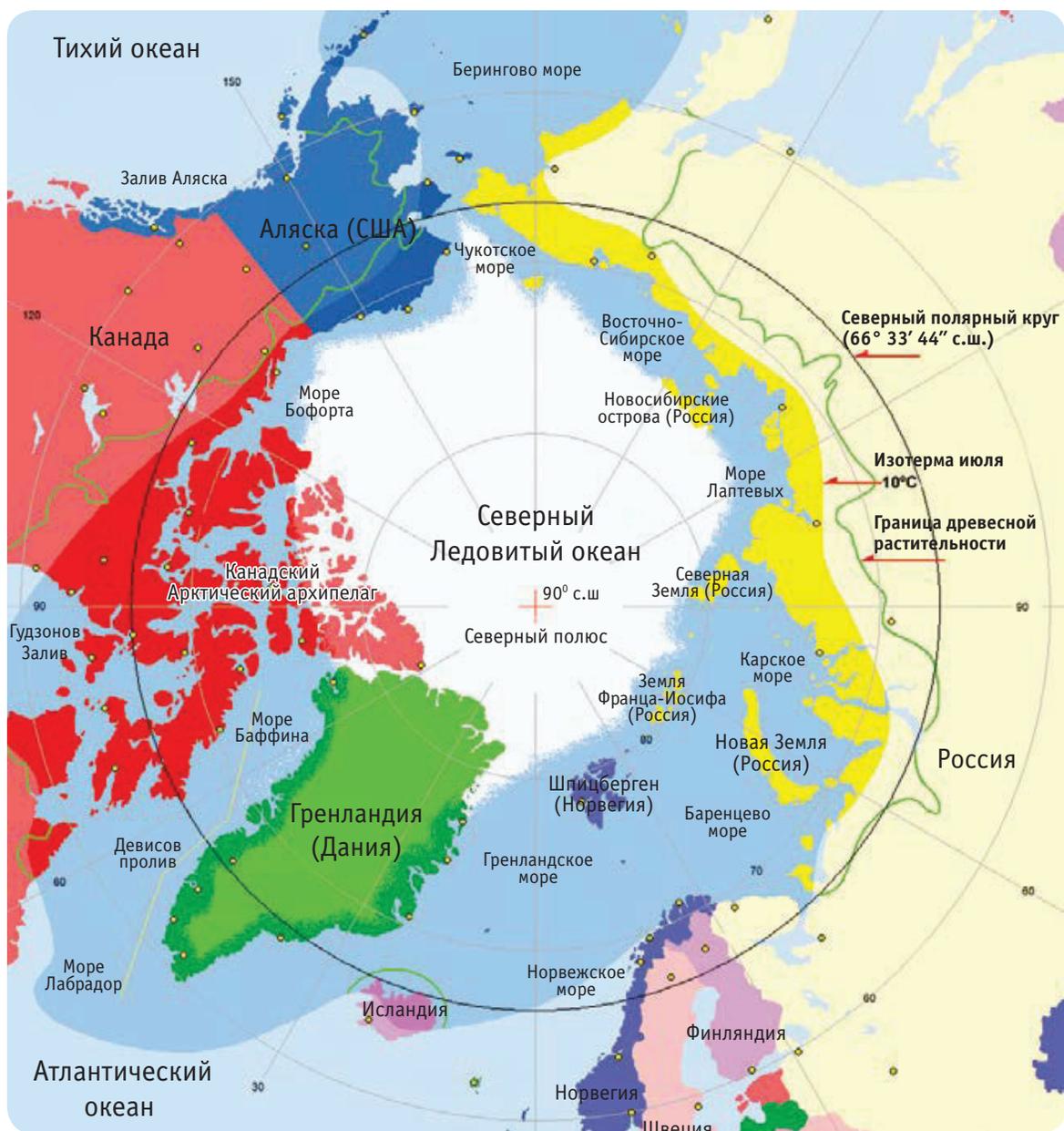


## В Арктике теплеет быстрее, чем на планете в целом

В Арктике изменения климата ощущаются гораздо сильнее, чем в среднем на Земле. За последние десятилетия на арктическом побережье Евразии потеплело на 2–3 °С.

Ещё нагляднее в Арктике перепады погоды. Если в умеренном климате «скачки» обычно не более 10 °С – сегодня тепло, завтра на 10 °С холоднее, а через неделю снова теплеет, то в Арктике они достигают 20 °С. Часто бывает так, что в одном арктическом регионе лето на 5 °С теплее, чем это было в середине XX века, а в соседнем регионе на 5 °С холоднее, чем было обычно в прошлом.

Рис. 2.8.1 Определение границ Арктики.



Может показаться, что тепло в Арктике – это хорошо, но ведь далеко не всегда так! Что лучше: мороз  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  с ясной безветренной погодой или  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , но с метелью? Конечно, мороз без метели лучше, тем более, что к нему все давно приспособились. Дело не в температуре как таковой, ведь в Арктике не может быть сильной жары, когда люди и животные страдают от перегрева.

В метеорологии существует понятие ветро-холодовой индекс, который отражает личные ощущения человека при одновременном воздействии на него мороза и ветра. Например, при температуре  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $30\text{ км/ч}$  ветро-холодовой индекс будет равен  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то есть ощущения человека и реакция его организма на холод будут соответствовать именно этому значению, то есть морозу в  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ !

На жизнь людей и на экосистемы в Арктике влияют другие климатические параметры: сила ветра (метели и шторма), сокращение морских и речных льдов, сильное разрушение берегов, таяние многолетней мерзлоты. Причём их изменения – не просто следствия повышения температуры, это активные силы, сами повышающие температуру. Учёные называют это обратными связями, которых как минимум две.

**1.** Из-за повышения температуры ледяные поля тают и ломаются, а между льдинами появляется много открытой воды, поэтому воздух начинает быстро прогреваться. Тёмная поверхность воды, в отличие ото льда, не отражает, а поглощает солнечное излучение, вода нагревается, льды тают ещё сильнее и эффект усиливается.

**2.** Чем больше открытой воды, тем больше испарение влаги и количество облаков. Вспомните, в облачную погоду ночи тёплые, а в ясную – холодные, так как облака задерживают тепло. Так же и в Арктике: когда много открытой воды и облаков, температура выше, особенно ночью, что также способствует более быстрому таянию льда.

Экономика Арктики сочетает два диаметрально противоположных вида деятельности. С одной стороны, это традиционные способы ведения хозяйства коренного населения: охота, рыболовство и оленеводство. С другой стороны, существует крупномасштабная добыча природных ресурсов: нефти и природного газа, железа, цинка, золота, алмазов, древесины и морепродуктов для международного рынка. Крупнейшие экономики в Арктике – это Россия и США (Аляска), в основном из-за их добывающей и нефтегазовой отраслей. Традиционные виды деятельности преобладают в арктических регионах Канады и Гренландии.

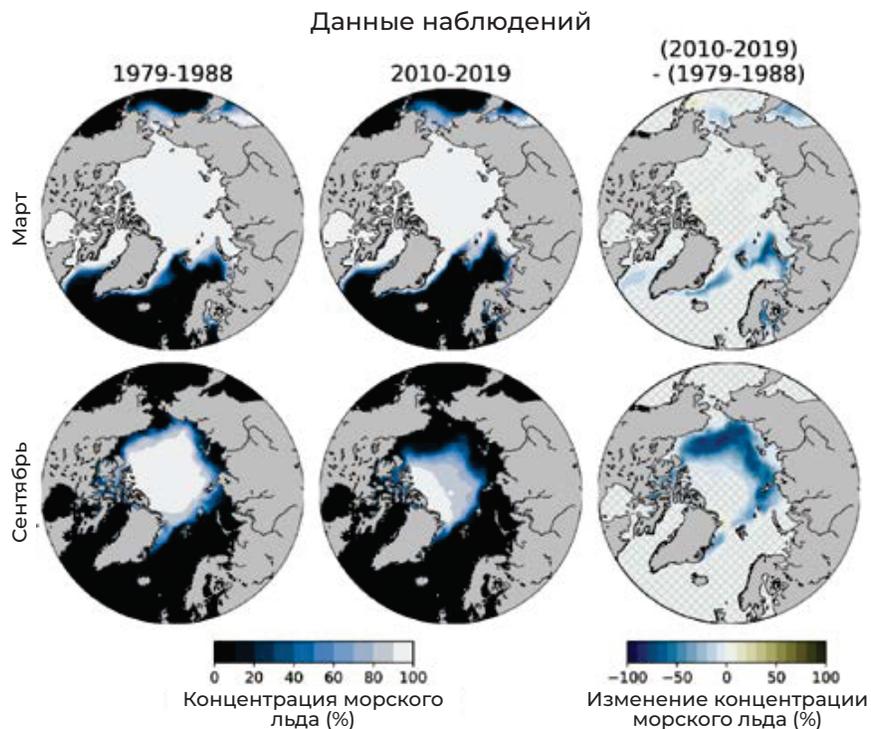


## Исчезающие льды Арктики

С 1979 года за льдами Арктики учёные наблюдают при помощи спутников. Спутниковые данные показывают, что количество льдов в Арктике резко пошло на убыль (Рис. 2.8.2). Карты арктического морского льда, созданные на основе спутниковых данных, показывают среднюю концентрацию морского льда за 1979–1988 и 2010–2019 гг., а также абсолютное изменение концентрации морского льда между этими двумя десятилетиями. За последние 40 лет концентрация льдов в Северном Ледовитом океане и его морях сократилась на 20 %.

О площади льда принято судить по его минимальному количеству за год – обычно минимум льда приходится на конец сентября. В сентябре 2012 года был достигнут абсолютный рекорд – площадь морских льдов сократилась до 3,41 млн км<sup>2</sup> (Рис. 2.8.3).

**Рис. 2.8.2** Карты арктических льдов Арктики в марте и сентябре (когда наблюдается максимальная и минимальная площадь льда).

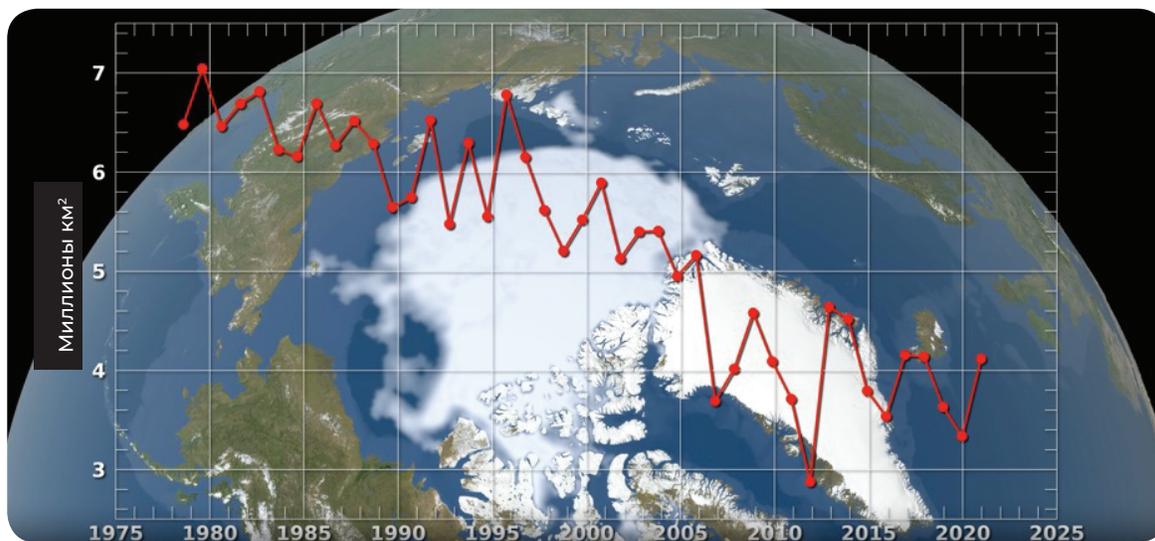


Конечно, зимой лёд по-прежнему покрывает всю Арктику. Даже гигантское потепление на 15–20 °С не сделает зимние температуры в полярных регионах положительными, замерзать моря будут. Однако толщина льда будет гораздо меньше.

