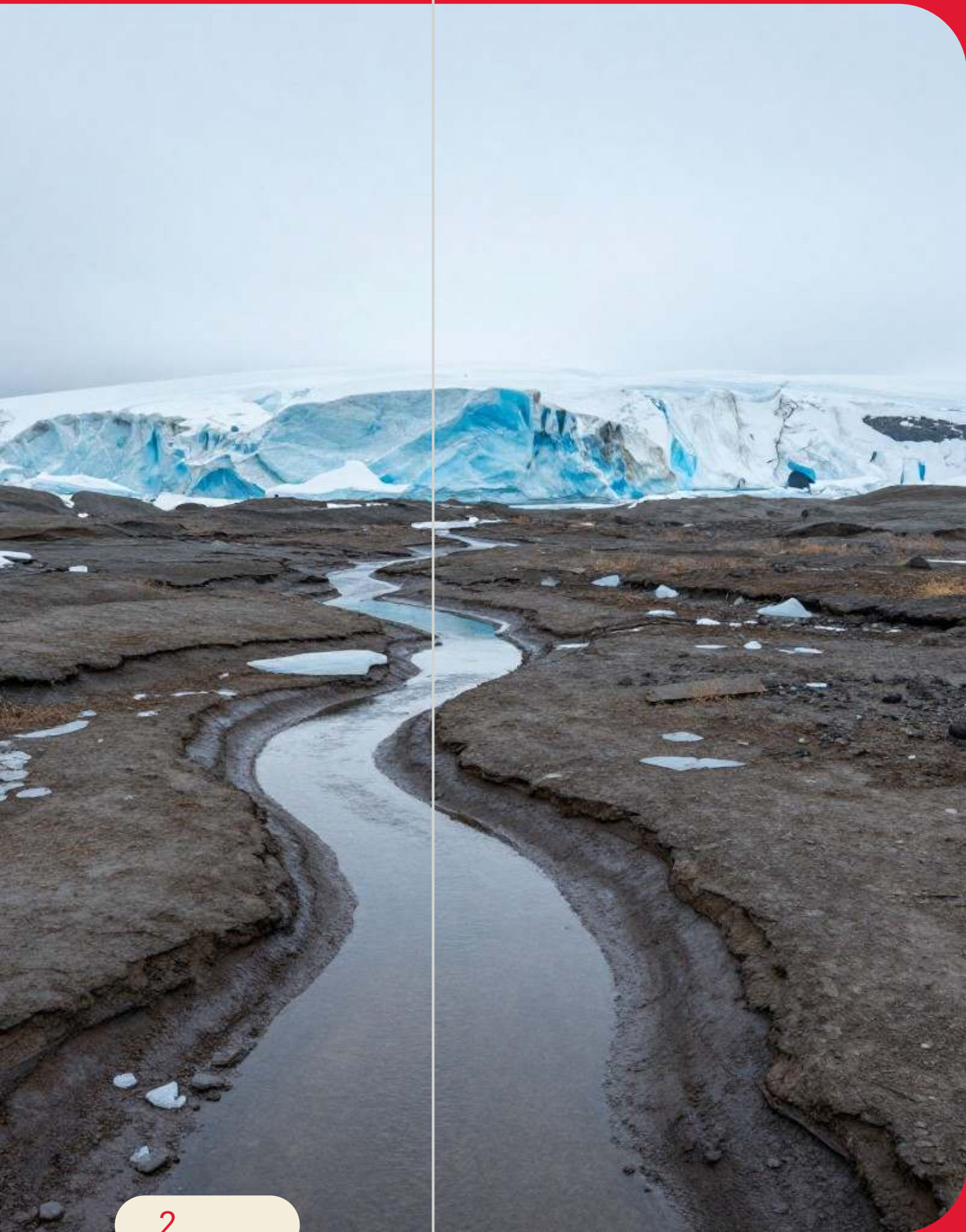




Ледники и многолетняя мерзлота

Замёрзшая часть Земли, которая хранит воду и меняется вместе с климатом.



Почему это важно сейчас

Ледники и мерзлота — чувствительные индикаторы потепления. Их изменения уже влияют на реки, почвы, дороги и дома, особенно в горах и на севере.

Что такое криосфера

Части криосферы

Криосфера объединяет все природные формы льда и снега на Земле. Она включает снежный покров, ледники, морской и озёрный лёд, а также многолетнюю мерзлоту.

Отражение света

Белые поверхности хорошо отражают солнечный свет. Благодаря этому криосфера помогает Земле не нагреваться слишком быстро и поддерживает более устойчивый климат.

