

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
В.П. АСТАФЬЕВА»
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Факультет биологии, географии и химии

Выпускающая кафедра географии и методики обучения географии

Воронова Дарья Васильевна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ
МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ РОССИИ У ОБУЧАЮЩИХСЯ 8
КЛАССА**

Направление подготовки 44.03.05 Педагогическое образование

(с двумя профилями подготовки)

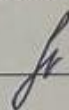
Направленность (профиль) образовательной программы

География и биология

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

И.о. заведующего кафедрой, к.г.н.,

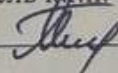
доцент Дорофеева Л.А.



18.06.2025

(дата, подпись)

Руководитель к.г.н. Мельниченко Т.Н.



(дата, подпись)

Обучающийся Воронова Д.В.



(дата, подпись)

Дата защиты 23.06.2025

Оценка отлично

(прописью)

Красноярск 2025

Содержание

Содержание	2
Введение	3
1. Цифровые технологии и их применение в образовательном процессе....	5
1.1. Сущность понятия «цифровые технологии», их место в образовательном процессе	5
1.2. Основные виды цифровых образовательных технологий	10
1.3. Особенности применения цифровых технологий на уроках географии	15
2. Криогенные процессы и морфоскульптура	20
2.1. Общая характеристика криогенных процессов и морфоскульптуры	20
2.2. Многолетняя мерзлота в условиях меняющегося климата на примере Батагайского термокара	34
3. Использование цифровых ресурсов при изучении многолетней мерзлоты	42
3.1. Место изучения многолетней мерзлоты в школьном курсе географии.....	42
3.2. Цифровые ресурсы, используемые для изучения многолетней мерзлоты...	43
3.3. Разработка цифрового ресурса	45
3.4. Методические рекомендации по использованию цифрового ресурса при изучении многолетней мерзлоты в 8 классе	48
Заключение	51
Список использованных источников	52
Приложение А	57

Введение

Актуальность. В условиях стремительного развития цифровых технологий и их внедрения в различные сферы жизни, образование не остается в стороне от этих изменений. Использование цифровых технологий в образовательном процессе становится все более актуальным и необходимым для обеспечения качественного и эффективного обучения. Современное восприятие информации значительно отличается от того, каким оно было несколько десятилетий назад. В эпоху цифровых технологий информация стала более доступной, разнообразной и мультимедийной.

На современном уроке географии важным становится сопровождение процесса изучения звуковыми моментами и визуальным рядом. Люди воспринимают информацию по-разному – кто-то лучше усваивает материал через текст, а кому-то легче воспринимать информацию визуально или на слух. Видео и аудио позволяют охватить разные типы восприятия. Поэтому именно такая комбинация средств обучения способствует эффективной продуктивной учебной деятельности.

В частности, изучение многолетней мерзлоты России, требует от обучающихся не только теоретических знаний, но и практических навыков работы с информацией, анализа данных и понимания сложных природных процессов. Многолетняя мерзлота занимает более 60% территории России и является важнейшим индикаторным объектом в потеплении климата. Но для ее изучения в школьном курсе географии отводится всего 1 час в 6 классе и 1 час в 8 классе. За два урока невозможно изучить в полном объеме такую важную тему. Поэтому для ее изучения необходимо использовать дополнительные источники информации. В этом контексте применение цифровых технологий в обучении 8 класса представляет собой важный шаг к созданию более интерактивной и доступной образовательной среды.

Цель работы: разработка интерактивной карты для изучения многолетней мерзлоты России у обучающихся 8 класса.

Задачи

1. Изучить современные цифровые технологии, применяемые в образовательном процессе на уроках географии.
2. Составить характеристику криогенных процессов и морфоскульптуры.
3. Разработать методические рекомендации по использованию интерактивной карты для изучения многолетней мерзлоты.

Объект исследования: процесс формирования географических знаний при изучении многолетней мерзлоты.

Предмет исследования: применение цифровых технологий при изучении многолетней мерзлоты в 8 классе.

Методы исследования: сравнительно-географический, анализ информации, картографический, обобщение, педагогическое проектирование.

Структура работы соответствует логике исследования и включает в себя введение, три главы, выводы по работе, список использованных источников. В первой главе рассматривается применение цифровых технологий в образовательном процессе. Во второй главе дана характеристика криогенных процессов и морфоскульптуры. В третьей главе представлены методические рекомендации по использованию цифрового ресурса для изучения многолетней мерзлоты в 8 классе.

1. Цифровые технологии и их применение в образовательном процессе

1.1. Сущность понятия «цифровые технологии», их место в образовательном процессе

В современном мире цифровые технологии стали неотъемлемой частью жизни каждого человека. Ежедневно мы используем их в учебе, работе и для личного применения.

Цифровые технологии – это совокупность методов и инструментов, основанных на использовании цифровых данных для обработки, хранения, передачи информации и автоматизации различных процессов [Канищева, Беляева, 2021].

Они являются одной из главных частей жизни общества, поэтому они легко интегрируются в процесс обучения, поскольку обучающиеся привыкли к использованию различных электронных средств в собственной жизни, и это предоставляет возможность более легкого восприятия информации и усвоения материалов.

В обучении чаще всего применяются цифровые образовательные ресурсы, более узкое понятие, вытекающее из цифровых технологий.

Цифровые образовательные ресурсы – это средства обучения, представленные в электронном формате, применение которых направлено на повышение эффективности образовательного процесса и выполнение основных задач обучения и воспитания [Филобок, 2021]. Целью применения цифровых технологий является повышение качества и эффективности учебного процесса, а также успешной социализации обучающихся.

Цифровые образовательные ресурсы могут быть представлены на CD, DVD или любом другом электронном носителе, а также опубликованы в телекоммуникационной сети. Важно отметить, что ЦОР не может быть редуцирован к бумажному варианту, так как при этом теряются его дидактические свойства [Григорьев, Гриншкун, 2005].

Развитие цифровых технологий в образовательном пространстве является ведущей целью общего образования. Технологии необходимы для организации учебного процесса и должны быть представлены в цифровой форме. Например, фотографии, видеофрагменты, модели, ролевые игры, картографические материалы, отобранные в соответствии с содержанием конкретного учебника, “привязанных” к поурочному планированию и снабженные необходимыми методическими рекомендациями [Холкина, 2021].

С каждым годом цифровая образовательная платформа становится все шире. Журнал и дневник сейчас в каждой школе в электронном формате, что более удобно и для педагогов и для обучающихся, и их родителей. Так как имеется постоянный доступ к оценкам и домашнему заданию.

Домашние задания, проверочные и контрольные работы педагоги все чаще дают с использованием цифровых технологий. Это освобождает их от проверки работ, что ускоряет рабочий процесс.

Выбор цифровых средств обучения на уроке осуществляется в зависимости от цели учебного занятия, типа урока. Например, иллюстрации и видеофрагменты можно давать на любом этапе урока, как актуализацию знаний, так и для объяснения нового материала. Электронные задания можно давать при организации индивидуальной самостоятельной работы учащихся на этапе закрепления знаний или на этапе контроля знаний.

Важной, с точки зрения потребностей образования, особенностью многих существующих цифровых образовательных ресурсов является их интерактивность, наличие обратной связи. Обратную связь в триаде «педагог – образовательный ресурс – обучаемый» можно разделить на два основных вида: внешнюю и внутреннюю [Авдеева, 2008].

Внутренняя обратная связь представляет собой информацию, которая поступает от образовательного ресурса к обучаемому в ответ на его действия при выполнении упражнений. Такая связь предназначена для самокоррекции учебной деятельности самим обучаемым. Внутренняя обратная связь дает

возможность обучаемому сделать осознанный вывод об успешности или ошибочности учебной деятельности. Она побуждает учащегося к рефлексии, является стимулом к дальнейшим действиям, помогает оценить и скорректировать результаты учебной деятельности [Филобок, 2021].

Информация внешней обратной связи поступает к педагогу, проводящему обучение с использованием цифровых образовательных ресурсов, и учитывается педагогом для коррекции методических подходов по организации деятельности обучаемого и режима функционирования ЦОР.

Вопрос применения цифровых технологий за последние несколько лет был широко освещен в научных статьях и исследованиях. Вопросом цифровых технологий в образовательном пространстве занимались такие ученые и педагоги, как М.И. Максеенко, Л.В. Шмелькова, Е.Л. Вартанова, С.С. Смирнов, А. Марей, Л.В Орлова, А.Ю. Уваров и другие. Как отмечает А.Ю. Уваров, использование цифровых технологий должно производиться в комплексе обновлением содержания» образования. Такой подход позволит кардинально улучшить качество образования [Цифровые образовательные технологии].

В современной психологии отмечается значительное положительное влияние использования цифровых ресурсов в обучении на развитие у учащихся творческого, теоретического мышления, а также формирование, так называемого, операционного мышления, направленного на выбор оптимальных решений [Каменская, Томанов, 2022]. В ряде психологических исследований указывается на создание возможностей эффективного формирования у школьников модульно-рефлексивного стиля мышления при использовании ЦОР в учебном процессе.

Сегодня, чтобы процесс обучения был полноценным, необходимо, чтобы каждый учитель мог подготовить и провести урок с использованием различных электронных образовательных ресурсов, потому что использование их способно сделать урок более ярким, увлекательным, насыщенным, более эффективным.

Исходя из вышесказанного, можно выделить следующие преимущества цифровых образовательных технологий:

1. Доступность и гибкость – цифровые технологии позволяют облегчить процесс образования, например, если обучающийся заболел или по другим причинам не может посещать школу, учитель может заниматься с ним онлайн, или отправлять ему материалы и задания. Помимо этого, если на уроке не успели разобрать какой-то материал, его можно задать пройти самостоятельно с помощью видеоматериала или других цифровых материалов, также дать задания на понимание, результаты которого будут сразу доступны учителю.
2. Персонализация обучения – с помощью ЦОР можно адаптировать учебные материалы под индивидуальные потребности каждого обучающегося [Плюсы и минусы использования современных технологий в образовании]. Это позволяет улучшить понимание и усвоение материала урока. Например, обучение можно подстраивать под различные виды восприятия информация, если один обучающийся лучше воспринимает аудиальный формат, то другой визуальный. Если это какое-либо домашнее задание или дистанционное обучение, то каждый ученик может получить возможность двигаться в своём собственном темпе и изучать материал в порядке, который соответствует его интересам и уровню подготовки.
3. Интерактивность и вовлеченность – использование мультимедийных ресурсов, таких как видеоматериалы, иллюстрации и интерактивные задания, делают обучение более интересным и захватывающим. Например, интерактивные музеи, которые могут перенести обучающегося в любую точку мира и познакомить с традициями разных стран, или виртуальные лаборатории, которые позволяют провести эксперимент, невозможный в школьных стенах.
4. Эффективность и экономия времени – цифровые технологии могут

автоматизировать такие рутинные задачи, как проверка домашней работы и тестов, что освобождает время для более глубокого взаимодействия учителя и обучающихся [Goga, Rosu, 2021]. Более того журнал и дневники в настоящее время тоже в электронном формате, поэтому это тоже экономит время в заполнении множества бумаг.