Сокращение площади и толщины морских льдов, по оценкам российских специалистов из Арктического и антарктического научно-исследовательского института, откроет новые возможности для более активного использования Северного морского пути для транспортировки грузов из Европы в Азию и наоборот. Этот транспортный маршрут по морям Северного Ледовитого океана гораздо короче традиционного – через Суэцкий канал – можно существенно сократить расходы на грузовые перевозки!

Наибольшие шансы у судов пройти Северным морским путём по открытой воде в сентябре, когда площадь льда минимальна. Но, как можно видеть на Рис. 2.8.2, даже рекордно малая площадь льдов не гарантирует, что открыты все проливы, прежде всего, пролив Вилькицкого между Таймыром и Северной Землёй – узкое место всего Северного морского пути. Так было в 2007 году. И наоборот, льдов может быть гораздо больше, а проливы будут открыты. Пока очень рано говорить о свободном ото льдов плавании вдоль арктического побережья Евразии. Климатические модели показывают, что летом Арктика может становиться совсем свободной ото льда только примерно с 2050 года.

**Рис. 2.8.3** Площадь арктического морского льда (годовая минимальная площадь) в период с 1978 по 2022 год.



Нельзя также забывать о том, что при таянии льдов в Арктике образуются айсберги, которые могут быть опасны для судов, а также для нефтяных платформ, расположенных на шельфе в открытом море. Судостроительным и нефтедобывающим компаниям необходимо в будущем предусматривать активную защиту от айсбергов, чтобы избежать столкновений с ними.

## Угрозы для животных в Арктике

Таяние льдов в полярных широтах сильно влияет на морских животных, в том числе и на «хозяина» Арктики – белого медведя. Конечно, сам лёд ему не нужен, но главная пища медведя – тюлени, которые всегда держатся у кромки льда.

Арктической весной граница льдов сдвигается на север так быстро, что медведи не успевают на это отреагировать и оказываются отрезанными от тюленей огромными пространствами воды безо льда (Рис. 2.8.4). Медведь может проплыть десятки километров, но не сотни. Кроме того, медвежата этого сделать не могут! В результате на берегу остаётся большое число животных. Они часто голодают, идут в поселки и на помойки, встречаются с человеком, что опасно для обеих сторон.

Рис. 2.8.4

**Белому медведю, оставшемуся на суше на расстоянии более 100 км от кромки льдов и тюленей, «хочется выть» от изменений климата.**



Способы решения проблемы есть. Во-первых, надо чтобы у всех взрослых были средства отпугивания медведей; лучше всего ружья с резиновыми пулями. Во-вторых, надо очистить посёлки от пищевых отходов многолетней давности и, например, отвезти их на 1–2 км от поселка, чтобы медведи пошли туда, а не к людям. В-третьих, нужно следить за медведями, иметь для этого специально обученных вооружённых людей, технику, радики, спутниковые телефоны. Тогда можно заблаговременно предотвращать как нападения медведей на людей, так и браконьерство.

В принципе и на берегу медведь может найти пищу, пусть не столь вкусную и обильную, как мясо тюленя – погибших птиц, яйца, мелких животных. Может медведь охотиться и за моржами, но справиться с взрослым моржом медведь не может. Нужно найти слабое, раненое животное или моржонка. Иногда медведям удаётся резко ворваться на лежбище и так испугать моржей, что начинается паника, давка, и огромные самцы давят молодых животных. Особенно удачна для медведя такая охота бывает, если моржи расположились не на плоском пляже, а на склоне или скальных уступах. Тогда, падая с уступов вниз, крупные животные давят молодых.

Увы, располагаться в столь неудобных местах моржей часто заставляет то же отсутствие льда. Моржам нужны не только плавучие льдины, на которых они могут отдыхать при миграции и не терять силы. Им очень важны льды у берега! Раньше у берегов был «припай» – толстый лёд, частично лежащий на берегу и образующий ледовую кромку. Теперь и его гораздо меньше и шторма быстрее размывают удобные для моржей лежбища! Животные вынуждены отдыхать в других местах, где им угрожают не только медведи, но и человек.

Были случаи, когда тысячи моржей появлялись в новых местах, в частности, поблизости от аэродромов (Рис. 2.8.5). При появлении самолёта начиналась паника, и гибли десятки животных. Решение оказалось простым: до появления самолёта создавался шум, чтобы моржи без паники ушли в море. Для этого нужно тщательно отслеживать передвижения моржей, нужны люди и техника.

В Баренцевом и Карском морях обитает атлантический морж, занесённый в Красную книгу. У этих животных мало лежбищ, причём они расположены не только в удалённых районах Земли Франца-Иосифа, но и в относительно легкодоступных местах. Там проходят транспортные пути, по которым ожидаются активные перевозки, предполагается поставить платформы для добычи нефти и газа. Нужно очень тщательно следить и выявлять проблемы в самом начале, чтобы не допустить исчезновения моржа в этой части Арктики.



**Рис. 2.8.5**

**35 тыс. моржей на побережье Аляски в сентябре 2014 года. Из-за таяния морского льда моржам пришлось проплыть большое расстояние, чтобы найти подходящее место для лежбища.**



Ещё одна проблема – выживание гренландских тюленей в Белом море (к Гренландии эти тюлени не имеют отношения, просто их так называют). В отличие от медведей и моржей, тюлени не могут жить на берегу, поскольку там им угрожают волки, собаки и другие хищники. Длительное время гренландский тюлень был объектом морских промыслов поморов, особенно ценились бельки — детёныши в возрасте до двух недель с белым пушистым мехом. В настоящее время промысел запрещён. Также много животных погибало при прохождении судов через места скопления тюленей. Сейчас капитаны судов должны их обходить.

Есть у тюленей и другая проблема: мех у бельков очень тёплый, но не водостойкий, попадание в воду или даже в лужи, образующиеся поверх льда при его таянии, для них губительно. Они мёрзнут, болеют и часто гибнут. Вероятно, в будущем, если льда станет совсем мало, необходимы будут заповедные острова, где бельки смогут спокойно подрастать.

Раньше тюленей в Белом море били ради меха детенышей – бельков. Потом серьёзную опасность представляли суда, идущие через места скопления животных. Теперь у тюленей другая проблема – потепление климата и уменьшение ледовитости Белого моря: без крепкого льда они не могут выращивать потомство.



Страдают от изменений климата не только морские животные, но и северные олени. На Кольском полуострове оленям мешает слабый ледовый покров на реках, в начале зимы пастухи не могут перегнать стада в нужные места. Олени могут либо переплывать реки, либо переходить их по крепкому льду. Река со слабым льдом для них непреодолимое препятствие. На Таймыре более раннее вскрытие рек и таяние тундры мешает миграции северных оленей и нередко приводит к гибели многих животных.

Немедленно прекратить изменение климата мы не можем, поэтому решение проблемы в устранении других препятствий, созданных человеком. Например, нужно, чтобы газопроводы не мешали миграции оленей. Сейчас газопроводы в зоне мерзлоты идут над землёй на специальных опорах, олени не могут ни подлезть под трубами, ни перепрыгнуть. Требуются специальные «П-образные» проходы, чтобы животные свободно проходили под трубами. Тогда оленям будет легче приспособиться к новым условиям жизни.

## Таяние многолетней мерзлоты

Ещё более масштабная проблема – таяние многолетней мерзлоты. Конечно, люди уже много тысяч лет живут в Арктике и в зоне мерзлоты, но это коренные народы севера – чукчи, ненцы, якуты, эвенки, алеуты, юпики, эскимосы. Домов они не строили, и никакого ущерба от их жизни на мерзлоте не было. Когда русские пришли в Арктику и впервые встретились с тем, что земля промерзает на много метров и лишь летом оттаивает её верхний слой, они были очень удивлены. Воеводы писали царю, что земля промёрзшая и сеять пшеницу нельзя. В Якутске даже специально копали колодец, чтобы узнать глубину промёрзшего слоя. В 1686 году дошли до глубины 30 м, но дна мерзлоты не достали. Через 150 лет стали углублять колодец и дошли до 116 м, но и там была мерзлота. Понять, что такое мерзлота, смогли только в конце XIX века. Оказалось, что мерзлота в ряде мест достигает 1500 м, обычно же промёрзший слой с температурой  $-2-7^{\circ}\text{C}$  имеет толщину до 100 м.

Рис. 2.8.6

**Обнажившийся слой многолетней мерзлоты.  
Архипелаг Шпицберген (Норвегия).**



Заметим, что там, где нет мерзлоты, под землей всегда «тепло» – несколько градусов выше нуля, поэтому не замерзают водопроводы, а также ручьи и небольшие реки, которые в больших городах часто идут в подземных трубах и туннелях. На Рис. 2.8.12 можно видеть, что зона многолетней мерзлоты занимает около 60 % всей территории России. Верхний слой почвы летом оттаивает, но на небольшую глубину, от 10 см на самом севере, до 1 метра на южной границе мерзлоты.

Строить на мерзлоте сложно, так как возникают проблемы с фундаментом. Промёрзший грунт невозможно копать, его удаётся только очень медленно продавливать или прогревать и вынимать растаявшую жижу. Грунт можно бурить, пилить и даже взрывать, но всё это дороже и требует специальной техники. В мёрзлом грунте много льда, иногда встречаются целые слои (Рис. 2.8.7), поэтому когда он тает, образуется очень непрочный «полужидкий» слой, который не держит ни здания, ни опоры мостов или линий электропередач. Приходится строить на сваях, которые должны уходить глубоко в землю и стоять на крепко замёрзшем грунте.

Кроме того, летнее протаивание идёт неравномерно. Поверхность земли не идеально ровная, а грунт может быть разным буквально в паре метров влево или вправо. Представьте: где-то в тёплое время года скапливается больше воды, которая не может просочиться под землю, ведь там замёрзший грунт. Наступают холода, и вода замерзает в виде подземных вкраплений льда (линз) и слоёв. Однако лёд имеет больший объём, чем вода, поэтому земля вспучивается. Образуются бугры и неровности, которые разрушают здания и дороги (Рис. 2.8.8, 2.8.9).