Запас пресной воды

Лёд и снег накапливают пресную воду на долгие периоды. Весной и летом эта вода постепенно возвращается в реки, озёра и почвы.

Изменение климата

Когда криосфера сокращается, поверхность темнеет и сильнее нагревается. Это меняет круговорот воды, температуру поверхности и условия жизни растений и животных.

Признак перемен

По состоянию криосферы учёные судят о том, как быстро меняется климат. Поэтому её наблюдение важно для прогноза будущих природных процессов.

Что такое ледник

01

1. Накопление снега

Сначала на суше выпадает снег и накапливается год за годом. Если за зиму и лето его прибавляется больше, чем успевает растаять, начинается рост ледника.

02

2. Уплотнение и лед

Под давлением нижние слои снега уплотняются, превращаясь в фирн, а затем в плотный лед. Так образуется массив, который уже может медленно двигаться.

03

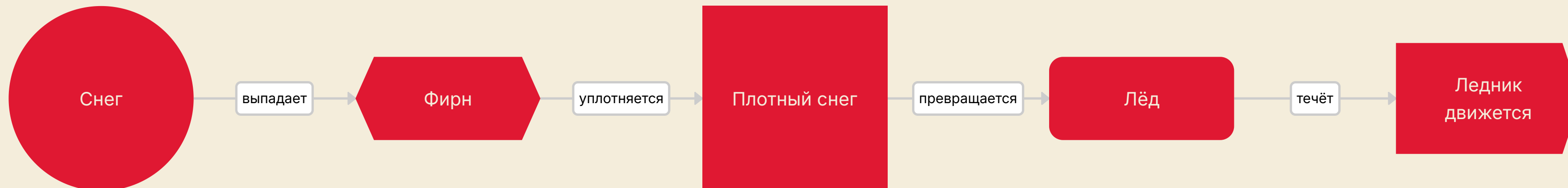
3. Движение ледника

Из-за собственной тяжести ледник течёт вниз по склону. У него выделяют зону питания, зону стока и язык — нижнюю вытянутую часть.



Как снег становится ледником

Последовательность показывает, как снег проходит стадии уплотнения и превращается в ледник.



Где находятся ледники



Высокие горы

Горные ледники формируются высоко в горах, где холоднее и снег может сохраняться много лет. Они встречаются в Альпах, Гималаях, Андах и других высокогорных районах.



Гренландия и Антарктида

Покровные ледники занимают огромные площади на суше. Самые крупные из них находятся в Гренландии и Антарктиде, где холод держится почти круглый год.



Условия сохранения

Ледники существуют там, где снег накапливается быстрее, чем тает. Поэтому их границы зависят не только от широты, но и от высоты, осадков и температуры.

Ледник и морской лёд

Сходство внешнего вида не означает одинаковое происхождение и поведение этих льдов.

Ледники важны как запасы пресной воды, а морской лёд — как часть океанической среды; их нельзя путать по виду.

Учебные сведения о ледниках и морском льде

Объект	Где находится	Что содержит
Ледник	На суше	Пресная вода
Морской лёд	На океане	Солёная вода
Движение	Да	Нет

Что такое многолетняя мерзлота

01

1. Что это такое

Многолетняя мерзлота — это не просто замёрзшая земля, а грунт и породы, которые остаются холодными не меньше двух лет подряд. Внутри них часто есть ледяные включения.

02

2. Состав и мощность

Она может быть очень глубокой и мощной, особенно в северных районах. В её толще встречаются лёд, песок, камни и слои разных мерзлых пород.