5. Лучшее понимание и запоминание информации – современные дети имеют клиповое мышление, им привычны яркие, фрагментарные сведения, поданные в тезисном или лозунговом стиле. При этом информацию, поданную в более традиционном повествовательном стиле, современному ребёнку и даже подростку усвоить значительно труднее [Абрамова, 2001]. Поэтому информационные технологии более просты и понятны для понимания обучающихся.

Говоря о положительных сторонах ЦОР, нельзя не сказать о их отрицательных качествах. К недостаткам цифровых образовательных технологий можно отнести:

1. Технические проблемы – не в каждом образовательном учреждении имеются необходимое техническое оснащение. Проблемы с Интернет-соединением, устаревшим оборудованием или вовсе их отсутствие могут затруднить обучение.
2. Социальное неравенство – не все обучающиеся могут позволить себе доступ к цифровым устройствам и интернету (касается домашних заданий, доступа к электронному дневнику, дистанционному обучению), что может затруднить работу учителя, так как для таких обучающихся нужно разрабатывать другое задание и другой способ получения знаний [Qureshi, 2021].
3. Информационная перегрузка – избыток информации и учебных материалов в Интернете может затруднить фокусировку учащихся на действительно важных аспектах учебного процесса. Например, если учитель в качестве домашнего задания дал обучающимся подготовить доклад, то информации настолько много, что тяжело выбрать

действительно стоящий и правильный материал.

4. Снижение умственной способности – вытекающий из прошлого пункта недостаток, так как информации много и она в легком доступе, обучающиеся чаще всего берут первую попавшуюся информацию, не задумываясь верная она или нет. Не размышляют над ответом, а просто ищут готовую информацию.

Все - таки, положительные качества перевешивают отрицательные. Так как цифровые образовательные ресурсы помогают учителю провести интересный урок, а учащимся успешно усвоить материал. ЦОР может использоваться на всех этапах обучения от актуализации знаний до их проверки. А так же как домашнее задание для обучающихся.

1.2. Основные виды цифровых образовательных технологий

В настоящее время существует множество цифровых технологий и ресурсов. Цифровые технологии можно разделить на шесть основных видов [Цифровые технологии: что и где применяются].

1. Устройства – это все гаджеты, которые могут принимать и обрабатывать цифровой сигнал. Например, смартфоны, компьютеры, цифровые телевизоры, игровые приставки и 3D-принтеры.
2. Данные – это цифровые фотографии, видео, аудио, текстовые документы, таблицы.
3. Передача данных – это технологии, благодаря которым можно передавать данные от одного устройства к другому. Например, компьютерные сети и беспроводной интернет.
4. Хранение данных – к ним относятся технологии для облачного хранения данных.
5. Обработка данных – это процесс, при котором информация преобразуется в полезную форму с помощью компьютеров и

электронных устройств.

6. Защита данных – это использование цифровых технологий для предотвращения несанкционированного доступа к информации, её повреждения или потери.

Виды ЦОР могут различаться в зависимости от типа информации и целей использования (рис.1).

Первая классификация цифровых образовательных ресурсов базируется на принципе типа информации, которую эти ресурсы в себе содержат. По данному типу выделяются следующие цифровые ресурсы, содержащие [Золотова, 2022]:

1. Текстовый тип информации – представлен в текстовой форме. К таковым относятся: электронные учебники, учебно-методические пособия, словари, справочники и т.д.;
2. Аудио информацию – звуковые цифровые образовательные ресурсы, допускающие их прослушивание. Например, аудиокниги, аудиозаписи лекций;
3. Аудио и видеоинформацию – представлены в виде видеозаписей, доступных к просмотру и прослушиванию записанной речи. К таковым относятся, прежде всего, записи видео-лекций, обучающие видеоролики;
4. Визуальную информацию – графические цифровые образовательные ресурсы, отличаются от видео информации статичностью (отсутствием динамики) допускающие их просмотр, исключая при этом посимвольную обработку и прослушивание [Шишкина, Гаттарова, Исламов, 2021]. Например, электронные таблицы, графики, диаграммы, статичные изображение предметов окружающей действительности;
5. Интерактивные модели – схожи с предыдущим типом ЦОР, однако данные модели характеризуются динамичностью и способностью реагировать на действия при работе с ним. К таковым относятся

электронные динамичные модели окружающей действительности (модель Солнечной Системы, модели физических и химических приборов, модель строения тела человека и др.);

6. Комбинированный тип информации – включают в себя два и более вышеперечисленных типов ЦОР. Ярким примером ЦОР такого типа можно считать массовый открытый онлайн-курс (МООК), в котором могут использоваться практически все типы информации (видео и аудио лекции, текстовые и графические ресурсы) [Пасыева, Шайхлисламов, 2020].



Рисунок 1- Классификация ЦОР по типу информации

Вторая классификация (рис.2) основана на целях использования цифровых образовательных ресурсов [Григорьев, Гриншкун, 2005]:

1. Обучающие ЦОР – формирование знаний, умений, навыков учебной

или практической деятельности, обеспечение необходимого уровня усвоения учебного материала. Например, презентации, который учитель использует при изучении новой темы, как опорный материал, сопровождающийся иллюстрациями и текстом;

2. Тренажеры – отработка разного рода умений и навыков, повторение или закрепление пройденного материала. Примером может служить школьный онлайн-тренажер «ЯКласс»;
3. Контролирующие ЦОР – повышают эффективность контроля, измерения или самоконтроля уровня овладения учебным материалом [Лобода, 2021]. Например, Интернет - сайт «LearningApps.org», на котором есть как готовые задания по любому школьному предмету и на любую тему, так можно создать и свои задания;
4. Информационно-поисковые и информационно-справочные ЦОР – сообщают сведения способствующие формированию умений и навыков систематизации информации. К ним можно отнести электронную версию школьного учебника или же Интернет сайты с теоретической информацией;
5. Демонстрационные ЦОР – обеспечивают визуализацию изучаемых объектов, явлений, процессов с целью их исследования и изучения. Например, на биологии при изучении человека можно использовать «Анатомический 3D атлас SYSTEMA»;
6. Лабораторные или практические ЦОР – проведение удаленных экспериментов с использованием оборудования. Например, такая программа как «VR Chemistry Lab»;
7. Расчетные ЦОР – производят различные автоматизирующие расчеты и другие рутинные операции. В основном используются на уроках математики и физики;
8. Учебно-игровые ЦОР – создание учебных ситуаций, деятельность обучаемых в которых реализуется в игровой форме. Для учебных

игр за основу можно взять такие известные шоу как: «Кто хочет стать миллионером», «Своя игра», «Сто к одному» и сделать их в Power Point;

9. Коммуникационные ЦОР – организация межличностного общения педагогов, администрации, обучаемых, родителей, специалистов, общественности, доступа педагогов и обучаемых к требуемым информационным ресурсам. Например, такая платформа как «Сферум», которой сейчас пользуются практически все школы России;
10. Проблемные ЦОР – соответствуют методам проблемного обучения.

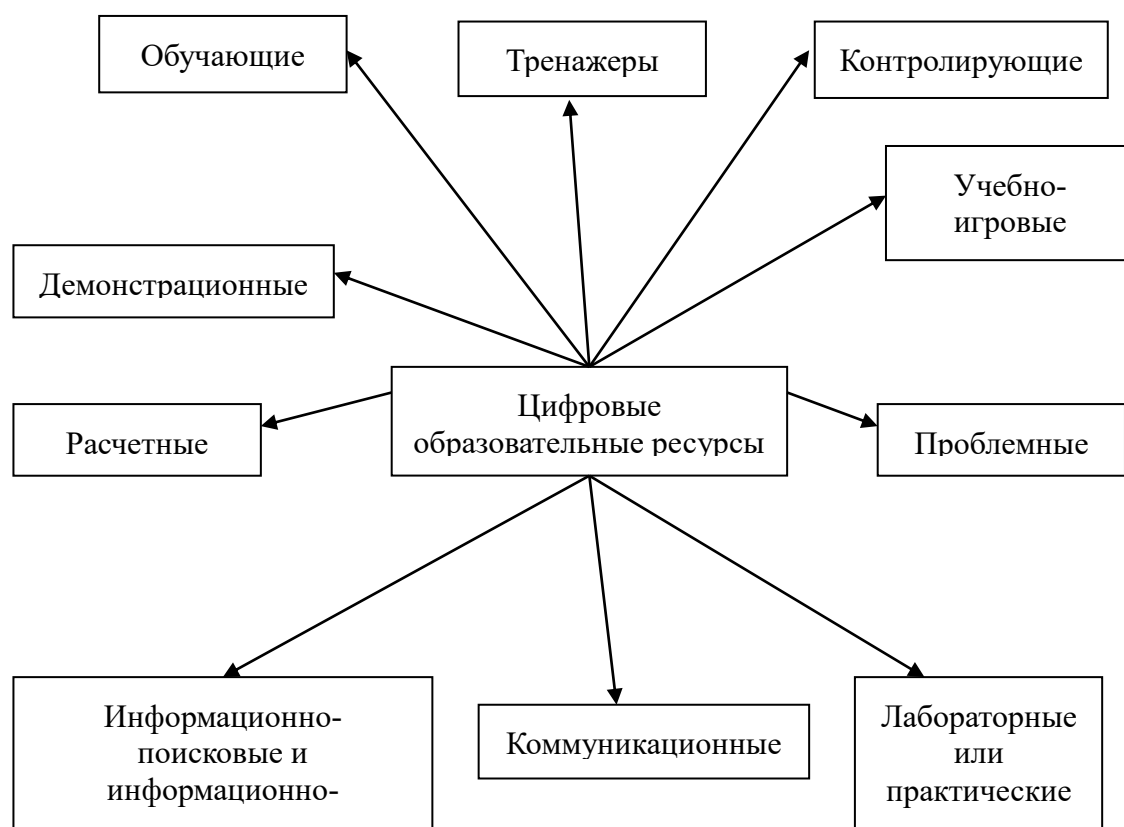


Рисунок 2 - Классификация ЦОР по целям использования

Целью применения ресурсов такого типа является развитие логического мышления обучающихся, их стремления к самообразованию, самостоятельному поиску информации, овладению новыми умениями и навыками. Данные ЦОР направлены на повышение познавательной

активности учащихся, включения в роли субъекта в образовательный процесс, стимулирования их творческой активности [Золотова, 2022].

Различные виды цифровых образовательных ресурсов и материалы, необходимые для их разработки, могут быть объединены в три основные группы, исходя из уровня их востребованности в образовании [Григорьев, Гришкин, 2005].

Первая группа включает информационные источники декларативного типа – электронные копии печатных изданий, аудио- и видеозаписей. Обычно такие ресурсы предлагают теоретические основы темы в форме учебных текстов и иллюстраций, направляют рекомендации для учителей и учеников, а также предоставляют коллекции упражнений. Обычно материалы первой группы выступают в качестве исходного материала, на основе которого в дальнейшем создаются полноценные ЦОР.