Рис. 2.8.7

**Вертикальный разрез многолетней мерзлых пород с ледяными слоями.**



Рис. 2.8.8

**Участок повреждённого железнодорожного пути.**



Рис. 2.8.9

**Здание воинской части, разрушенное из-за неравномерного пучения и просадок.**



Если климат меняется, а температура растёт, то со временем летом мерзлота оттаивает всё глубже и глубже, тогда глубины ранее забитых свай может не хватить, и они «поплывут»: здание начнёт перекашиваться и рухнет.

Но на этом процесс не заканчивается. Если температура растёт, в какой-то особо тёплый год протаивание идёт сильнее, и ледяные слои тают так, что вода может стечь. Тогда под землей образуются пустоты – грунт просаживается, в ямы может легко провалиться опора моста или линии электропередач, даже небольшое здание. Этот процесс неравномерного проседания грунта вследствие таяния подземного льда называется **«термокарст»**. Он очень опасен, в том числе и для больших зданий, которые уже не раз обрушивались из-за быстрого развития термокарста, что совершенно не ожидалось в прошлом, когда эти здания проектировались и строились (Рис. 2.8.10, 2.8.11).

Но нередко человек и сам добавляет воды в прямом смысле слова. При более сильном таянии мерзлоты вода из-за протечки водопровода или канализации может стать большой проблемой, тогда как раньше всё сходило с рук. Также важно соблюдать правила уборки снега с крыши и вокруг дома, недопустимо, чтобы талая вода затекла под здание.

Что же делать? Ведь мы не можем немедленно остановить изменения климата, а скорость разрушений очень велика! Приходится тратить немалые средства как на прямое замораживание грунтов, так и на гораздо более дорогие конструкции, не боящиеся новых условий.

Рис. 2.8.10

**Здание, рухнувшее в посёлке Черский (Россия).**



Рис. 2.8.11

**Обрушение угла здания. Центр г. Якутск (Россия).**



Грунт в Арктике можно заморозить с помощью довольно простых устройств. Иногда бывает достаточно проложить под землей вентиляционные трубы, тогда зимой холодный воздух охладит замёрзший грунт до очень низкой температуры, и летом он не успеет оттаять. Такой метод особенно удобен для дорог, где есть насыпь. Там обычно достаточно через каждые 50 см проложить трубы диаметром около 20 см, проходящие сквозь насыпь поперёк дороги.

Часто грунт замораживают с помощью устройств, которые называются **термосифоны**. Это вертикальная труба, герметично закрытая с обоих концов, её нижняя часть в грунте, а верхняя на 2–3 м над землёй (Рис. 2.8.13). Внутри труба частично заполнена охлаждающим веществом (хладагентом), аммиаком или жидкой углекислотой.

Зимой термосифон замораживает грунт за счёт разницы температур между относительно тёплым грунтом (несколько градусов ниже нуля) и воздухом, который на 20–40 °С холоднее. Важно, чтобы холоднее было наверху, а теплее внизу. Внизу трубы жидкий хладагент испаряется при температуре грунта, при этом как при всяком испарении происходит охлаждение. Пары хладагента поднимаются вверх, но там очень холодно и пары конденсируются. Конечно, при этом выделяется тепло, но оно лишь чуть-чуть прогревает воздух. Жидкий хладагент стекает вниз, и всё повторяется. Фактически зимой термосифон закачивает под землю холод. Температура грунта снижается на несколько градусов, и этого хватает, чтобы он летом не растаял. Летом термосифон не работает, так как воздух теплее грунта и хладагент внутри трубы не циркулирует. Конечно, металлические стенки трубы проводят тепло под землю, но этот эффект слабее, чем зимнее замораживание. Так удаётся заморозить грунт под дорогами и опорами газопроводов, даже под большими зданиями, но стоять термосифоны должны примерно через каждый метр (Рис. 2.8.13, Рис. 2.8.14).

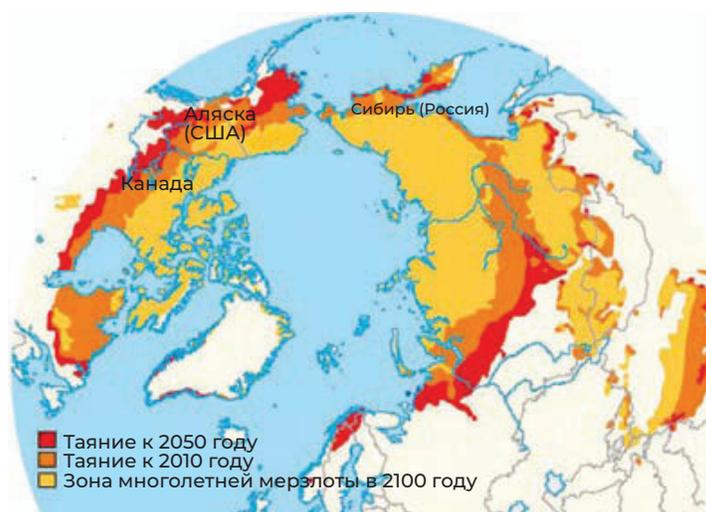


Рис. 2.8.12

**Прогнозируемое таяние многолетней мерзлоты в течение XXI века.**

**Красным отмечены зоны, где таяние может произойти до 2050 года, оранжевым – до 2100 года и жёлтым – зоны, где многолетняя мерзлота сохранится до конца текущего столетия.**

Однако было бы неверно думать, что с термосифонами таяние мерзлоты не страшно. Их надо ставить очень часто, а несмотря на простоту термосифоны дороги. Подсчитано, что для замораживания грунта под опорами газопроводов в России надо разом потратить около 10 млрд долл США! При этом термосифоны – лишь временная мера, ведь они могут понизить температуру грунта только на несколько градусов. При более сильном потеплении они уже бессильны. Приходится «ставить» дороги на специальные заглублённые в землю опоры, фактически делать сплошную эстакаду на сваях, что многократно удорожает строительство (Рис. 2.8.14).

**Рис. 2.8.13**

**Дорога с замораживающими термосифонами.**



**Рис. 2.8.14**

**Дорога на специальных заглублённых в землю опорах.**



Заморозкой грунта далеко не всегда возможно решить все проблемы; от штормов и сильной береговой эрозии заморозкой защититься не получится! Всё чаще складываются ситуации, когда спасти те или иные объекты невозможно. Приходится переселять людей на новые места.

Ещё один важный момент: в процессе таяния многолетней мерзлоты в тундре из грунта высвобождается большое количество парниковых газов, которые в избытке начинают поступать в атмосферу, усиливая парниковый эффект и ускоряя глобальное потепление на планете.

## Погодные аномалии в Арктике

Теперь вы знаете, что при оценке погодных условий важна не только температура, но и ветер. Мороз без ветра во всех отношениях лучше, чем сильная метель, когда крайне сложно что-то делать на открытом воздухе, когда не может передвигаться обычный транспорт. Работать в таких условиях и сложно, и опасно. Сильных ветров в Арктике становится больше, а значит нужно больше специальной техники, одежды, спасательного оборудования и запасов на случай продолжительных метелей.

Стала выше влажность, чаще происходят чередования оттепелей и заморозков. В этих условиях дороги, мосты, линии электропередач чаще покрываются слоем льда, больше аварий и поломок. Здания и сооружения быстрее ветшают, так как они покрываются микротрещинами. При попадании в малейшую трещину воды и её замерзании лёд расширяет трещину, потом он тает, а трещина заполняется большим количеством воды, она снова замерзает, и трещина ещё расширяется. Чем чаще, тем быстрее происходит разрушение.

Для низких мест, например для полуострова Ямал, серьёзной проблемой становятся более частые случаи сильнейшего весеннего половодья, когда огромные территории покрыты слоем воды до метра и более. На Ямале стало выпадать больше снега, а тает арктической весной он теперь быстрее. Кроме того, там отмечено проникновение в грунтовые воды морской воды, что вызывает сильную коррозию подземных частей всех сооружений.

## Как изменение климата влияет на коренные народы Севера?

Коренные малочисленные народы Севера сильно страдают из-за изменений климата, поскольку уклад их жизни и традиционные виды экономической деятельности напрямую зависят от климатических условий. Охота, рыболовство, собирательство и оленеводство обеспечивают людей пищей, служат для них основным источником дохода и очень важны для сохранения традиций, культуры этих народов и территории их проживания.

Рис. 2.8.15

Образ жизни коренных народов Арктики.



Важный вид деятельности для коренных народов в арктическом регионе – оленеводство. Из-за более частых оттепелей происходит образование слоя льда на грунте, который ограничивает доступ северному оленю к лишайникам, находящимся под коркой льда. Таяние многолетней мерзлоты, изменения снежного покрова и более раннее таяние и более позднее замерзание речного льда приводит к нарушению путей миграции северных оленей между зимними и летними пастбищами. Изменения миграционных путей диких оленей и сокращение численности морских животных, добычей которых занимаются малые народы Севера, приводит к тому, что люди вынуждены искать себе новые источники питания и доходов.

Что же можно предпринять, чтобы помочь коренным народам Арктики адаптироваться к меняющимся климатическим условиям?