03

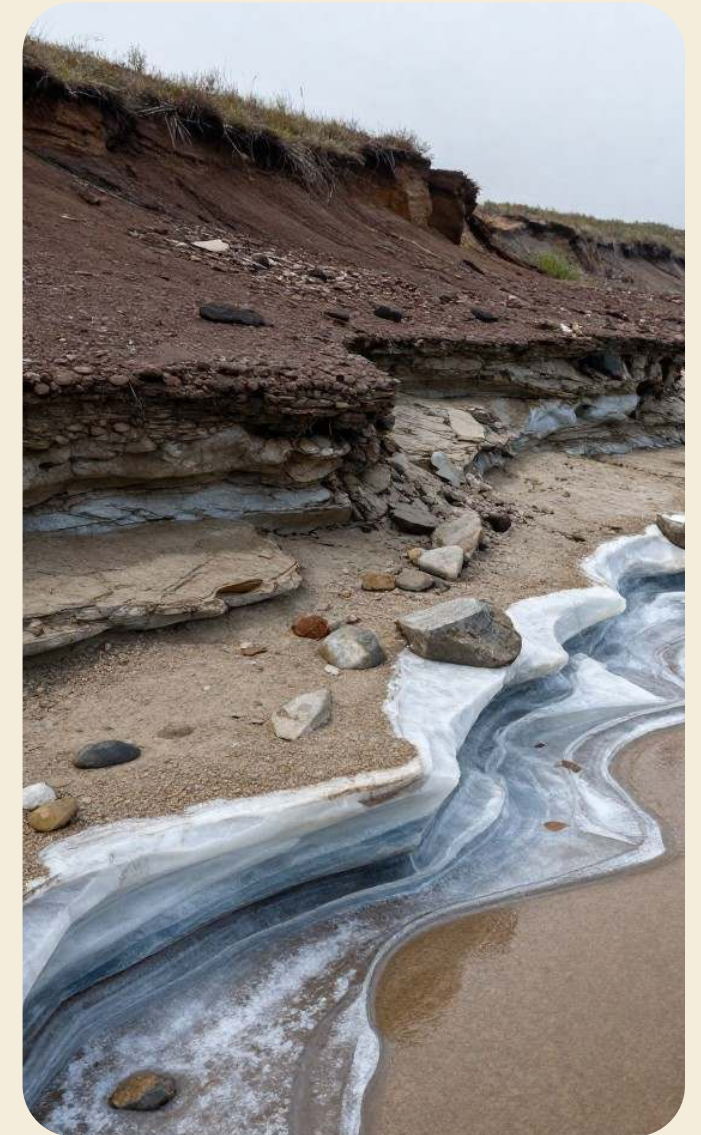
3. Деятельный слой

Летом верхняя часть мерзлоты оттаивает и образует деятельный слой. Он прогревается и просыхает сильнее всего, поэтому именно здесь происходят сезонные изменения.

04

4. Постоянный холод

Ниже этого слоя грунт остаётся мерзлым постоянно. Такая устойчивость влияет на строительство, движение воды в почве и сохранность природных ландшафтов.



Разрез мерзлоты

01

1. Верхний слой

Сверху расположен деятельный слой: летом он оттаивает, а зимой снова промерзает. Его толщина меняется в зависимости от температуры, снега и растительности.

02

2. Мёрзлая основа

Ниже лежит многолетняя мерзлота, которая сохраняет низкую температуру годами. Именно она служит основой для многих северных ландшафтов и построек.

03

3. Лёд в грунте

Внутри могут быть линзы льда и промёрзшие породы. Когда они начинают таять, объем грунта уменьшается, и поверхность может проседать.



Мерзлота и сезонное промерзание

Сравнение показывает, что эти слои ведут себя по-разному в течение года и в долгосрочной перспективе.

Главное отличие — устойчивость: мерзлота сохраняется постоянно, а сезонный слой каждый год проходит полный цикл замерзания и оттаивания.

Учебные сведения о криосфере и сезонном промерзании грунта

Признак	Мерзлота	Сезонное промерзание
Длительность	Годы	Один сезон
Лето	Не оттаивает	Оттаивает
Глубина	Ниже слоя	Обычно неглубоко

2 °C

такой рост средней температуры сильно ускоряет таяние и ослабляет устойчивость замерзших ландшафтов.

Потепление на 2 °C уже заметно ускоряет деградацию льда и мерзлоты, потому что уменьшается запас холода и поверхность быстрее поглощает тепло.

IPCC, Sixth Assessment Report (AR6), 2021–2023.

Таяние и обратные связи

Таяние меняет не только лед, но и энергию поверхности: чем меньше белых участков, тем сильнее прогрев и тем быстрее идет дальнейшее таяние.

Светлые поверхности отражают гораздо больше солнечной энергии, а темные нагреваются сильнее. Поэтому оголение льда и почвы запускает самоускоряющийся процесс потепления.

NASA Earth Observatory; National Snow and Ice Data Center. Типичные значения альбедо, справочные данные.



69%

В НИХ хранится основная часть земной пресной воды
в замороженном виде.

Около 69% пресной воды на Земле заключено
в ледниках и ледяных щитах, поэтому их таяние
напрямую влияет на речной сток и водные запасы.

USGS, The World's Water; NASA Earth Observatory.

1 °C

такого повышения бывает достаточно, чтобы нарушить привычные сроки жизни многих северных организмов.

Даже небольшие изменения температуры сдвигают границы обитания холодолюбивых видов, а вместе с ними меняются условия питания, укрытия и размножения.

IPCC, Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, 2019.