Вторая группа информационных источников также относится к средствам обучения декларативного типа. Сюда можно отнести различные образовательные технологии, такие как электронные учебники, виртуальные классы и компьютерные системы для проведения тестов. Они необходимы для того, чтобы структурировать, закрепить и проверить знания.

В третью группу информационных источников могут входить виртуальные тренажеры, виртуальные учебные лаборатории, лаборатории удаленного доступа и другие подобные им цифровые образовательные ресурсы. Они помогают освоить практическую часть изучаемой темы, а также закрепить и проверить ее.

В настоящее время существует огромное множество разнообразных цифровых образовательных ресурсов, как на Интернет - сайтах, так и других носителях.

1.3. Особенности применения цифровых технологий на уроках географии

Цифровые технологии можно применять на любом предмете из школьного курса, в том числе и на уроках географии. Конечно, у каждого

предмета есть свои особенности по применению ЦОР. В географии это демонстрация многих географических процессов и работа с картами.

Главным источником географической информации во все времена была и остается карта. Электронная карта представляет собой картографическое изображение, полученное на основе данных цифровых карт и визуализированное на мониторе компьютера, видеоэкране или другом техническом устройстве. Учебная электронная (интерактивная) карта – это специальная цифровая картографическая модель, подготовленная к визуализации на экране для полей обучения [Саушкина, Гайсин, 2023]. Или же можно использовать интерактивные карты.

Используя электронные карты на уроках, учитель создает наглядные нестандартные образы. Карта позволяет не только найти и проанализировать объект, но и получить дополнительную информацию, содержащуюся в атрибутах, нанесённых на неё номенклатурных объектов.

При работе с электронной картой можно приближать выбранные участки земной поверхности для более детального рассмотрения; снимать часть обозначений, упрощая карту; делать рисунки, наносить надписи, наполнять карту новым иллюстративным или текстовым материалом, совмещать структурные уровни, комбинировать и прочее.

Наглядность электронных карт повышается за счет функции рисования. Выделение определённого объекта или целой группы объектов, на которые учащимся необходимо обратить особое внимание. Добавлять на карту интересующую информацию. Электронная карта открывает для учителя и учеников неограниченные возможности для изучения географии на разных стадиях обучения [Шипулин, 2010].

К примерам таких карт можно отнести «Яндекс Карты» (рис. 3.), где быстро и удобно можно найти любой необходимый географический объект, а так же самостоятельно отмечать любые объекты, тем самым создавая свою авторскую карту.

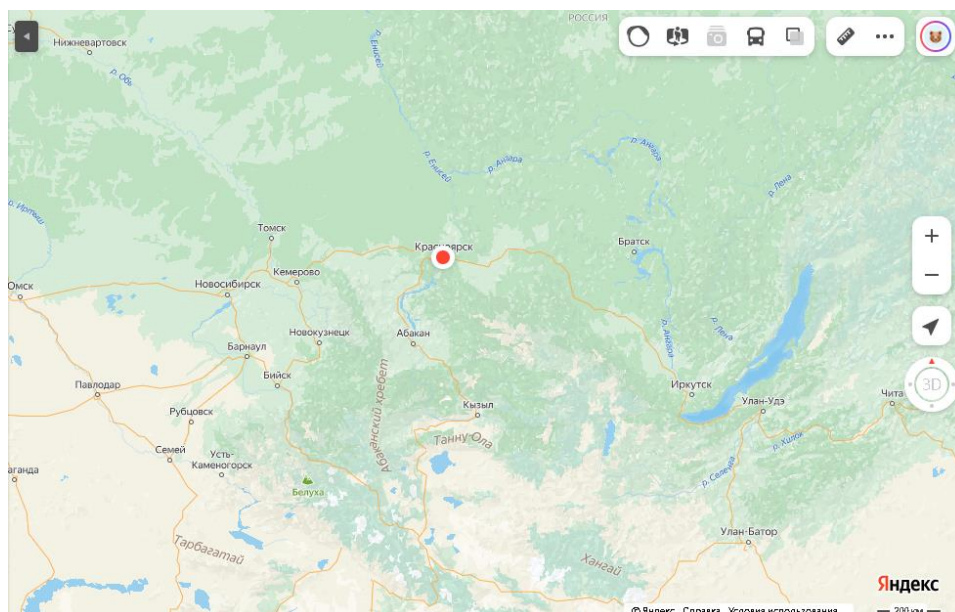


Рисунок 3 - Яндекс карта [Яндекс карта]

Еще одним примером будет служить интерактивная карта истории России (рис.4) «Histography», или от этой же платформы карта народов России (рис.5). Первая показывает как менялась территория Российского государства в различные исторические времена, ее можно использовать при изучении истории освоения России в 8 классе. Вторая же показывает, где живут различные народы России, также можно выбрать определенный регион и узнать, какие народы проживают там, можно использовать при изучении народов России в 9 классе.



Рисунок 4 - интерактивная карта истории России [Интерактивная карта истории России]

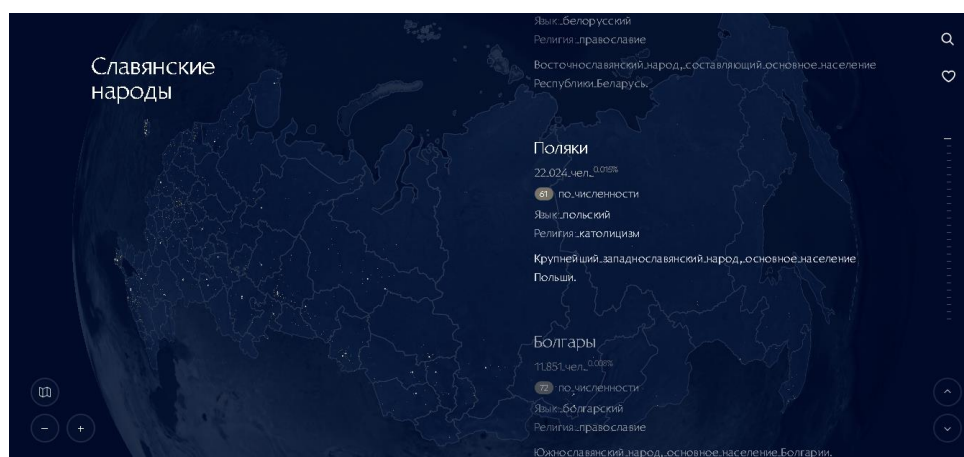


Рисунок 5 - интерактивная карта народов России [Интерактивная карта народов России]

Часто, когда информация на картах недостаточно полная или актуальная, к ним на помощь приходят космические снимки. Они производят съемку самых труднодоступных мест Земли, способны изменять масштаб, охватывая то обширные территории, то небольшие участки местности [Плишкин, Лукич, 2024]. Такую возможность даёт программа Google Планета Земля (рис. 6). Данная программа позволяет получить представления о форме Земли. Интерес учащихся пробуждается динамической моделью данного сервиса, в которой все объекты можно вращать.

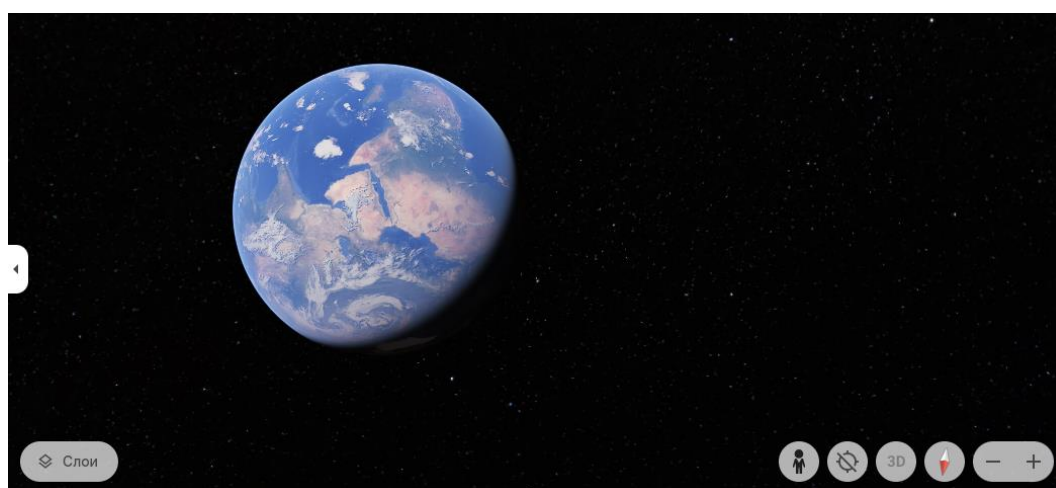


Рисунок 6 - Google Планета Земля [Google Планета Земля]

Спутниковые карты помогают учащимся выявить следствия вращения Земли вокруг Солнца. При изучении спутника планеты, учащиеся могут

заглянуть на обратную сторону Луны, понять причины солнечного затмения. Карты позволяют раскрыть тему «План местности», которая изучается в 5 классе [Саушкина, Гайсин, 2023].

С помощью спутниковых карты можно изучать объекты гидросферы, например речные дельты разных рек (рис.7), типы рельефов, как России, так и других государств и многое другое.

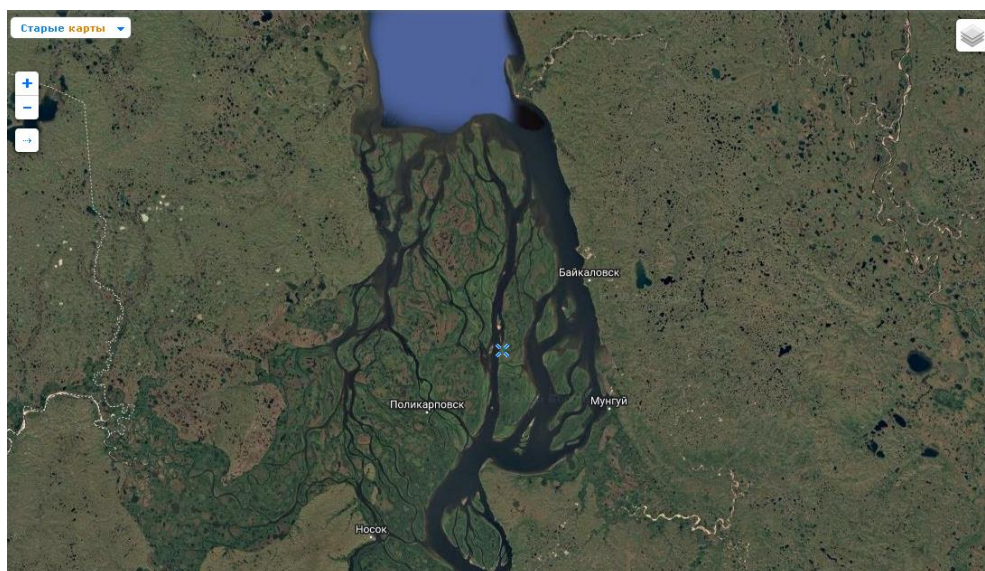


Рисунок 7 - Спутниковая карта с изображением речной дельты р. Енисей [Спутниковые карты высокого разрешения]

К еще одним демонстрационным цифровым образовательным ресурсам на уроках географии можно добавить видеoinформацию. Огромное количество видеофрагментов для уроков географии предоставляет Русское географическое общество на своем официальном сайте [Русское географическое общество]. Например видеоподборка «Вершины России», которые можно использовать на уроках географии в 8 класс при изучении рельефа России. Помимо видеофрагментов у них имеются: виртуальные уроки географии, большое количество карт и различных изданий.