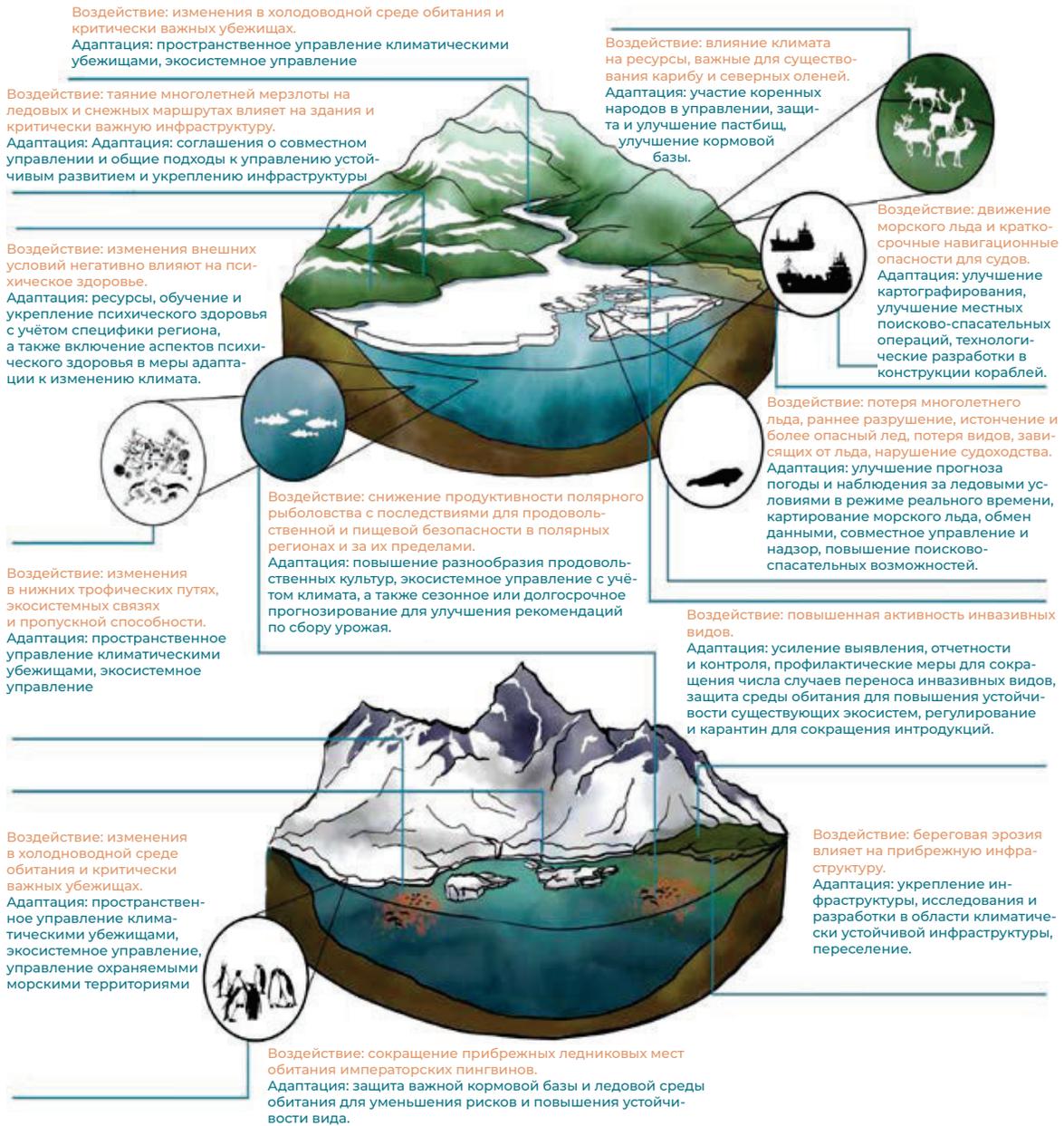
1. Распространять информацию об изменениях климата и их возможных последствиях, чтобы у местного населения была возможность заранее подготовиться к возможным рискам.
2. Развивать экотуризм в этих районах.
3. Необходимо повышать уровень медицинского обслуживания на Севере, особенно в труднодоступных районах и посёлках, обеспечить гарантированное и бесперебойное тепло- и электроснабжение.

### **Последствия изменения климата и потенциал адаптации в Арктике и Антарктике**

Мы уже знакомы с полярным усилением, которое означает, что полюса Земли нагреваются быстрее, чем в среднем по миру. Мы также уже знаем, что за последние четыре десятилетия Арктика нагревалась почти в четыре раза быстрее, чем в среднем по миру, и что Антарктика нагревается в два раза быстрее, чем в среднем по миру. Учёные сравнили последствия изменения климата и варианты адаптации в Арктике и Антарктике и выявили некоторые сходства и различия, как представлено на Рис. 2.8.16.



## Последствия изменения климата и потенциал адаптации в Арктике и Антарктике.



## А как же положительные эффекты потепления?

Конечно, изменение климата в Арктике даёт и некоторые позитивные возможности. Можно меньше тратить топлива на обогрев, можно воспользоваться более свободным ото льда Северным морским путём и проще доставлять грузы из Европы в Японию, Китай и обратно. Вдоль Северного морского пути нужно построить инфраструктуру для движения судов – маяки, спасательные средства для действий в чрезвычайных ситуациях, порты, где суда могли бы переждать сильные шторма или укрыться от неожиданно появившихся ледяных полей. Кроме того, более неустойчивый климат наряду с ростом средних температур будет преподносить немало сюрпризов в виде метелей или волн сильнейших морозов.

Можно сократить отопительный сезон, но надо научиться топить с умом, глядя не на дату на календаре, а на реальную температуру за окном, на радиаторы отопления устанавливать регуляторы, чтобы и жильцы сами могли регулировать температуру в своих домах. Для этого требуются специальные усилия и оборудование.



Во всех арктических регионах негативных явлений гораздо больше, чем позитивных. Вывод климатологов и экономистов очевиден – приспособиться к таянию мерзлоты, к эрозии, ко всем другим негативным последствиям можно, но это очень дорого. Поэтому столь важно найти способы ограничить глобальное потепление.



# ВОПРОСЫ

1

Где потепление сильнее: в мире в целом или в Арктике?

—

2

Почему температура воздуха быстро возрастает, когда арктической весной ледяные поля ломаются и появляется много открытой воды?

—

3

Почему белые медведи страдают от сокращения льдов, разве им нужен лёд?

—

4

Какая опасность сейчас угрожает тюленям в Белом море?

—

5

Почему таяние многолетней мерзлоты опасно для зданий?  
Что бы вы порекомендовали для укрепления зданий и инфраструктуры в условиях ускоренного таяния многолетней мерзлоты?

—

6

Как изменение климата влияет на традиционный образ жизни коренных народов Арктики? Что можно сделать, чтобы помочь им адаптироваться к меняющимся климатическим условиям?





# ЗАДАНИЯ



1

## Эксперимент

Цель: понаблюдать, как меняется объём воды при замерзании.  
Материалы: герметично закрывающаяся стеклянная бутылка, вода.

Ход эксперимента. Налейте полную стеклянную бутылку воды, закупорьте её и положите в морозильник. Что произошло с бутылкой, когда вода замёрзла? Почему это произошло? Проведите параллель с процессами, происходящими с вечной мерзлотой.

2

## Эксперимент

Цель: проследить изменение физических свойств веществ при их замерзании и размораживании.

Материалы: пластиковая или бумажная коробка со сметаной.  
Примечание. Если почва замёрзла, а потом оттаяла, она уже не будет такой, как до замерзания. В ней могут появиться ледяные слои, при оттаивании которых почва может разделиться на воду и грунт. Посмотреть, как это происходит, можно на примере сметаны.

Ход эксперимента. Возьмите бумажную или пластиковую коробочку сметаны. Положите в морозильник. Когда сметана замёрзнет, она не будет представлять собой единый кусок, в ней будут видны слои льда. При оттаивании бывшая сметана разделится на белую жидкость и белую более густую субстанцию (после перемешивания сметана станет похожей на ту, которая была в начале, и, конечно, её можно съесть).

## 2.9

## Как изменения климата влияют на города

### Половина людей в мире живёт в городах

С давних времён население каждой страны или географического региона делилось на городское и сельское. В городах исторически складывались подходящие условия для занятий ремёслами, там располагались первые производства, и в целом было безопаснее жить, укрывшись за городскими стенами. В сельской местности занимались сельским хозяйством: выращивали растения и разводили скот.

С конца XIX века люди массово потянулись в города. Этот процесс специалисты называют **урбанизацией**.

Рис. 2.9.1

Старый городской квартал г. Берн (Швейцария), 1820 год.



## УРБАНИЗАЦИЯ

Процесс повышения роли городов в развитии общества. Предпосылки урбанизации – рост в городах промышленности, развитие их культурных и политических функций, углубление территориального разделения труда.



В результате урбанизации к 2008 году доля городского населения впервые за всю современную историю превысила 50 % (Рис. 2.9.2). В середине 2023 года примерно 4,6 из более чем 8 млрд чел. во всем мире проживали в городах. Это составляет 57 % мирового населения. По данным ООН, к 2030 году городское население увеличится почти на 600 млн чел., достигнув в общей сложности 5,2 млрд чел. (или 60 % мирового населения).

В настоящее время в мире насчитывается 34 города с населением более 10 миллионов человек. Большинство из этих так называемых **мегаполисов** расположены в Азии (21), Латинской Америке (6) или Африке (3). В настоящее время крупнейшим городом является городская агломерация Токио с населением более 38 млн жителей. Далее следуют Дели (26,5 млн чел.) и Шанхай (24,5 млн чел.). По расчётам ООН, к 2030 году ожидается, что число мегаполисов увеличится до 43. Дели может стать крупнейшим городом мира с населением почти 39 млн чел.

А значит, изучение климата городских территорий важно, как минимум, для половины населения нашей планеты.

Рис. 2.9.2

Доля городского населения и крупнейшие города мира в 2018 году.

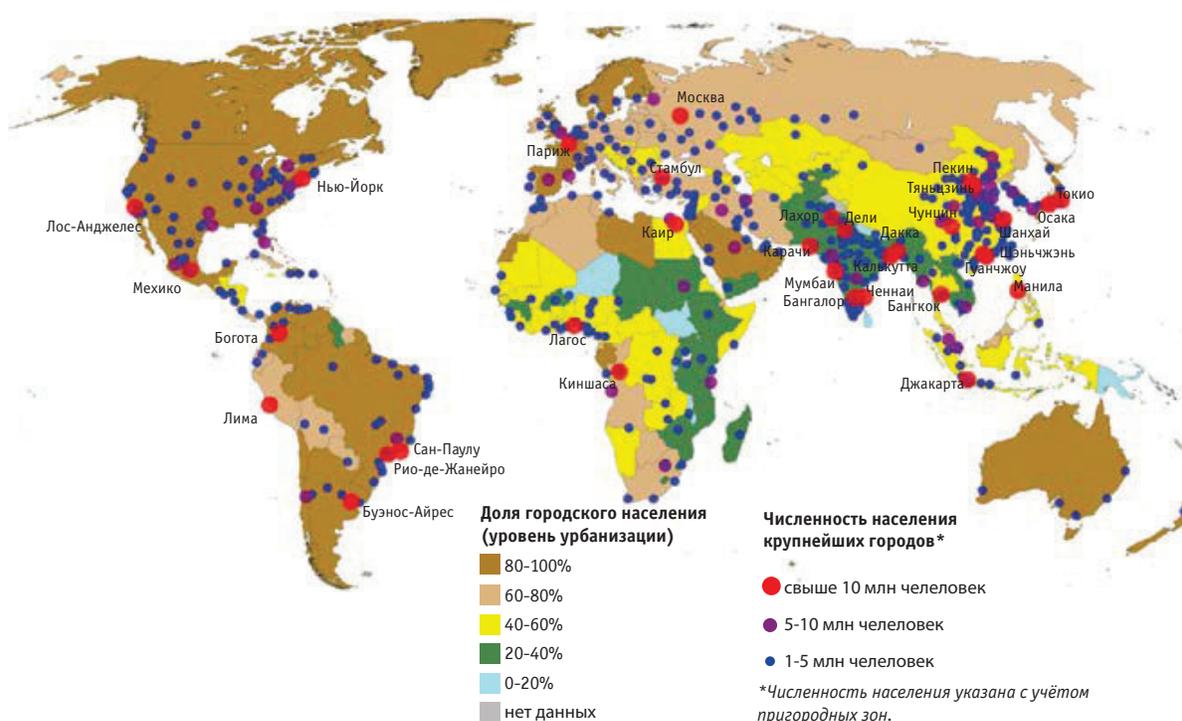


Таблица 2.9.1

15 самых крупных городов мира.

№	Город	Страна	Население (млн чел.)
1	Токио	 Япония	38,1
2	Дели	 Индия	26,5
3	Шанхай	 Китай	24,5
4	Мумбаи	 Индия	21,4
5	Сан-Паулу	 Бразилия	21,3
6	Пекин	 Китай	21,2
7	Мехико	 Мексика	21,2
8	Осака	 Япония	20,3
9	Каир	 Египет	19,1
10	Нью-Йорк	 США	18,6
11	Дакка	 Бангладеш	18,2
12	Карачи	 Пакистан	17,1
13	Буэнос-Айрес	 Аргентина	15,3
14	Калькутта	 Индия	15,0
15	Стамбул	 Турция	14,4

Рис. 2.9.3

Токио с населением более 38 млн чел. является крупнейшим городом мира.