Риски для инфраструктуры

Просадка основания

Когда мерзлый грунт оттаивает, его объем и прочность уменьшаются. Основания зданий теряют опору, и даже небольшая просадка может вызвать перекосы стен и полов.

Сваи, вмонтированные в мерзлоту, рассчитаны на стабильную температуру. При потеплении они могут смещаться, а сооружения — терять устойчивость и требовать срочного ремонта.

Сваи и опоры

Асфальт и бетон особенно уязвимы на неустойчивом основании. Появляются трещины, волны и провалы, из-за чего растут расходы на содержание транспортной сети.

Дороги и полосы

Трубопроводы и кабели деформируются при подвижках грунта. Это приводит к утечкам, обрывам связи и авариям, которые трудно устранять в удаленных северных районах.

Коммуникации под землей



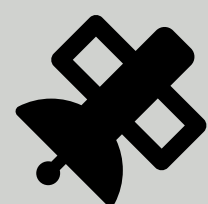
1–2 °C

такого потепления достаточно, чтобы заметно увеличить риск просадки на участках с подземным льдом.

В районах вечной мерзлоты даже небольшое повышение температуры может повредить здания и дороги: при оттаивании грунт теряет устойчивость, а ремонт становится все более частым.

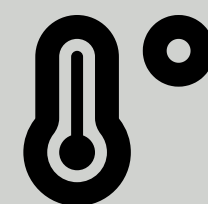
IPCC, AR6; научно-образовательные материалы о деградации многолетней мерзлоты в Арктике и Сибири.

Как измеряют изменения



Наблюдение из космоса

Спутники помогают увидеть, где уменьшается площадь льда, меняется снежный покров и смещаются границы ледников. Это дает карту изменений на больших территориях сразу, а не только в одной точке.



Погодные измерения

Метеостанции и датчики погоды фиксируют температуру воздуха, осадки и продолжительность теплого сезона. Эти данные показывают, какие климатические условия ускоряют таяние или оттаивание грунта.



Скважины в грунте

Скважины в мерзлоте позволяют измерять температуру на разной глубине и видеть, как далеко проникло летнее тепло. Так ученые оценивают стабильность грунта и прогнозируют просадки.

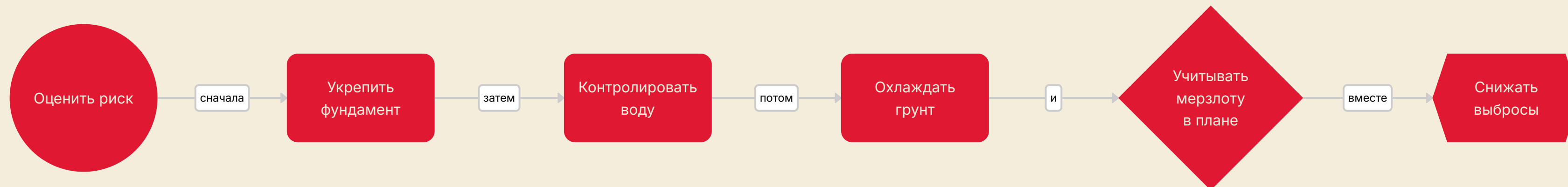


Лед и снег

Термометры и маркеры на ледниках показывают скорость движения льда, толщину снега и темпы таяния. По ним можно сравнивать разные годы и замечать опасные ускорения.

Как снижать риски

Путь от наблюдения за участком к инженерным решениям и уменьшению потепления, которое ускоряет деградацию льда и мерзлоты.



Проверка знаний

01

Что входит в криосферу

Назовите, что относится к криосфере: ледники, снег, морской лед или всё перечисленное. Вопрос помогает вспомнить, что криосфера — это вся замерзшая вода Земли.

02

Ледник и морской лед

Сравните два объекта: один лежит на суше и движется, другой плавает в океане. Этот вопрос проверяет, чем ледник отличается от морского льда.

03

Что такое альбедо

Объясните, почему светлая поверхность нагревается слабее темной. Так проверяется понимание альбедо — способности отражать солнечный свет.

04

Почему таяние ускоряется

Почему таяние льда может усиливать дальнейшее потепление? Здесь нужно вспомнить про положительную обратную связь и потемнение поверхности.

05

Чем опасна просадка

Что происходит, когда мерзлый грунт проседает под домами и дорогами? Ответ показывает, какие проблемы возникают для зданий, труб и транспорта.

Холодные хранилища Земли: почему это важно помнить

Ледники и многолетняя мерзлота — не просто лед и холод, а важные части климата и жизни северных регионов. Их изменения нужно наблюдать, понимать и учитывать заранее.