Помимо карт и видеофрагментов, на уроках географии необходимо использование иллюстраций природных объектов, явлений, различные схемы, маршруты путешествий и многое другое.

2.Криогенные процессы и морфоскульптура

2.1.Общая характеристика криогенных процессов и морфоскульптуры

Территория, на которой распространены многолетнемерзлые породы, носит название криолитозоны (от греческого: «криос» – холод, «литос» – камень, порода) [Волков, Кезина, 2014]. Криолитозона состоит из мерзлых, морозных и охлажденных пород. Такие породы чаще всего представлены магматическими и метаморфическими их разновидностями, а также сухими песками и галечниками. На территории криолитозоны распространены криогенные процессы.

Площадь распространения криолитозоны занимает около 25% поверхности суши Земли и почти 2/3 территории нашей страны. В России многолетнемерзлые породы (ММП) развиты на севере Европейской части (Кольский полуостров, побережье Баренцова моря), на полярном и северном Урале, на севере обширного Западно-Сибирского региона (примерно к северу от широтного направления р. Оби), охватывает большую часть Востока и почти всю территорию Северо-Востока Сибири, северные районы Дальнего Востока и Камчатки. Она распространена в горах Алтая, Саянах, Тянь-Шаня.

Криогенными процессами называются экзогенные геологические процессы, обусловленные сезонным и многолетним промерзанием и оттаиванием увлажненных рыхлых горных пород, охлаждением мерзлых пород и замерзанием подземных вод [Ершов, 2002]. Криогенные процессы приводят к формированию различных криогенных образований и явлений (рис. 8), которые находят отражение в рельефе поверхности, геологическом строении рыхлых четвертичных отложений Земли.

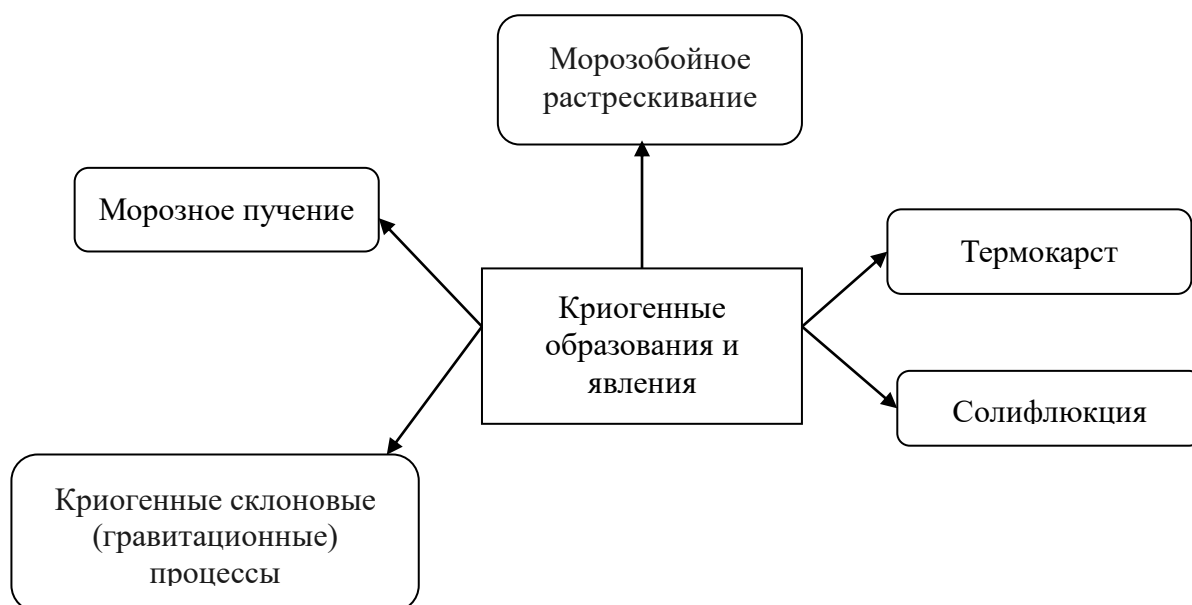


Рисунок 8 - Криогенные образования и явления [Криогенные (мерзлотные) процессы и явления]

1. Морозное пучение возникает путем неравномерного увеличения объема грунтов в процессе их промерзания. Величина пучения грунтов зависит от количества содержащейся в них воды, температурного режима и условий промерзания.

Пучение наблюдается во всей области распространения сезонно- и многолетнемерзлых дисперсных пород. Наибольшие деформации пучения происходят в условиях открытой системы при малых скоростях промерзания. К сильно пучинистым грунтам относятся влагонасыщенные пылеватые пески, супеси и легкие суглинки. Пучение грунтов может быть площадным и локальным [Бойцов, 2011].

Площадное пучение характеризуется большой пространственной неоднородностью, при которой величина пучения в пределах одного ландшафтного типа может более чем в два раза превышать средние значения деформации пучения [Ершов, 1982].

Заметнее всего в рельефе проявляется локальное пучение – бугры пучения (рис. 9), которое обнаруживается на участках с неоднородными мерзлотно-гидрогеологическими условиями. На территории России насчитывается около 6000 бугров пучения. В природных условиях появление

бугров пучения может быть вызвано как сезонным, так и многолетним промерзанием грунтов [Баду, Никитин, 2020].

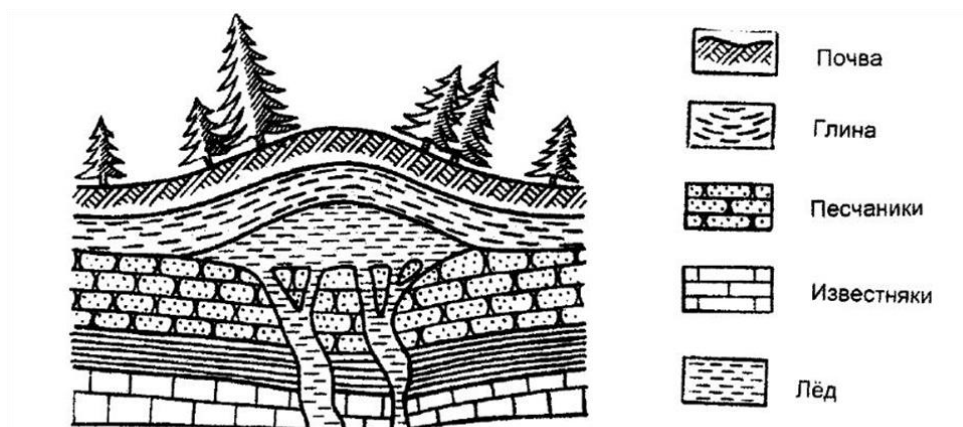


Рисунок 9 - Бугор пучения [Ершов, 2002]

Сезонные бугры пучения могут формироваться за счет подземных вод сезонно-талого слоя. В этом случае высота их невелика и редко превышает несколько десятков дециметров. Крупные бугры пучения образуются на участках разгрузки подземных вод таликов. Размеры таких бугров достигают в высоту 5-6 м, а в диаметре – 20-50 м и более [Богоявленский и др., 2019].

Многолетние бугры пучения развиваются в процессе многолетнего промерзания горных пород, как правило, сильно увлажнённых или контактирующих с водоносным горизонтом. Обычно они имеют ледяное или ледогрунтовое ядро (линзу). Наибольших размеров достигают многолетние бугры пучения. Основные причины их образования две: внутригрунтовое выдавливание воды или разжиженного грунта под действием криогенного напора и длительная миграция подземной влаги к фронту промерзания. В связи с этим выделяют миграционные и инъекционные бугры пучения [Баду, Никитин, 2020].

Многолетние инъекционные бугры пучения, образующиеся в условиях закрытой системы, связаны в основном с многолетним промерзанием несквозных водоносных подозерных таликов. В Республике Саха (Якутия) эти бугры носят название булгунняхов. Причиной промерзания подозерных таликов обычно является обмеление или осушение озер. В результате

подозерный талик начинает со всех сторон промерзать сокращаться в размерах. Находящаяся там вода начинает испытывать гидростатическое давление. Благодаря этому давлению мерзлая кровля в наиболее слабом месте выгибается, образуя бугор пучения с ядром из инъекционного льда или льда с грунтом. Поскольку промерзание водоносного талика – длительный процесс, внедрение воды в растущий булгуннях происходит многократно. Параллельно с этим может происходить и сегрегационное льдовыделение в виде шлиров и прослоев льда, что приводит к сложному строению булгунняхов [Бадю, Никитин, 2020].

Размеры булгунняхов зависят от количества воды в замкнутых галиках и по высоте могут достигать 30-60 м а по основанию – 100-200 м [Богоявленский и др., 2019].

Нередко встречается и другой тип инъекционных бугров пучения – гидролакколиты, которые образуются при инъекциях воды под влиянием гидродинамического напора надмерзлотных и подмерзлотных вод [Василюк, 2018]. Гидролакколиты приурочены к источникам (местам разгрузки) подземных вод или к замкнутым, в том числе пойменным таликам преимущественно в южной зоне распространения многолетнемерзлых пород.

Миграционные бугры пучения образуются в результате миграции внутригрунтовой влаги к фронту промерзания под влиянием градиентов температуры и влажности. Отнесение их к локальным буграм свидетельствует о том, что они образуются в отдельных местах, там, где в результате сочетания природных факторов создаются условия более быстрого и глубокого промерзания пород и где начинает образовываться линза многолетней мерзлоты. Из окружающих талых пород сюда в первую очередь начинает поступать мигрирующая влага, что и приводит к пучению грунта и поднятию поверхности на этом участке. Зимой с приподнятой поверхности снег сдувается, температура пород понижается, а мощность линзы многолетнемерзлых пород еще более возрастает по сравнению с окружающими участками, обуславливая увеличение бугра.

Бугры пучения часто приурочены к участкам торфяных отложений. Это связано с тем, что торф содержит большое количество воды, в связи, с чем теплопроводность мерзлого торфа выше талою и выпуклые участки с торфами сильнее охлаждаются зимой, чем нагреваются летом [Василюк, 2018]. Поэтому промерзание в торфах идет интенсивнее, чем в минеральных грунтах, что и обеспечивает развитие локального пучения и образование торфяных бугров пучения.

2. Морозобойное растрескивание представляет собой процесс температурной деформации мерзлых пород в изменяющемся градиентном температурном поле [Попов, 1983]. При изменении температуры пород в слое годовых колебаний температур возникают объемно-градиентные напряжения, которые могут привести к морозобойному растрескиванию массива пород. Трещины возникают на поверхности и проникают вглубь массива.

В однородных грунтах образуется система параллельных трещин, разбивающих массив на полосы примерно одинаковой ширины, полосы в свою очередь разделяются поперечными трещинами на четырехугольные полигоны. Возникающий при этом полигональный микрорельеф (рис.10.а) пользуется широким распространением на территории криолитозоны. Наиболее распространены полигоны поперечником от 8 до 20 м [Григорьев, Гриншкун, 2005].