## Почему города называют островами тепла?

Города – это своеобразные горячие экологические точки нашей планеты. Причём слово «горячие» здесь можно понимать буквально: выбросы различных веществ от предприятий и автотранспорта из-за плотной застройки «застаиваются» в приземном слое атмосферы над городом, создавая эффект парника и повышая температуру воздуха в городской черте на несколько градусов по сравнению с прилегающей территорией. Поэтому учёные называют города островами тепла.

### ОСТРОВ ТЕПЛА

Площадь в центре большого города, для которой характерна повышенная по сравнению с окраинами температура воздуха. Больше всего эффект городского острова тепла заметен в вечернее и ночное время, особенно весной и осенью. Разница температур между центром города и пригородом может достигать в это время 10–15 °С.

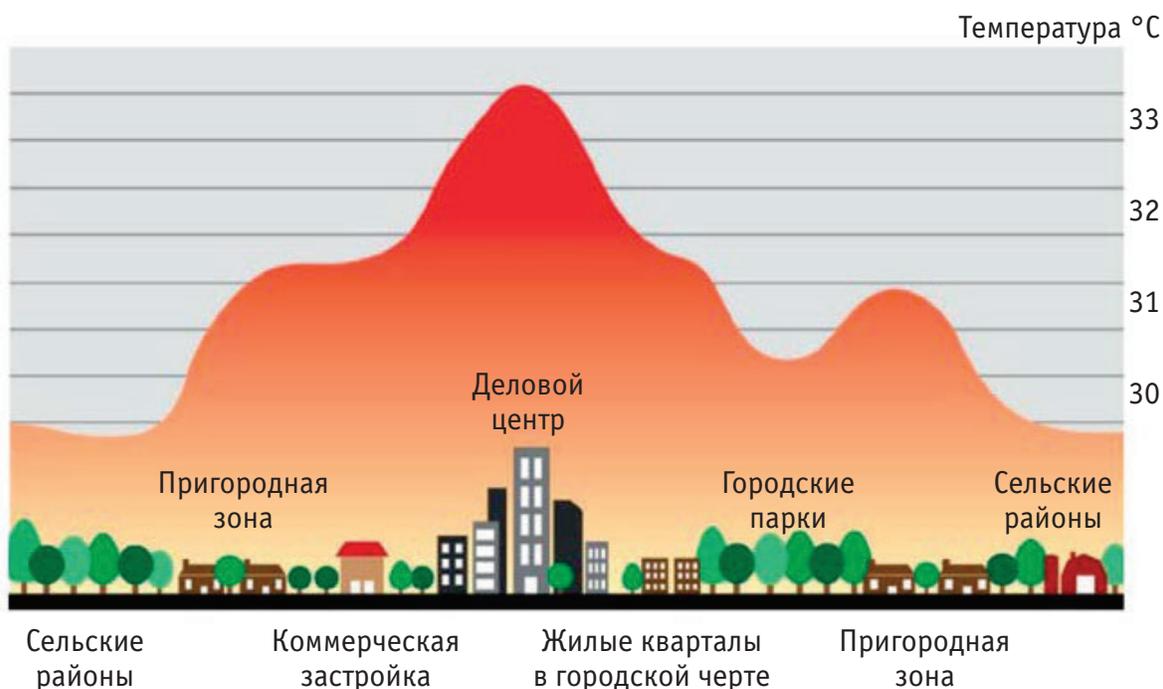
Эффект острова тепла в крупных мегаполисах ещё больше усиливается по мере роста температуры нашей планеты.

О явлении городского острова тепла мы знаем из личного опыта: выходя вечером жаркого летнего дня из здания в центре города, мы чувствуем лишь приятную прохладу, не мешающую вечерней прогулке по городу в лёгкой одежде. В пригородах даже в самый жаркий летний месяц находиться долго на улице в то же самое время как минимум без лёгкой куртки уже довольно некомфортно. Это происходит из-за того, что в городской среде приземный воздух остывает медленнее – его нагревают запасшиеся дневным теплом стены и крыши зданий.



Рис. 2.9.4

Схема распределения температуры над городом (городской остров тепла).



### Первые исследования климата городов

Первым исследователем климата города следует считать англичанина Люка Ховарда (1772–1864).

С 1806 по 1831 год Ховард вёл ежедневные измерения атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, количества осадков и испарения в пригородах Лондона. Свои наблюдения он дополнял сведениями из газет, упоминавших о тех или иных метеорологических явлениях. Однако Ховард не изучал специально климат Лондона, он изучал климат вообще, выбрав Лондон опорным пунктом наблюдения за погодой. Безусловной заслугой исследователя, который считается родоначальником городской климатологии, стала его попытка сравнить данные собственных измерений с проводимыми метеорологическими измерениями Королевского общества, наблюдательный пункт которого располагался в центральной части Лондона. Итогом проведённого сравнения стало открытие эффекта, именуемого современными исследователями городским островом тепла.



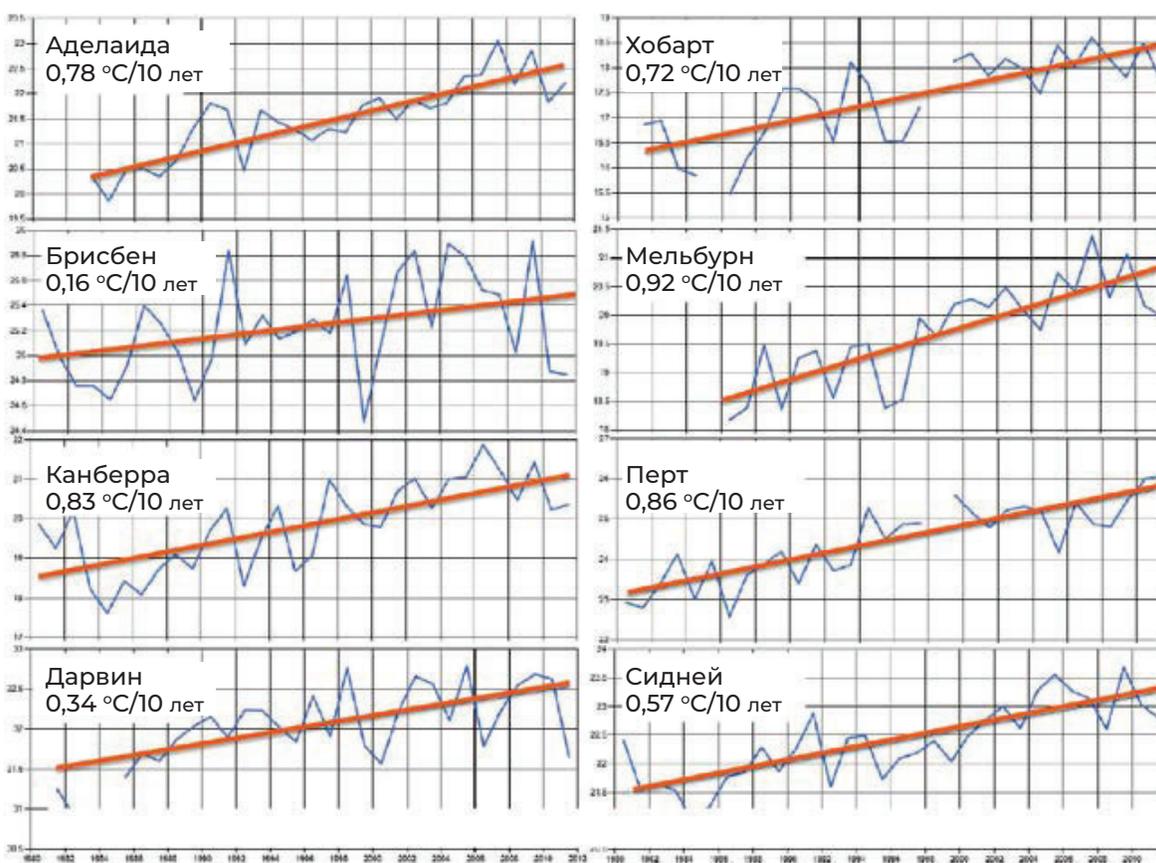
## Как изменение климата влияет на здоровье городских жителей?

Изменение климата оказывает большое влияние на жизнь и здоровье человека. Если раньше наше здоровье, как нам казалось, главным образом зависело от безопасного поведения, наследственности, рода занятий, окружающей среды и доступа к медико-санитарной помощи, то теперь становится понятно, что оно зависит и от изменений климата.

В городах, особенно крупных, изменение климата проявляется наиболее ярко. Например, рост температуры воздуха в Москве за прошлое столетие составил более  $2^{\circ}\text{C}$  (в среднем по миру за этот период температура выросла на  $1,2^{\circ}\text{C}$ ). Быстро повышается температура воздуха и в других крупных городах по всему миру (Рис. 2.9.5).

Рис. 2.9.5

**Изменение среднегодовой максимальной дневной температуры воздуха в крупнейших городах Австралии в 1980-2012 годах. Красная линия показывает линейный тренд за десятилетие.**



Эксперты Всемирной организации здравоохранения предполагают, что в результате потепления периоды экстремально жаркой погоды в городах будут более частыми, интенсивными и длительными. Известно, что колебания давления, температуры, влажности могут создавать некомфортные условия для жизни, и появляется всё больше примеров, когда последствия таких изменений становятся поистине трагическими для пожилых людей, маленьких детей и людей с ослабленным здоровьем. Во время сильной жары также повышается содержание в воздухе пыльцы растений и других частиц, которые вызывают аллергию и астму.

Если волна жары продлится более недели, это может привести к проблемам с сердцем и даже смертельному исходу среди пожилых людей и людей с плохим здоровьем. Согласно исследованию, опубликованному в журнале Природная медицина (Nature Medicine), почти 62 000 человек умерли от болезней, связанных с жарой, в Европе летом 2022 года.

Исследователи обнаружили, что Италия была наиболее пострадавшей страной, где погибло около 18 000 человек, за ней следовали Испания с более чем 11 000 погибших и Германия с около 8 000 человек. Сильная жара нанесла особенно большой вред пожилым людям и женщинам. Из почти 62 000 проанализированных случаев уровень смертности, связанный с жарой, был на 63 процента выше среди женщин, чем среди мужчин. Возраст также был важным фактором: число погибших было значительно больше среди людей в возрасте 65 лет и старше.

В крупных городах в жаркие дни в группу риска также попадают люди, живущие или работающие в центре города, а также люди, профессиональная деятельность которых связана с длительным пребыванием на открытом воздухе (например дорожные рабочие, строители).

Большое значение имеет своевременное предупреждение о наступлении жары, чтобы медики могли подготовиться. По оценкам экспертов Всемирной метеорологической организации, такой прогноз должен быть дан не менее чем за 2 дня до наступления жары.