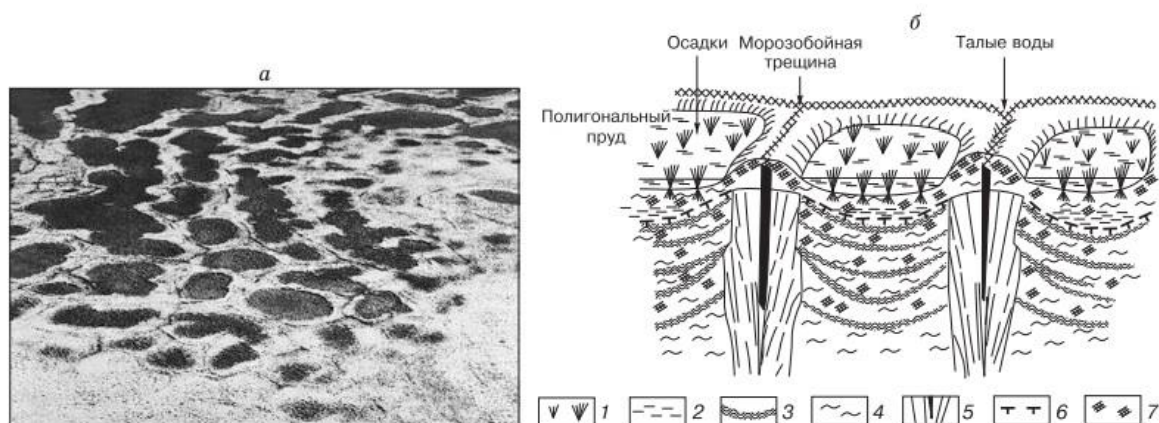


Рисунок 10 - Полигоны на поверхности тундры (а) и схема формирования ледяных жил (б), по Н.Н. Романовскому [Романовский, 1977]

1 – отложения органического вещества, 2 – деятельный слой, 3 – ледяные пояски, 4 – алевроит, 5 – ледяны жилы, 6 – поверхность мерзлоты, 7 – мерзлота

Морозобойное растрескивание грунтов на обширных участках северных равнин дает начало многим криогенным процессам и явлениям. Заполнение трещин минеральным грунтом приводит к формированию земляных (изначально грунтовых) жил, а заполнение водой и снегом – ледяных жил, т.е. различным полигонально-жильным образованиям [Калабин, 1951].

Образование морозобойных трещин происходит зимой. Весной в эти трещины заливается талая снеговая вода, осенью она замерзает, и в мерзлой породе образуются ледяные жилки. Летом верхняя часть жилки, находящаяся в сезонно-талом слое (СТС), оттаивает, а в подстилающих многолетнемерзлых породах ледяная жилка сохраняется. Это возможно при условии, когда глубина проникновения трещины больше глубины СТС. Из года в год морозобойное растрескивание повторяется на одном и том же месте, образующиеся трещины каждый раз вновь заполняются водой, которая в последующем замерзает [Бойцов, 2011]. Так формируются элементарные ледяные жилки (рис. 10. б), вложенные одна в другую, что и приводит к росту ледяной жилы в ширину.

Полигонально-жильным образованиям подразделяются на несколько типов: повторно-жильные льды; изначально-грунтовые жилы; первично-песчаные жилы; пятна - медальоны и псевдоморфозы по повторно-жильным льдам [Короновский, 2003].

Формирование повторно-жильных льдов происходит при развитии морозобойного растрескивания в многолетнемерзлые толщи. В структуре сформировавшейся ледяной жилы видна вертикальная полосчатость, обусловленная включениями частиц грунта и пузырьков воздуха. Можно даже подсчитать, сколько лет она росла. Обычно это многие сотни – тысячи

лет. Размеры ледяных жил тем больше, чем дольше они росли и более суровым был климат [Волков, Кезина, 2014].

Повторно-жильное льдообразование приводит к возникновению полигонально-валикового рельефа. Растущие жилы по стенкам льда выжимают вверх вмещающую породу, образуя валики; полигоны, ограниченные ими, представляют собой западины, нередко занятые мелкими озерами. Над самой жилой формируются канавообразные понижения в результате сезонного оттаивания и развития эрозионных процессов [Общее мерзловедение]. Такой рельеф характерен для северных приморских низменностей.

Морозобойное трещинообразование в условиях недостаточного увлажнения поверхности аккумулятивных равнин может сопровождаться образованием не ледяных, а изначально-грунтовых жил, которые формируются в слое сезонного оттаивания и промерзания пород. Они часто встречаются на участках глубокого протаивания грунтов, а также за пределами криолитозоны [Бойцов, 2011].

Широкое распространение в криолитозоне имеют мелкополигональные формы рельефа и связанные с ними пятна-медальоны. Эти формы образуются при промерзании сезонно-талых грунтов супесчано-суглинистого состава. Промерзание сезонно-талого слоя происходит неравномерно, сопровождается мелкополигональным растрескиванием и появлением обособленных (замкнутых) объемов грунта. Расстояние между трещинами на поверхности изменяется обычно в пределах 0,5-2 м. Развитие трещин предопределяет неравномерное промерзание пород в начале холодного периода, поскольку зимний воздух интенсивнее и быстрее охлаждает грунты, прилегающие к трещинам. Создаются небольшие линзы талых пород, в которых при дальнейшем промерзании возрастает гидростатическое давление. Это давление приводит к тому, что тиксотропный грунт внутри блоков переходит в пластично-текучее состояние и при росте давления разрывает мерзлую кровлю, изливаясь на поверхность. При многократном повторении этого

процесса образуются «пятна - медальоны», сложенные внутри пылеватыми дисперсными грунтами и тундровой растительностью по окружности [Короновский, 2003].

Псевдоморфозы по ледяным жилам являются вторичными образованиями, которые возникли в результате вытаивания ледяных жил и заполнения образовавшегося пространства грунтом [Ершов, 2002]. Потепление климата – основная причина их формирования, поэтому они часто встречаются вблизи южной границы распространения «вечной» мерзлоты и в районах, где в недавнем геологическом прошлом были развиты многолетнемерзлые породы [Калабин, 1951]. Псевдоморфозы по повторно-жильным льдам помогают воссоздать историю формирования мерзлых пород и палеогеографическую обстановку прошедших эпох.

Морозобойное растрескивание развито практически повсеместно в районах с глубоким сезонным промерзанием пород и в криолитозоне. Особенно интенсивно морозобойное растрескивание проявляется в условиях континентального климата. В зависимости от температурного режима отложений, по Н.Н. Романовскому, выделяются три типа морозобойных трещин [Романовский, 1977]:

1. Южный (высокотемпературный) – развит в районах только с сезонным промерзанием и в районах распространения островной мерзлоты (трещины возникают и развиваются только в пределах сезонно-мёрзлого слоя).
2. Переходный (умеренно-холодный) – встречается в районах прерывистого распространения вечной мерзлоты (трещины зарождаются в СТС и по мере своего развития все или только генерации низких порядков проникают в верхние слои мерзлой толщи).
3. Северный (низкотемпературный) – характерен для районов сплошной мерзлоты (трещины возникают и развиваются целиком в мёрзлом массиве после полного промерзания сезонно-талого слоя).

В результате динамики температурного режима и сезонного оттаивания-промерзания один тип может переходить в другой. Сильное влияние на динамику температурного режима пород оказывает нарушение естественных условий (разрушение почв, растительности, уплотнение и снятие снежного покрова). В нарушенных условиях, морозобойное растрескивание усиливается.

На территории России наиболее активно морозобойное растрескивание развивается в центральной Якутии, Бурятии, Магаданской области и т.д. В ряде арктических регионов при потеплении климата за последние 25-30 лет процессы морозобойного растрескивания практически не развиваются в природных ландшафтах [Волков, Кезина, 2014].

3. Криогенные склоновые (гравитационные) процессы обусловлены наличием криогенного водоупора и высокой влажностью оттаивающего слоя, которые обеспечивают высокую подвижность дисперсных отложений [Волков, Кезина, 2014]. Отдельные склоновые процессы локально проявляются и вне области многолетнемерзлых пород.

Криогенная десерпция (крип) представляет собой сползание рыхлых масс по склону в результате изменения их объема под воздействием процессов промерзания – протаивания [Бойцов, 2011]. Сущность процесса заключается в том, что пучение породы при их промерзании происходит перпендикулярно склону, а движение частиц вниз при протаивании – по вертикали, т.е. под углом к склону меньше 90° .

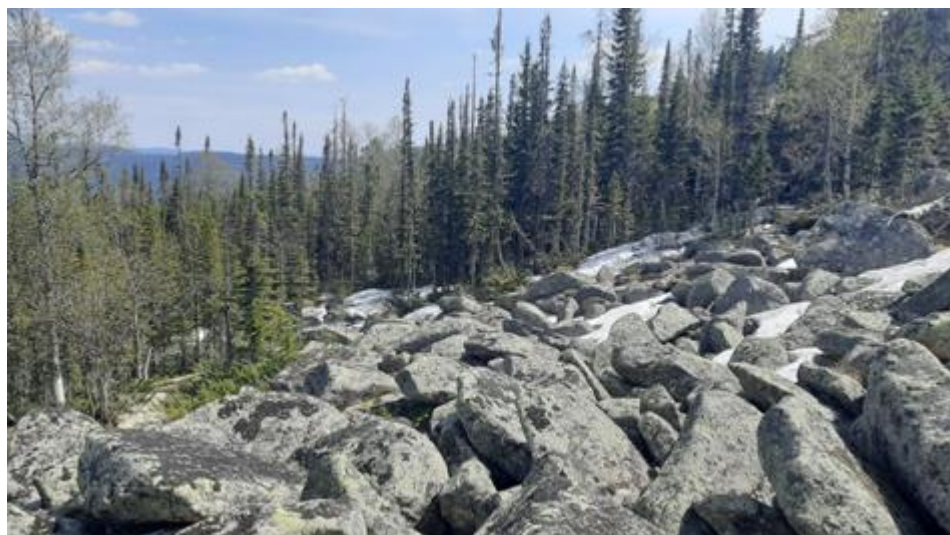


Рисунок 11 - Курумы Кутурчинского белогорья

На склонах, сложенных скальными породами, накопления щебнисто-глыбовых отложений называются курумами (рис. 11). Развитие курумов включает ряд процессов, приводящих к дроблению каменного материала, движение его по склону и накопление на пониженных участках рельефа: физическое выветривание, криогенную (и температурную) десерпцию, подповерхностный смыв, сползание глыб и пр. [Ершов, 2002].

Курумы приурочены к склонам крутизной от 3-5 до 25-30°. Они могут располагаться на обширных каменистых склонах, образовывать каменные потоки, слагать обширные каменные поля. При накоплении «критической» массы крупноглыбовые отложения приходят в движение и сползают вниз по склону. Этому процессу могут способствовать резкое увеличение количества атмосферных осадков в горных районах или землетрясения в сейсмически активных зонах [Бойцов, 2011].