В создании программ помощи населению наиболее преуспели США, Канада, Франция и некоторые другие страны. Например, в американском городе Филадельфия пропагандируется система добрых услуг во время волн жары. Средства массовой информации регулярно сообщают об изменении погодных условий, а также рассказывают о том, как избежать тепловых заболеваний. Телефон «горячей линии» публикуется в газетах, а также помещается в центре города на большом экране, который хорошо виден издали. Служба неотложной медицинской помощи и управления пожарной охраны увеличивают численность своего персонала. Для пожилых людей созданы специальные кондиционированные помещения, куда их может бесплатно доставить специальная служба помощи и где они могут отдохнуть от жары.

Температуры, которые привычны для людей, проживающих в жарком климате, могут считаться аномально высокими там, где климат более мягкий. В Соединённых Штатах, например, определение волны жары зависит от региона. В Северо-Восточных штатах волной жары считаются три последовательных дня с температурой от 90 °F (32,2 °C). В Калифорнии, где климат теплее, волна жары имеет более высокий порог 100 °F (37,8 °C) в течение трёх или более дней подряд. Национальная служба погоды заранее оповещает жителей о предстоящем периоде жары.



### Меры предосторожности в жаркую погоду

- Отдавайте предпочтение одежде из натуральных тканей: они позволяют дышать коже и не приводят к перегреву.
- Держите при себе бутылочку с питьём, желательно чтобы это была не слишком холодная вода. В жару надо выпивать не меньше 3 л жидкости в сутки.
- Старайтесь как можно меньше находиться под прямыми солнечными лучами. Наиболее активно солнце в период с 12 до 16 часов, поэтому в это время желательно воздержаться от выхода на улицу.
- Обязательно носите головной убор.
- Не покупайте скоропортящиеся продукты: при высокой температуре бактерии размножаются очень быстро, поэтому можно получить сильное отравление.
- Ешьте побольше овощей, фруктов, различные салаты и холодные супы.
- От жирной и солёной пищи лучше отказаться.
- Старайтесь поменьше нагружать организм спортивными тренировками.
- Старайтесь меньше нервничать: любой стресс усиливает риск возникновения теплового, солнечного удара и сердечно-сосудистых заболеваний.
- Не сидите прямо под кондиционером: контраст температур на знойной улице и в прохладном помещении очень велик, такие перепады опасны простудами и даже воспалением лёгких.

Изменение климата негативно сказывается на здоровье человека (Рис.2.9.6). Распространяются опасные инфекционные заболевания (например энцефалит, малярия) в тех районах, где их никогда раньше не было, и увеличивается период потенциальной инфекционной опасности.

## Изменение климата усиливает риск инфекционных заболеваний

**Клещевой энцефалит** – вирусная инфекция. В организм человека вирус проникает после укуса заражённого клеща. Энцефалитные клещи – основной переносчик вируса – встречаются в тайге и лесных местностях Сибири, Урала и Дальнего Востока России. Но в последнее время случаи заражения чаще стали регистрироваться и в средней полосе России, Северо-Западном регионе, Поволжье. Клещевой энцефалит отмечается даже в тех регионах европейской части России, где его ранее никогда не наблюдали. Учёные считают, что это связано с потеплением климата.

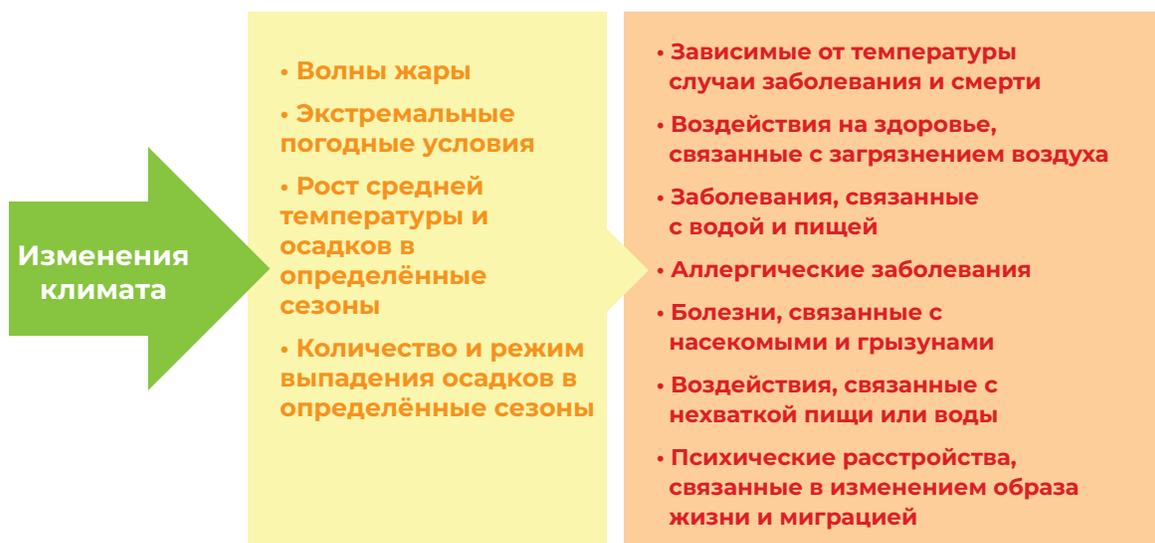
Тёплая зима и весна благоприятствуют распространению клещей: они реже гибнут зимой и быстрее размножаются весной. Обычно лишь небольшая доля всех клещей заражена энцефалитом. Но увеличивается общее число клещей, а значит, и число заражённых особей.

**Малярия** (от итал. mala aria – «плохой воздух»), или болотная лихорадка, – инфекционное заболевание, передаваемое человеку при укусах «малярийных» комаров и сопровождающееся лихорадкой и ознобами. Для передачи малярии необходимым условием является как наличие самих «малярийных» комаров в данной области, так и определённой температуры, при которой возбудитель этой болезни может развиваться в организме комара.

Малярия характерна для тропических стран, но даже в жарком климате имеет значение высота над уровнем моря: болезнь меньше распространена в горных районах, где холодные температуры замедляют развитие паразита внутри комара. При потеплении климата граница распространения зоны, опасной с точки зрения передачи малярии, сдвигается к северу от экватора и вверх по склонам гор. Исследования показывают, что малярия постепенно распространяется в более высотные регионы в Кении, Колумбии и Эфиопии, подвергая тем самым миллионы людей риску заболевания.

Также становится длиннее «малярийный сезон» – время года, в течение которого вспышки заболевания наиболее часты. По оценкам специалистов, сейчас на территории России южнее 48° с. ш. этот сезон длится около 75 дней. В средней полосе его продолжительность не превышает 50 дней, однако учёные прогнозируют, что уже к середине XXI века она увеличится на 10–15 дней. Значит, уже в ближайшем будущем придётся проводить дополнительные противомаларийные мероприятия.





В недавнем исследовании, опубликованном в медицинском журнале «Ланцет», даётся набор показателей, которые помогают понять влияние изменения климата на здоровье человека, такие как смертность от жары, отсутствие продовольствия и загрязнение воздуха.

Например, исследование показывает, что в малых островных государствах 103 аномально жарких и опасных для здоровья дня ежегодно на протяжении 2018-2022 годов были связаны с изменением климата. В Европе, Северной Америке и Океании это число составляет менее 30 дней в год.

По оценкам, при сценарии потепления на 2 °C, 525 млн чел. будут испытывать нехватку продовольствия к 2041–2060 годам по сравнению со средним показателем за 1995–2014 годы. Сочетание изменения климата, урбанизации и миграций приводит к увеличению заболеваемости такими заболеваниями, как лихорадка денге. Исследование показывает, что случаи лихорадки денге удваивались каждое десятилетие, начиная с 1990 года, и почти половина населения мира в настоящее время подвергается риску этого опасного для жизни заболевания.

Наводнения тоже несут в себе скрытые угрозы. При наводнениях нарушается работа водопроводной системы и канализации, в результате чего возрастает риск кишечных заболеваний. Кроме того, в некоторых районах в воде, которая смыкает всё на своем пути, могут оказаться ядовитые змеи, а иногда даже... крокодилы, как это произошло во время наводнения в Австралии в 2011 году.

Усиливаются психологические стрессы, депрессия, связанные с изменениями в окружающей среде и образе жизни. Наверняка вы замечали за собой, что при плохой погоде порой так не хочется никуда идти и ничего делать. А если плохая погода за окном случается всё чаще и чаще?

## **Как изменение климата влияет на городское хозяйство?**

Для городского хозяйства опасность представляют экстремальные погодные явления, которые могут нарушить работу транспорта, систему энерго- и водоснабжения. Из-за наводнений могут оказаться затопленными здания, автомобильные и железные дороги, морские порты и аэропорты. Из-за повышения температуры быстрее разрушается дорожное покрытие, дороги приходится чаще ремонтировать. Резкое понижение температуры зимой и образование наледи на линиях электропередач может привести к обрыву проводов – дома, школы, больницы или предприятия останутся без света.

Жителям северных стран, возможно, удастся сэкономить на отоплении своих домов, благодаря повышению температуры воздуха в холодное время года. Вот только в южных городах расходы городской казны скорее всего ещё больше увеличатся, поскольку чаще придётся использовать кондиционеры!

В последние 10 лет учёные уделяют большое внимание изучению влияния изменения климата на города. И это понятно – ведь правильное представление о возможных последствиях потепления поможет серьёзно сократить средства городских бюджетов, отведённые на возмещение ущерба от очередного наводнения. Возместить ущерб можно будет, например, за счёт экономии на отоплении в зимний период.

## **Как мы можем адаптироваться и жить в более здоровых и устойчивых к изменению климата городах и населённых пунктах?**

Продолжающийся быстрый рост городского населения и потребность в достойном, доступном и устойчивом жилье и инфраструктуре требуют комплексного решения с учётом мер адаптации к изменению климата. Этот вопрос очень важен, поскольку, согласно прогнозам, к 2050 году в городских районах будут проживать ещё 2,5 млрд чел., причем до 90 % этого прироста будет сосредоточено в регионах Азии и Африки.

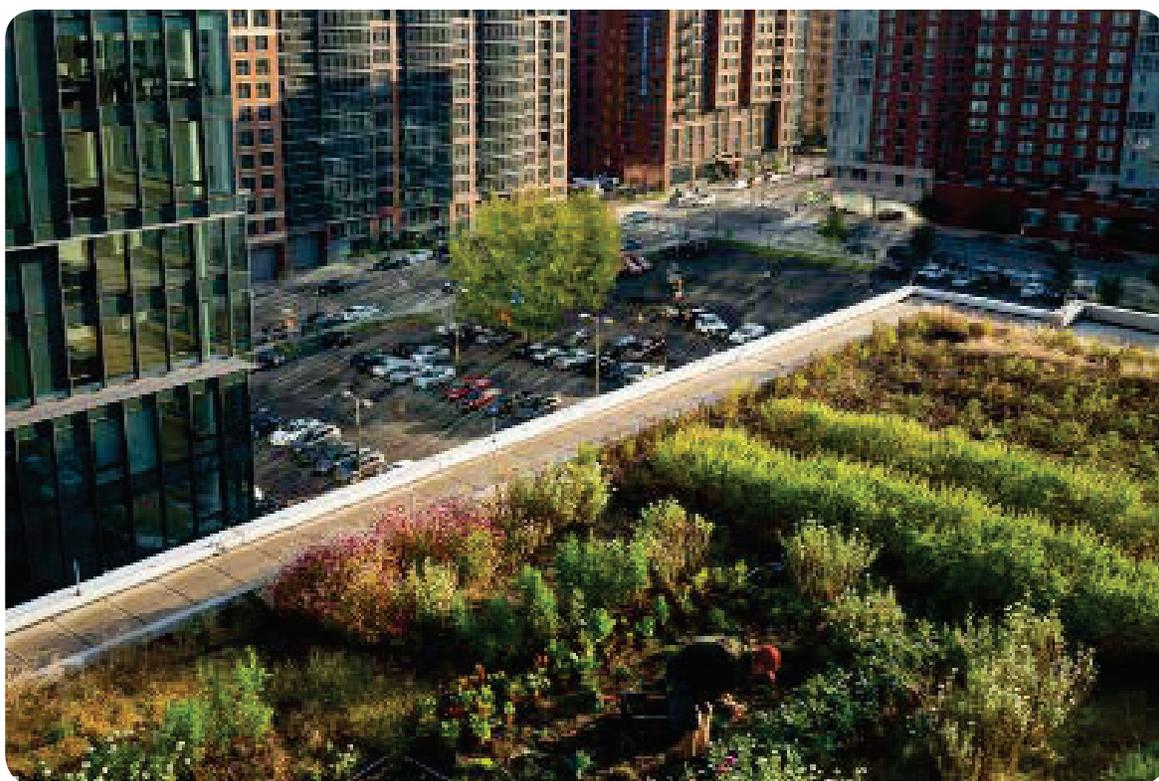
Многие города и поселения уже принимают меры по адаптации к текущим и краткосрочным климатическим воздействиям и рискам в рамках своего социального и экономического планирования и политики. Эти действия включают в себя инженерные меры и планирование, такие как дальнейшее развитие городского общественного транспорта, инженерная защита от наводнений, реконструкция и укрепление зданий, убежища от циклонов, строительные нормы и правила для повышения устойчивости инфраструктуры и зданий к ураганам, наводнениям, а также, где это уместно, к деградации многолетней мерзлоты, управление ливневыми стоками и городскими дренажными системами и т.п. Сюда также входят экологические решения, такие как создание «зелёных» зон для снижения температуры воздуха в городах, включая зелёные крыши и стены, парки, зелёную инфраструктуру и экосистемные услуги.

Что касается здоровья человека, меры включают перепроектирование и модернизацию домов, школ и медицинских учреждений для снижения воздействия сильной жары, борьбы с ростом инфекционных заболеваний, таких как малярия, а также улучшение доступа домохозяйств к воде и санитарным услугам.

Действия, предпринимаемые в различных секторах для устранения рисков изменения климата, могут принести пользу здоровью и благополучию человека. Переход от автомобилей внутреннего сгорания и электростанций, работающих на ископаемом топливе к возобновляемым источникам энергии сокращает выбросы парниковых газов, улучшает качество воздуха и снижает риск респираторных заболеваний. Политика и проекты, способствующие развитию экологичного городского транспорта (пешеходного и велосипедного), повышают эффективность в этом секторе, сокращают выбросы и улучшают качество воздуха, а также физическое и психическое здоровье жителей. Энергоэффективные здания и городской дизайн улучшают качество воздуха в помещениях и снижают риски теплового стресса и респираторных заболеваний. Здоровое питание, больше ориентированное на растительную пищу, также помогает сокращать выбросы в сельскохозяйственном секторе, одновременно помогая в борьбе с недоеданием.

**Рис. 2.9.7**

**Зелёные крыши в США помогают использовать дождевую воду и охлаждать здания.**





# ВОПРОСЫ

1

Какого населения на Земле больше – городского или сельского?

—

2

Где теплее – в центре города или в районе его окраин?

—

3

Чем опасен остров тепла для здоровья?

—

4

Приведите примеры трёх возможных мер по адаптации городов к изменению климата.

—

5

Какие существуют негативные эффекты для здоровья от потепления климата?

—

6

Какие меры предосторожности необходимо предпринять в жаркую погоду?





# ЗАДАНИЯ

1

Если во время летних каникул вы будете отдыхать в сельской местности, установите термометр на уровне человеческого роста в тени за окном и ранним утром записывайте его показания. Сравните их с прогнозом ночной температуры воздуха для ближайшего крупного города на тот же день. Различаются ли полученные цифры? Почему?

---

2

Используя учебники, справочники и Интернет, подготовьте рассказ о том, какую первую помощь необходимо оказать человеку при тепловом ударе, солнечном ожоге, сильном обморожении, аллергической реакции на пыльцу, укусе клеща. Предпринять для защиты здоровья в периоды интенсивной жары?



## 2.10

## Как изменения климата влияют на социальные проблемы

### Такие разные миры: развитые и развивающиеся страны

В мире существует около 200 стран. Все страны сильно отличаются друг от друга. У них разное географическое положение, территория, природа, климат, население, экономика, уровень жизни. По этой причине изменения климата будут по-разному влиять на них. Разные у стран и возможности для того, чтобы справляться с новыми климатическими проблемами.

По уровню развития страны принято делить на две большие группы: развитые и развивающиеся.

**Развитые страны** – богатые государства с благоприятными условиями для жизни и сильной экономикой, в которой большую роль играют промышленность, сфера услуг и финансовый сектор. Жители этих стран имеют более высокие доходы, качественное медицинское обслуживание, возможность получить хорошее образование, найти перспективную работу, а также свободные деньги, которые они могут потратить на поход в ресторан, покупки или путешествия. К группе развитых относятся такие страны как Австралия, Новая Зеландия, США, Канада, Япония, Франция, Германия, Великобритания и другие страны Европы. Среди развитых стран выделяют группу **стран с переходной экономикой**, в которую входят Россия и ряд стран Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии.



**Развивающиеся страны** только недавно стали активно развивать свою экономику и находятся на более раннем этапе своего экономического и социального развития по сравнению с развитыми странами. Многие из этих стран до сих пор сильно зависят от традиционных отраслей хозяйства: земледелия, скотоводства, добычи полезных ископаемых. Большая доля населения в этих странах имеет более низкий уровень жизни, здесь хуже развита система здравоохранения, меньше социальных программ для населения, возможностей получить образование и найти работу.

Группа развивающихся стран чрезвычайно разнообразна. Среди них есть **быстрорастущие экономики**, или новые индустриальные страны, – это Китай, Индия, Южная Корея, Турция, Бразилия, Аргентина, Мексика и другие страны, которые благодаря высоким темпам роста промышленного производства быстро догоняют развитые. Многие вещи, которые мы используем каждый день: одежда, обувь, посуда, мебель, бытовая техника, игрушки – производятся на территории этих стран, в первую очередь в Китае. По объёму производимых ежегодно товаров и услуг Китай уступает только США.

Есть и 46 **наименее развитых стран**. В этой группе малые островные государства, горные страны, не имеющие выхода к морю, перенаселённые территории с неблагоприятными климатическими условиями. Это очень бедные регионы, их экономика слабая, а люди и их привычный образ жизни сильно подвержены воздействию природных стихий. Большая часть наименее развитых стран расположена в Африке и Азии, а самые бедные из них, согласно данным Всемирного банка – Бурунди, Демократическая Республика Конго, Сомали, Мозамбик, Нигер, Либерия, Чад, Афганистан и Малави. Нищета там ужасающая: подавляющее большинство населения живёт на менее чем 2 долл США в день! У людей недостаточно еды, чистой питьевой воды, больниц и школ. Правительство этих государств не может выплачивать социальные пособия или пенсии своим гражданам. Поэтому семьи в бедных странах стараются иметь как можно больше детей. Дети будут помогать родителям вести хозяйство, работать на полях и смогут прокормить их в старости. При этом не стоит забывать, что из-за плохих санитарных условий, недостатка еды и чистой воды, а также отсутствия поликлиник и больниц многие дети здесь, увы, не доживают до взрослого возраста! Поэтому чем больше детей родится в семье, тем больше гарантированной помощи будет родителям.



## Социальное неравенство

В 2023 году население мира достигло 8 млрд чел. Подавляющее большинство населения планеты – 6,64 млрд, или 83 % от общего числа – проживает в развивающихся странах и только 17 % или 1,36 млрд человек (так называемый «золотой миллиард») проживает в развитых странах.

При этом 17 % людей, живущих в богатых странах, потребляют львиную долю мировой продукции. Это означает, что вклад жителей этих стран в глобальные выбросы парниковых газов (так называемый «углеродный след») гораздо выше, чем вклад жителей развивающихся стран – ведь на производство потребляемой ими каждый день продукции требуется колоссальное количество ресурсов и энергии. Энергии на душу населения в мире Исландия, Норвегия, Канада, США и богатые страны Ближнего Востока, такие как Оман, Саудовская Аравия и Катар. Средний житель этих стран потребляет в 100 раз больше, чем средний житель некоторых из беднейших стран. Например, на поддержание жизни среднего американца уходит в 3,5 раза больше ресурсов, чем в среднем на одного жителя Земли, и в 9 раз больше, чем на одного жителя Индии. Получается, что вклад людей, живущих в развитых странах, в глобальные выбросы парниковых газов (их «углеродный след») гораздо выше, чем у людей в развивающихся странах, и они несут бо́льшую ответственность за последствия изменений климата.

Разрыв между качеством жизни богатых и бедных людей на планете огромен. Средние доходы в 20 наиболее богатых странах мира в 37 раз превышают доходы в 20 беднейших странах. Это означает, что на каждые 100 долл, которые получает среднестатистический житель Европы или США, житель Непала или Эфиопии получает лишь 2,5 долл. Доходы 500 богатейших людей в мире превышают общий доход 416 млн беднейших людей на планете.

Кроме того, из-за очень высокой рождаемости темпы прироста населения в развивающихся странах в 3,5 раза выше, чем у их более обеспеченных соседей. Во многих беднейших государствах Африки и Азии количество жителей может удвоиться за 40 и менее лет. Следовательно, увеличится число наиболее бедных жителей планеты.

Разрыв между богатыми и бедными людьми на планете огромен. Жители развитых стран, составляющие всего 17 % мирового населения, потребляют бо́льшую часть производимой в мире продукции и более 70 % всей энергии. С другой стороны, почти 2,5 млрд людей во всём мире живёт на менее чем 2 доллара в день. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), 770 млн чел. не имеют доступа к чистой питьевой воде, а 821 млн чел. на планете не имеют достаточного количества продуктов питания, необходимых для активной и здоровой жизни.

Ошибкой было бы думать, что бедность – удел только наименее развитых государств. В богатых странах также есть отсталые регионы и малоимущие слои общества. В США, например, численность бедняков, согласно оценке Бюро переписи населения, составляло 38 млн чел. в 2021 году, или около 12 % от общей численности населения. В Германии почти каждый седьмой человек, или в общей сложности 13,5 млн чел., в 2022 году живут за чертой бедности или ниже неё. Часто наименее обеспеченные граждане в развитых странах – мигранты, приехавшие на заработки из развивающихся стран, жители сельских районов и старых промышленных городов, где шахты и заводы закрываются из-за их низкой прибыльности.