4. Солифлюкция – это процесс вязкого и вязкопластичного течения дисперсного материала, пропитанного водой, вниз по склону [Williams, 1959]. Ее развитию способствуют наличие мерзлого субстрата и накопление на нем воды, которая не может уходить вглубь отложений. Солифлюкция может развиваться как на задернованных склонах, так и на почти ровных аккумулятивных поверхностях, развивается она чаще всего в пылеватых

грунтах и супесях [Короновский, 2003].

На скорость и степень солифлюкции может влиять несколько факторов. К ним относятся угол наклона, тип почвы, растительный покров, а также частота и интенсивность циклов замерзания-оттаивания. На более крутых склонах, как правило, наблюдается более высокая скорость солифлюкции, в то время как наличие растительности может замедлить процесс, стабилизируя почву. Кроме того, почвы с высоким содержанием глины более склонны к солифлюкции из-за их более низкой проницаемости и более высокой влагоудерживающей способности [Короновский, 2003]. Различают два вида солифлюкции: покровную (аморфную) и дифференциальную (структурную) [Williams, 1959]. Первая представляет собой медленное вязко-пластичное течение переувлажненных дисперсных пород, захватывающее весь оттаивающий слой. Этот вид солифлюкции характеризуется скоростями до 10 см/год и проявляется на склонах средней крутизны. Главной особенностью этого вида солифлюкции является то, что движение материала происходит без существенного нарушения внутреннего строения грунта. Дифференциальная солифлюкция (рис.12), в отличие от покровной, хорошо выражена на местности в виде характерных форм микро- и мезорельефа: солифлюкционные языки, террасы, полосы и пр. [Бойцов, 2011]. Развитие такого вида солифлюкции возможно на очень пологих склонах.

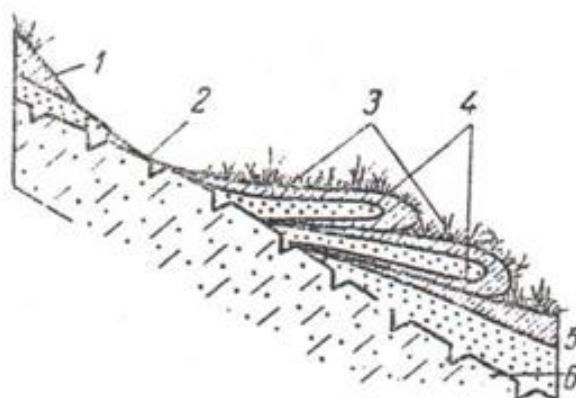


Рисунок 12 - солифлюкция [Ершов, 1982]

1 – покровный слой; 2 – спływ; 3 – солифлюкционные натеки (языки, террасы); 4 – погребенные дерн и почвенные горизонты; 5 – подстилающий слой; 6 – граница сезонного оттаивания грунтов на момент солифлюкционного сползания

В пределах криолитозоны, наряду с рассмотренными видами, выделяют также быструю солифлюкцию (спływ), обусловленную вязким течением оттаивающих дисперсных грунтов по склонам значительной крутизны (15-250) [Пендин, 2003]. Скорости течения грунта при спльве могут достигать нескольких метров в минуту, при этом происходит нарушение его структуры. Нередко спльвы проявляются на склонах горных выработок, в карьерах [Ершов, 2002].

5. Термокарстом называется процесс вытаивания подземных льдов, сопровождающийся просадкой земной поверхности – котловинами, которые называются термокарстовыми [Могенстерн и др., 2013]. В Западной Сибири у них есть собственное название – хасырей, а в Якутии – алас [Morgenstern, 2013].

Термокарстовому воздействию подвержены низменные пространства российского сектора Арктики (Север Европейской России, Западная Сибирь, Восточная Сибирь, Центральная Якутия, Дальний Восток) [Бойцов, 2011].

Причинами возникновения термокарста могут быть:

- глобальные факторы (общее потепление климата);
- континентальные (усиление континентальности, летней);
- региональные (изменения теплового режима грунта естественными процессами – эрозией, пожарами и т.д.);
- локальные (естественные – морозобойное растрескивание деятельных поверхностей, точечное обводнение и заболачивание; антропогенные – вырубка леса, вспашка, пожары; техногенные – строительство гражданских и промышленных объектов).

При этом велика роль тектонических процессов в развитии

термокарста [Короновский, 2003]:

а) опускания могут вызвать его активизацию из-за обводнения поверхности;

б) они могут быть причиной его затухания из-за дренажа территории.

Наличие сильно льдистых грунтов является необходимым условием для начала процесса термокарста. Подземные льды и высокольдистые четвертичные отложения нередко залегают непосредственно под СТС. Толчком к началу процесса служит такое изменение теплообмена на поверхности почвы, при котором глубина протаивания начинает превышать глубину залегания подземных льдов или сильнольдистых грунтов [Муртон, 2009]. Это может быть обусловлено как природными факторами: потеплением или усилением континентальности климата, увеличением количества осадков, подтоплением территории, сменой растительных ассоциаций и т.д., так и антропогенным воздействием. На участках распространения сильнольдистых отложений даже небольшое нарушение почвенно-растительного покрова приводит к бурному развитию термокарста. При площадных нарушениях почвенно-растительного покрова глубина протаивания грунтов увеличивается в разы (иногда в два-четыре раза).

Процесс развития термокарста зависит от гидрологических условий и по-разному протекает на постоянно обводненных низинах и участках, где существует сток и происходит осушение термокарстового понижения. Если вода не скапливается, то процесс довольно быстро затухает, так как происходит накопление осадочных отложений с нормальной влажностью. Бывают случаи, когда энергии временных водных потоков достаточно для выноса мелкозема, поэтому аккумуляции осадков не происходит (или она понижена), и термокарст продолжает развиваться [Волков, Кезина, 2014].

При зарождении замкнутой бессточной котловины избыток воды сезонно-талого слоя в результате вытаивания льдов отжимается вверх, образуя водоем в понижении рельефа. Вода имеет малое альбедо и высокую теплоемкость, поэтому хорошо прогревается и удерживает тепло, что

приводит к повышению температуры дна водоема и увеличению глубины сезонно-талого слоя. Происходит дальнейшее вытаивание подземного льда, высвобождение воды и увеличение глубины термокарстового озера. Таким образом, процесс может продолжаться до тех пор, пока не протает весь льдонасыщенный грунт [Murton, 2009].

В процессе термокарста формируется специфический рельеф, формы которого зависят от вида и особенностей распространения подземных льдов. Протаивание мерзлых толщ, содержащих инъекционные, сегрегационные льды или различные типы погребенных льдов, приводит к образованию локальных термокарстовых воронок, котловин. Если вытаивают преимущественно жильные льды, то рельеф приобретает полигональный характер с провальными озерами и западинами. При вытаивании ледяных жил и наличии оттока воды из понижения на участке развития термокарста наблюдаются останцы малоледистых относительно прочных пород, называемые байджерами [Попов, 1983].

Несмотря на различие форм термокарстовых понижений, все они имеют, как правило, округлые очертания [Ершов, 2002].

На территории России имеется множество примеров термокарстовых котловин, например Батагайская впадина.

Иногда в образовавшихся термокарстовых воронках, образуются озера. Термокарстовые озёра распространены в зонах сплошного, прерывистого и островного залегания вечной мерзлоты, то есть на территориях Сибири и северных районов России.

Такие озёра менее стабильны, чем обычные: в жаркие месяцы вода может полностью испариться и набраться снова благодаря дождям, а может найти проток и уйти в другое озеро [Скрыльник, 2018].

Благодаря особым условиям среды в криолитозоне многие организмы сохраняются практически неизменными, представляя собой ценные научные материалы для изучения древней фауны Земли. В настоящее время уже найдены многие такие останки.

Одним из наиболее известных примеров является обнаружение мамонтов. Например, найденные особи сохранились настолько хорошо, что ученые смогли извлечь ДНК и провести исследования генетического материала. Это позволило ученым восстановить историю эволюции вида и пролило свет на причины исчезновения гигантских млекопитающих.

Также были найдены тела шерстистых носорогов, бизонов и даже древнейших хищников вроде пещерных львов. Все эти открытия позволяют лучше понять климатические условия прошлых эпох и изменения экосистем нашей планеты.

Криолитозона характеризуется специфическими особенностями, оказывая значительное влияние на природные процессы и хозяйственную деятельность человека.

2.2. Многолетняя мерзлота в условиях меняющегося климата на примере Батагайского термокара

Одним из наиболее известных термокаров России является Батагайский термокарстовый кратер, или Батагайка (как называют его местные жители). Он расположен в Якутии в районе хребта Черского в Верхоянском районе, на левом берегу долины реки Батагай в бассейне реки Яна и ее притоков вблизи одноименного поселка в Верхоянском улусе на северо-востоке Якутии на склоне горы Киргилях.

С 90-х годов термокар начал заметно увеличиваться. На сегодняшний день он превратился в огромный термокарстовый провал. В настоящее время он имеет ширину около 900 м, длину основной части почти 3 км и высоту задней стенки около 80 м.

На территории Батагайского провала проходит зона сплошного распространения мерзлоты от 200 до 600 м с температурами от - 5 до - 9 °С. (рис. 13).



Рисунок 13 - Распространение многолетнемерзлых пород на территории России [Криогенные (мерзлотные) процессы и явления]

Природа Севера чрезвычайно ранима. Даже при небольшом повышении температуры, а это неизбежно бывает при хозяйственном освоении территории – многолетнемерзлые породы протаивают. В естественных условиях в системе включаются природные механизмы саморегуляции. В периоды потепления происходит изменение почвы, растительности, гидрологического режима. Воздействие этих изменений на подземный лед часто имеет противоположный эффект влиянию повышения температуры. Но за последнее столетие активного заселения и хозяйственного освоения северных территорий на природу стал воздействовать еще один фактор – антропогенный, который активизирует большинство криогенных процессов, в том числе и термокарст [Попов, 1983].

История развития термокарста всегда рассматривается в связи с историей развития вечномерзлых горных пород, от которых этот процесс неотделим.

В наше время Батагайский термокар является масштабным примером неустойчивости мерзлоты. Образованию Батагайского термокарстового провала предшествовали несколько возможных антропогенных причин:

1. в первой половине 60 годов на месте образования будущего провала была произведена вырубка участка леса, вследствие этого произошло нарушение почвенно-растительного покрова и термического режима грунтов;

2. 70 годах случился локальный пожар, в результате появилась просадка грунта, которая размывалась водой из ручья, находящегося выше уровня провала, что предшествовало сначала оврагообразованию, а затем деградации всего ледового комплекса и его оттаиванию;

3. есть версия происхождения котловины Батагайского кратера, согласно которой вблизи этого места располагался оловянный рудник, впоследствии заброшенный. В Верхоянском районе находятся месторождения олова, сурьмы, золота, серебра, вольфрама, меди, РЗЭ и др. минеральных ресурсов, активная добыча которых ведётся с 1940-х годов. Основание посёлка Батагай в 1939 было напрямую связано со строительством на берегу р. Яны Батагайской обогатительной фабрики, которая с 1940-х годов считалась флагманом всей оловодобывающей промышленности в СССР и обрабатывала оловянную руду, добываемую на многих окрестных рудниках, вплоть до 1973 г. Заложение рудника в многолетнемёрзлых породах привело к нарушению их термического режима и началу термоэрозийной деградации [Максимальная температура];

4. существуют и другие причинно-следственные связи образования столь крупного геокриологического объекта на севере Якутии, прежде всего климатические, то есть глобальное потепление и тектонические. Необходимо отметить, что район расположен в сейсмически опасной зоне – сейсмический пояс Черского, расположившийся от дельты р. Лены к Охотскому морю. За последние 90 лет здесь зарегистрировано свыше 6 тыс. землетрясений [Ершов, 2002].