Однако бедняки в наиболее и наименее развитых странах живут по-разному. Так, чертой бедности в США считается доход 22 тыс. долл в год на семью из 4 человек (то есть около 15 долл в день на человека). При высоком уровне цен в США это действительно совсем небольшая сумма. Однако жителю бедной страны американский малоимущий, имеющий собственное жильё с туалетом и ванной, кажется настоящим Рокфеллером.

Неравенство условий жизни, неравномерность распределения доходов и возможностей между жителями планеты – одна из самых острых социальных проблем на Земле. Как верно отмечено в «Докладе о человеческом развитии» Программы развития ООН, «каждый человек имеет право жить полноценной жизнью. Никто не должен быть обречён на жизнь в нищете только потому, что он или она принадлежат не к тому классу или живут не в той стране, принадлежат не к той этнической группе или расе, или не к тому полу». К сожалению, происходящие изменения климата только усиливают проблемы социального неравенства и усложняют задачу по преодолению бедности.

Эта проблема усугубилась недавней пандемией COVID-19 и в целом привела к тому, что за два года были сведены на нет некоторые достижения в области социального и экономического развития, борьбы с бедностью и сокращения неравенства, как показано в Докладе о человеческом развитии за 2021-2022 годы.

### **Изменения климата обостряют социальные проблемы**

Мы уже говорили о том, что все без исключения регионы и страны мира испытывают влияние изменений климата, но некоторые из них, например прибрежные, арктические, горные территории или сельскохозяйственные районы, особенно сильно страдают от последствий климатических изменений. Происходит это потому, что образ жизни и хозяйство местного населения очень сильно зависят от природных условий и климата, поэтому любое изменение приводит к большим проблемам для экономики и общества.

Жители бедных стран и регионов заняты в основном в сельском хозяйстве. Любой удар стихии – засуха, наводнение или ураган – моментально лишает этих людей единственного источника доходов. Такие государства, как Бангладеш, Гаити или Чад, не только одними из первых ощущают на себе последствия изменений климата, но и не имеют достаточно денег и ресурсов, чтобы как-то предупредить возможные риски.

В бедных странах изменения климата особенно сильно влияют на женщин. Женщины воспитывают детей, заботятся о больных и пожилых людях, кормят семью, выращивают урожай, собирают воду и топливо. Результаты именно их труда больше всего зависят от последствий климатических изменений.

В других районах, даже с высоким уровнем доходов, в особой опасности могут находиться маленькие дети, пожилые люди, инвалиды – ведь их здоровье сильно зависит от погодных условий.

### **КЛИМАТИЧЕСКАЯ НЕСПРАВЕДЛИВОСТЬ**

Заключается в том, что люди, которые в наименьшей степени ответственны за повышение температуры Земли, могут пострадать в результате глобального потепления больше всех.

## **Климатические миграции**

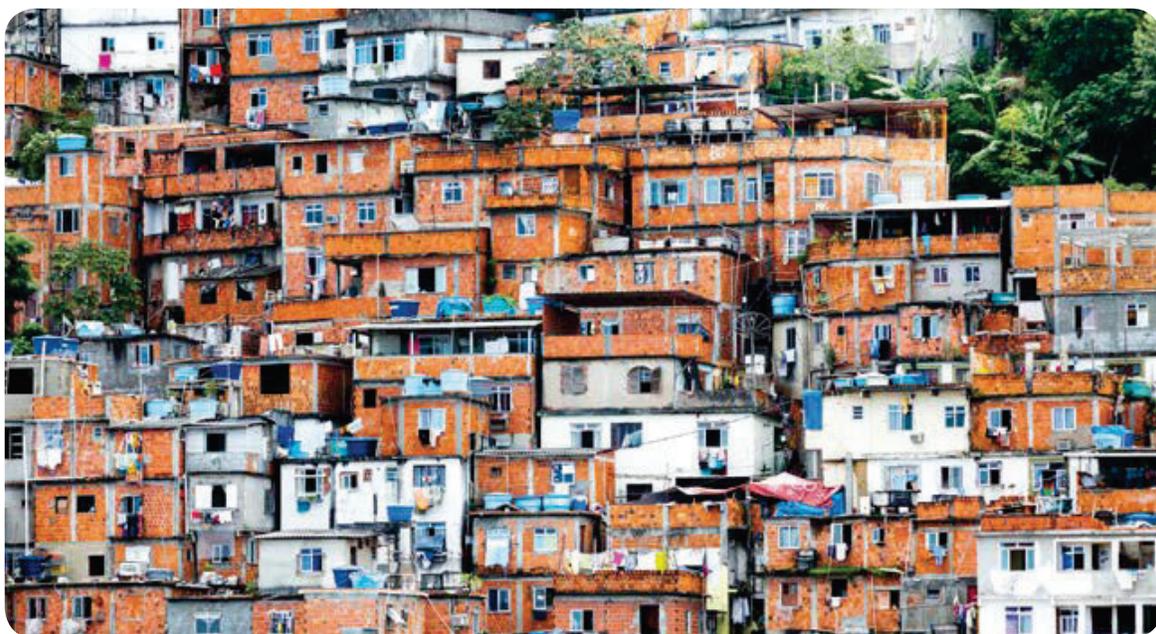
Изменения климата становятся причиной миграции десятков миллионов человек, бегущих от бурь, засух, наводнений. По данным исследования Колумбийской климатической школы, в 2017 году около 23 млн чел. по всему миру покинули свои дома из-за внезапных экстремальных погодных явлений. Еще приблизительно 44 млн чел. были вынуждены переехать из-за «гуманитарного кризиса». По прогнозам, к 2050 году их численность может достигнуть 200–250 млн человек.

В числе потенциально опасных регионов – дельты рек Меконг и Ганг в Юго-Восточной Азии. Это густонаселённые сельскохозяйственные районы. Прогнозируемое повышение уровня воды в этих реках на 2 м приведёт к затоплению огромных площадей возделываемых земель. Это вынудит местных жителей, занятых на полях, искать новые места для проживания и работы.

Частые засухи или наводнения, которые особенно негативно сказываются на сельском хозяйстве, приведут к тому, что многие жители сельских районов будут вынуждены перебраться на заработки в города. Подобные миграции приводят к тому, что в городах образуются целые районы проживания бедных мигрантов – трущобы, где обычно царят антисанитария и преступность (Рис. 2.10.1).

Жители Карибских островов всё чаще стали покидать родные места из-за усиливающихся тропических ураганов и торнадо. Дело в том, что эти страны обладают ограниченными возможностями для противостояния этим стихиям.

**Рис. 2.10.1** Трущобы в г. Рио-де-Жанейро (Бразилия).



**Рис. 2.10.2**

Лагерь мигрантов, вынужденных покинуть родные края из-за сильной засухи. Сомали, 2011 год.



**Рис. 2.10.3**

Последствия урагана «Хайян» на Филиппинах, 2013 год.



Австралия и Новая Зеландия уже столкнулись с климатическими мигрантами из островных государств Океании. Острова архипелагов Тувалу и Кирибати, расположенные неподалёку от Австралии, постепенно уходят под воду из-за подъёма уровня воды в океане. Жители затопленных островов вынуждены спасаться бегством. Новая Зеландия уже согласилась ежегодно выдавать право на жительство для 75 жителей островов, которые стали жертвами изменения климата. Экологи в Австралии предлагают своему правительству также выделить специальную миграционную квоту для климатических беженцев. Правительство Мальдивских островов договорилось со Шри-Ланкой о переселении туда своих жителей в случае повышения опасности ухода островов под воду.



Территория островного государства Кирибати состоит в основном из коралловых островов. Средняя высота островов над уровнем моря составляет всего 2 м, поэтому из-за повышения уровня Мирового океана они в течение примерно 50 лет могут уйти под воду. В настоящее время на островах проживает около 100 тыс. человек. В 2012 году власти страны приняли решение купить землю у Республики Фиджи и переселить туда жителей тех островов, которые могут оказаться под водой.

## Новые конфликты

Изменение климата может стать причиной серьёзных конфликтов между людьми. В особенности велик риск возникновения конфликтов, связанных с правами на землю, нехваткой воды и климатическими миграциями населения.

Приведённая на Рис. 2.10.4 карта иллюстрирует возможные социальные последствия изменения климата для различных регионов мира. Красные «горячие» точки показывают регионы, для которых особенно велика вероятность возникновения кризисных ситуаций, связанных с изменением климата. Это области, где риски политических и социальных кризисов, а также увеличения миграционных потоков будут возрастать в результате целого ряда причин, таких как длительные засухи и нехватка воды, подъём уровня моря, засоление почв и неурожаи, отсутствие доступа к источникам энергии.



## Международное сотрудничество для оказания социальной помощи

Чтобы снизить социальные риски от изменения климата, необходимо осуществлять специальные программы помощи наиболее уязвимым слоям общества. Это могут быть: обучение и профессиональная переориентация людей, живущих в сельской местности, чтобы они овладели новой профессией и не зависели полностью от сельского хозяйства; проекты по переселению жителей из опасных регионов; создание новых рабочих мест в бедных районах; научные исследования, направленные на выведение новых сортов сельскохозяйственных культур, более устойчивых к засухам; введение системы раннего оповещения населения при стихийных бедствиях. Однако на все эти мероприятия нужны деньги, которых у бедных стран и малоимущего населения нет!

К настоящему времени создано множество различных фондов и финансовых инструментов, цель которых – помочь развивающимся странам преодолеть социальные проблемы и проблемы, связанные с отрицательными последствиями изменений климата. Основными донорами, предоставляющими средства на решение этих задач, являются правительства развитых стран, крупные бизнес-компании и международные организации, в первую очередь ООН.



# ВОПРОСЫ

1

Чем отличаются развитые и развивающиеся страны?  
Почему эти группы стран так называются?

—

2

Большинство людей на Земле живёт в развитых или развивающихся странах?

—

3

Какие страны наиболее уязвимы к изменениям климата? Почему?

—

4

Почему последствия изменения климата особенно сильно сказываются на бедных жителях планеты?  
Какие социальные проблемы обостряются в мире из-за изменений климата?

—

5

Животные и растения не могут приспособиться к быстрой смене климата, а могут ли люди?





# ЗАДАНИЯ



1

На контурной карте мира подпишите и закрасьте зелёным цветом 20 ведущих стран мира по уровню развития экономики. На этой же карте закрасьте красным цветом и подпишите 20 крупнейших стран по объёму выбросов парниковых газов (данные можно найти в Википедии).

Много ли получилось совпадений? Сколько среди ведущих стран мира «грязно-коричневых», которые наносят самый большой вред климату Земли?

Объясните, почему именно эти страны в большей степени виноваты в происходящих изменениях климата?

—

2

Представьте, что вы работаете в международном фонде, который выделяет деньги на проекты по борьбе с последствиями изменения климата. Какие проекты помощи бедным странам вы бы профинансировали в первую очередь?