В последующие годы, отмеченные постоянно повышающейся

температурой, скованные льдом породы оттаивали, и Батагайская котловина продолжала расти. Для нее характерен мощный процесс термокарста и его обработка весенними стекающими водами, которые отчасти выносят выработанные горные породы в пойму р. Батагай по центральному каналу провала.

Начиная с начала 2000-х годов зарубежными и российскими учеными проделаны многочисленные исследования динамики термокарстовых провалов, основанные на анализе разновременных космических снимков. В некоторых из них указывается на прямую взаимосвязь между изменением площади провалов и потеплением климата, в других такая связь не прослеживается.

Исследования Батагайского термоцирка показали, что за период с 1999 по 2023 гг. отмечалось постоянное увеличение его размеров. Анализ климатических параметров за последние 50 лет показал стабильную тенденцию увеличения температур (среднелетних на 1,6 °C и среднегодовых на 2,2 °C) и количества атмосферных осадков (увеличение годовой суммы на 25 мм за счет летне-осеннего периода). Выявлена определенная корреляционная связь между скоростью роста Батагайского термоцирка и динамикой основных климатических показателей. Учитывая статистически выявленную взаимосвязь, а также высокую льдистость пород (40—60 %) и их особую повторно-жильную структуру, Батагайский термоцирк рассматривают как индикатор глобального изменения климата [Скрыльник, 2018].

Представление о динамике развития форм термоденудации на этом склоне в 1968–2010 годах дают космические снимки (рис. 14). Они позволяют выделить поздний и ранний этапы в истории формирования термоденудационного котла. Ранний этап охватывает 1968–1990 годы. В это время отдельные просадки, подобные вышеупомянутой провальной форме, осложняли дно термоэрозионной промоины в рельефе северо-восточного склона Киргиллях-Хатынгнахской горной седловины. Поздний этап развития котла начался в 1991 году. Этот этап был ознаменован тем, что в 1991 году

группа просадок настолько углубилась в полигональный склон, что приобрела на нем облик единой капли. Затем ее размеры увеличивались год от года. В 2001 году на месте этой капли была отмечена более обширная в плане яма. В дальнейшем яма ежегодно расширялась, ее границы приближались к очертаниям того котла, который виден на космическом снимке 2002 года, а также на снимках 2007 и 2010 годов [Попов, 1983].

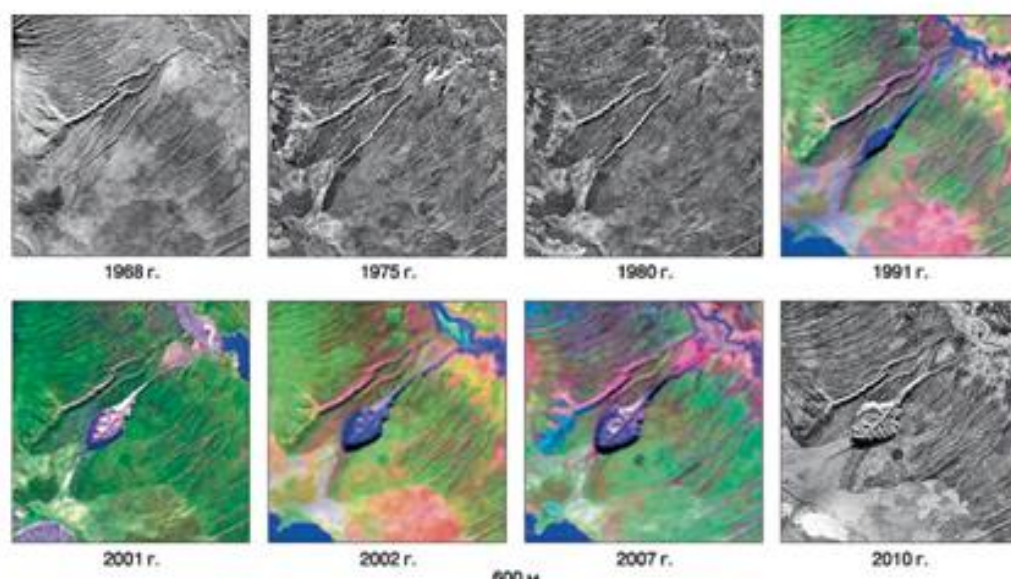


Рисунок 14 - Космические снимки Батагайского термокара в разные года
[Куницкий, 2013]

В период с 1962 по 1991 годов Батагайский кратер начал увеличение в длину достигнув 2508 м, далее длина не менялась. Но тем не менее ширина неизменно увеличивается с 32 м - 1962 г. до 885 м - 2018 г. (таб. 1). На сегодняшний день эти показания стали еще больше.

Таблица 1

Динамика развития размеров Батагайского кратера в 1962-2018 гг.

Годы	1962	1968	1975	1991	2002	2007	2010	2013	2015	2018
Длина, м	850	1814	1814	2508	2508	2508	2508	2508	2508	2508
Ширина, м	32	38	46	252	506	668	712	798	824	885

Н.А. Граве отмечает, что процесс образования провальных форм протекает быстро только на первых стадиях. Прекращение термокарстового процесса происходит:

1. если полностью протаивает лед или льдистая порода;
2. слой грунта по всей мощности становится равным деятельному слою;
3. физико-географические условия в пределах просадки вызовут менее интенсивный теплооборот в приповерхностных горизонтах грунтов и менее глубокое сезонное протаивание.

Согласно исследованию 2016 года за десятилетний период размер кратера увеличивался в среднем на 10-15 м в год [Куницкий, 2013]. Но, тем не менее, наблюдается уменьшение его глубины. В связи с активизацией самозакапывания «провала» обвальным материалом с его бортов и дальнейшим зарастанием новообразованных участков пионерной растительностью.

Таким образом, имеется несколько возможных вариантов развития Батагайского термокара.

1. Увеличение его формы будет происходить динамически постоянно до тех пор, пока весь подземный лед не вытаят. В результате образуется новый крупный объект в структуре ландшафта.
2. Обвальным материал с бортов термокара “засыплет” его полностью.
3. Заполнение термокарстовой котловины водой, в последствие образование термокарстового озера.

Развитие Батагайского термокара в том случае, если вся мерзлота вытаят, может привести к некоторым негативным последствиям.

Бассейн р. Яна и прилегающие к нему территории являются из самых перспективных регионов в Северной Евразии для находок не только скелетных остатков, но и хорошо сохранившихся туш мамонтов, шерстистых

носорогов и других представителей вымерших животных, относящихся к ранней плейстоценового-голоценового комплексов. Хорошая сохранность мягких тканей животных обеспечивается многолетней мерзлотой, которая в Якутии имеет практически повсеместное развитие. За последние 10 лет в бассейне этой реки было найдено более 90% всех уникальных находок мамонтовой фауны [Белолубский, 2008].

Мамонтовая фауна местности была изучена с 2014 по 2015 годы а участниками КНИЭШ «Верхоянье – полюс холода». Ими были собраны такие останки животных как:

- лучевая кость бизона;
- лицевая часть черепа ископаемой лошади (самец)
- нижняя челюсть бизона;
- фрагмент черепа (мозговая часть) хищника, вероятно собаки (возможно лисица);
- ребро мамонта;
- пястные кости бизонов;
- позвонок шерстистого носорога;
- позвонок мамонта;
- бивни мамонта;
- фрагмент черепа некрупного бизона;
- лучевая кость бизона.

Учёными из Северо-Восточного федерального университета и японского университета «Киндай» в 2009 году был найден хорошо сохранившийся трёхмесячный жеребёнок, пролежавший в вечной мерзлоте более 4400 лет. Сохранность очень хорошая можно видеть копытца и шерсть.

Таким образом, главной причиной динамики криогенных процессов является – повышение температуры. В периоды потепления происходит изменение почвы, растительности, гидрологического режима, оттаивают множество палеонтологических находок. Немало важной причиной также является антропогенное воздействие, которое активизирует большинство

криогенных процессов.

3. Использование цифровых ресурсов при изучении многолетней мерзлоты

3.1. Место изучения многолетней мерзлоты в школьном курсе географии

Многолетняя мерзлота – важный элемент школьного курса географии России, поскольку её изучение помогает обучающимся лучше понять природные условия нашей страны и особенности освоения территорий Сибири и Дальнего Востока.

Изучение многолетней мерзлоты лучше начинать в 5 классе, при изучении рельефа земной поверхности. В Федеральной рабочей программе отдельно данная тема не выделяется, но упомянуть об этом нужно, так как она влияет на формирование земной поверхности [Федеральная рабочая программа основного общего образования по географии].

Тема многолетней мерзлоты впервые появляется в 6 классе. Рассматривается она в параграфе «Подземные воды и ледники» и на ее изучение выделяется 1 час [Федеральная рабочая программа основного общего образования по географии]. В данном параграфе в основном дается информация о покровных и горных ледниках, а также районы распространения многолетней мерзлоты [Учебник по географии УМК «Полярная звезда» 5-6 класс].

Более детальное изучение многолетней мерзлоты происходит в 8 классе в курсе географии России. В теме «Рельеф: скульптура поверхности», на тему выделяется 1 час [Федеральная рабочая программа основного общего образования по географии]. В данной теме описано влияние ледников и мерзлотных процессов на преобразование рельефа России, формы рельефа созданные ледником, а также рассмотрено древнее и современное оледенение, дается описание многолетней мерзлоты России [Учебник по географии УМК «Полярная звезда» 8 класс].

С 9-11 классы отдельно многолетняя мерзлота не рассматривается в курсе школьной географии, так как изучается социальная и экономическая

географии России (9 класс) и мира (10-11 класс). Но, тем не менее о ней необходимо упоминать при изучении размещения населения, различных отраслей хозяйства и т.д.

Помимо уроков географии, тему вечной мерзлоты можно рассмотреть в проектной деятельности обучающихся, которая является обязательной.

Проектная деятельность на уроках географии заключается в самостоятельном освоении обучающимся учебного материала и получении конкретного результата в виде продукта.

Примерные темы проектов, связанных с многолетней мерзлотой:

1. «Влияние многолетней мерзлоты на изменения, происходящие в природе и в хозяйственной деятельности человека»;
2. «Воздействие человеческой деятельности на состояние многолетней мерзлоты»;
3. «Природные опасности, вызванные изменениями в многолетней мерзлоте».

Таким образом, многолетняя мерзлота в школьном курсе географии рассматривается всего 2 часа, в определенных темах может упоминаться поверхностно. Больше углубится в данную тему обучающиеся могут только через проектную деятельность.

3.2. Цифровые ресурсы, используемые для изучения многолетней мерзлоты

Для изучения многолетней мерзлоты России существуют различные цифровые ресурсы.

1. Цифровой ресурс «Невечная мерзлота» – проект Экспертного центра ПОРА [Невечная мерзлота – карта мерзлоты, новости, аналитика, мониторинг].

На сайте представлено пять разделов, но для урока географии наиболее значимым является первый: «О мерзлоте».

В нем дается понятие многолетней мерзлоты и интерактивные

иллюстрации с ее изменением по временам года (рис. 15), описание трех фаз мерзлых грунтов, рассказывается о том, где распространена мерзлота, какая бывает мерзлота, дано определение понятию «талики» с использованием схем, дается описание следов мерзлоты на поверхности земли с иллюстрациями (рис.16), также представлены иллюстрации разрушений в результате активизации мерзлотно-геологических процессов.



Рисунок 15 – Первый раздел цифрового ресурса «Невечная мерзлота» о многолетней мерзлоте [Невечная мерзлота – карта мерзлоты, новости, аналитика, мониторинг]



Рисунок 16 – Первый раздел цифрового ресурса «Невечная мерзлота» о следах мерзлоты на поверхности земли [Невечная мерзлота – карта мерзлоты, новости, аналитика, мониторинг]

Данный ресурс подойдет как для очного применения на уроке, который может заменить обычную презентацию, так и для дистанционного изучения.

2. Интернет – сайт «Фоксфорд» [Фоксфорд] на котором представлена вся теоритическая информация школьного курса географии, который может заменить обычный школьный учебник. Для изучения многолетней мерзлоты там имеется тема «Многолетняя мерзлота и ледники России». Подходит для дистанционного обучения.

3. Интернет – сайт «InternetУрок» [InternetУрок. Библиотека видеоуроков] на сайте имеются множество обучающих видеороликов по географии и другим предметам из школьного курса. По изучению многолетней мерзлоты имеется видеоролик «Подземные воды, ледники, многолетняя мерзлота», помимо видео имеется текстовый урок, тесты и на сайте можно оставить вопросы, которые возникли во время изучения темы. Видеоролик можно использовать на самом уроке, также в качестве дистанционного изучения. Плюсом данного сайта является тест, который можно пройти после изучения темы.

4. Различные Интернет – ресурсы с видеоматериалами о многолетней

мерзлоты России.

В основном цифровые ресурсы для изучения многолетней мерзлоты представлены в виде теоритической информации – текстовой и видео. Имеется несколько ресурсов с тестами и один интерактивный ресурс.

3.3. Разработка цифрового ресурса

К уроку по изучению многолетней мерзлоты России в 8 классе с помощью Интернет - сервиса «Interacty» была создана интерактивная карта «Многолетняя мерзлота России» (Приложение А), которая включает в себя:

1. Термокарстовые формы рельефа:
 - А. Батагайский кратер;
 - Б. Термокарст мыса Сопочная карга;
 - В. Ямальский кратер;
 - Г. Термокарст около Новоананьинска;
 - Д. Термокарст (Республика Саха).
2. Палеонтологические находки:
 - А. Киргилыхского мамонта;
 - Б. Абыйских львят;
 - В. Саблезубой кошки.
3. Криогенные образования:
 - А. Миграционные многолетнемерзлые торфяные бугры пучения;
 - Б. Пятна-медальоны
4. Границы вечной мерзлоты (сплошной, с талыми грунтами, с преобладанием таликов, мерзлота островного характера).

Каждый объект отмечен на карте вместе его расположение, дана иллюстрация этого объект и его краткая характеристика (кроме 1 – Д). Границы вечной мерзлоты нанесены линиями разных цветов, в условных обозначениях дана расшифровка каждого цвета. Интерактивная карта «Многолетняя мерзлота России» предназначена для изучения многолетней мерзлоты в 8 классе и может быть использована как на самом уроке, так и для

самостоятельного изучения в качестве домашнего задания.

На уроке при изучении данной темы, интерактивную карту можно использовать во время показа границ многолетней мерзлоты, объяснив заранее понятие «талики», задавая обучающимся следующие вопросы на понимание:

1. На какой территории распространена сплошная многолетняя мерзлота? Как это влияет на природные условия той территории?
2. Почему формирование зон таликов важно учитывать при освоении северных территорий?
3. Как на распространение многолетней мерзлоты влияет изменение климата?
4. В каких регионах России не распространена многолетняя мерзлота? С чем это связано?

Далее при объяснении форм рельефа, характерных для многолетней мерзлоты, можно использовать данную карту, приводя примеры криогенных образований, показывая их на карте. После объяснения, снова можно задать вопросы на понимание:

1. Как образуются термокарсты?
2. Назовите основные типы криогенных образований, встречающихся в зонах многолетней мерзлоты.
3. Почему образуются миграционные многолетнемерзлые торфяные бугры пучения?
4. Чем характеризуется пятна-медальоны?
5. Могут ли, данные криогенные образования появиться в зоне мерзлоты островного характера?

Помимо этого, на карте отмечены различные палеонтологические находки, найденные в зоне многолетней мерзлоты, во время ее оттаивания. Необходимо спросить у обучающихся, как они думают для чего на карте изображены данные находки и о чем говорит их обнаружение на нашей территории.

На закрепление темы в конце урока, нужно дать задание, которое будет

включать анализ карты. Задания могут быть следующие:

1. Используя интерактивную карту, определите географическое положение термокарста «Термокарст мыса Сопочная Карга». Как вы думаете, почему он возник в данном месте?

2. Рассмотрите на карте батагайский кратер и ямальский кратер. Определите различия между ними, используя легенду карты и текст учебника.

3. Предложите стратегию адаптации инфраструктуры городов и населенных пунктов в зонах риска деградации вечной мерзлоты на примере одного конкретного региона.

Интерактивную карту «Многолетняя мерзлота России» можно давать в качестве домашнего задания для ее более детального анализа. Продуктом, которого может быть эссе объемом 1- 2 страницы на тему влияния глобального потепления на состояние многолетней мерзлоты России и перспективы освоения арктической зоны нашей страны.

3.4. Методические рекомендации по использованию цифрового ресурса при изучении многолетней мерзлоты в 8 классе

Выбор ЦОР педагог осуществляет самостоятельно. Для включения цифрового контента в тематическое планирование рабочей программы по учебному предмету учитель:

1. знакомится с ЦОР из Федерального перечня;
2. выбирает электронный ресурс, соответствующий конкретной теме урока, с учетом возрастных особенностей учащихся;
3. знакомится с содержанием ЦОР, делает выборку необходимых текстовых, графических, аудио-, видеоматериалов;
4. вносит элементы ЦОР в конспект урока;
5. размещает ссылку на ЦОР в тематическое планирование рабочей программы учебного предмета.

Содержание ЦОР должно соответствовать требованиям ФГОС и возрастным особенностям обучающихся. Использование ЭОР и ЦОР

требует соблюдения санитарных норм и правил. Санитарные правила СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» предъявляют требования к продолжительности непрерывного использования экрана для учащихся 5-9-х классов – не более 15 минут. Общая продолжительность использования интерактивной доски на уроке для детей старше 10 лет – не более 30 минут. Работа на компьютере разрешена: для обучающихся 5-9 классов – не более 30 минут, 10-11 классов – не более 35 минут.

Электронные образовательные ресурсы могут быть использованы на всех этапах работы на уроке. Так, на этапе мотивации учащимся могут быть предложены фрагменты видеоматериалов, анимации, аудиофрагментов. Это позволяет с первых минут урока заинтересовать обучающихся, заострить внимание на основных вопросах изучаемой темы. Предлагаемые материалы должны предваряться вопросом или заданием для обсуждения, оценки, решения проблемы. Простая демонстрация ЦОР не эффективна.

На этапе освоения нового материала видеоряд может сопровождать изучаемый теоретический материал, создавая единый образ, конкретизировать и выделять основные положения учебной темы.

На этапе закрепления изученного материала эффективны практические электронные ресурсы (тренажеры, решение тестов разных типов, интерактивные задания, виртуальные лаборатории, проектные задания).

С помощью ЦОР можно организовать самостоятельную работу, что позволит дифференцировать задания для учащихся с учетом уровня их предметной подготовки. Так, учащиеся могут не только выполнять задания разного уровня сложности и самостоятельно контролировать свой прогресс, но и при знакомстве с новым материалом, переходя по гиперссылкам, получать дополнительный объем информации, помимо, изложенного в учебнике.

Таким образом, максимальный эффект от применения ЦОР в образовательном процессе достигается при соблюдении определённых методических условий их использования. Основным условием для учителя является правильный отбор ЦОР с учётом образовательных задач, решение которых запланировано на конкретном уроке и возрастных особенностей обучающихся. Использование наглядности, схематических и динамических моделей, видеоряда также может быть важным фактором для выбора ЦОР для включения в образовательный процесс.

Что касается интерактивной карты, ее можно использовать на любом этапе урока, но с применением дополнительных материалов, если это закрепление или актуализация знаний. Так как к карте необходимо будет дать дополнительное задание. Целесообразнее всего ее использовать на этапе освоения нового материала, там она может стать отличным помощником учителю и наглядным примером для обучающихся.

Заключение

1. Цифровые технологии, применяемые в образовательном процессе на уроках географии, позволяют сделать обучение более эффективным, интересным и доступным для обучающихся. Использование цифровых образовательных ресурсов способствует развитию пространственного мышления, формированию географической культуры и повышению мотивации к изучению предмета.
2. Изучение многолетней мерзлоты в школьном курсе географии имеет большое значение. Криогенные процессы приводят к формированию различных криогенных образований и явлений (рис.8), которые находят отражение в рельефе поверхности, геологическом строении рыхлых четвертичных отложений Земли. Так как криогенные процессы характеризуется множеством специфических особенностей, оказывая значительное влияние на природные процессы и приводят к разрушительным последствиям для хозяйственной деятельности человека.
3. Интерактивная карта «Многолетняя мерзлота России» помогает более детально освоить аналогичную тему в школьном курсе географии в 8 классе, которую можно использовать как и на самом уроке, как и в качестве домашнего задания. Максимальный эффект от применения ЦОР в образовательном процессе достигается при соблюдении определённых методических условий их использования. Основным условием для учителя является правильный отбор ЦОР с учётом образовательных задач, решение которых запланировано на конкретном уроке и возрастных особенностей обучающихся.

Список использованных источников

1. Авдеева С. Цифровые ресурсы в учебном процессе // Народное образование. – 2008. – №. 1. – С. 176-182.
2. Абрамова Г.С. Возрастная психология: Учебник для студентов. - М.: Академический проект. – 2001. – 704 с.
3. Баду Ю. Б., Никитин К. А. Бугры пучения на площади газоносных структур севера Западной Сибири // Криосфера Земли. – 2020. – Т. 24. – №. 6. – С. 21-32.
4. Богоявленский В. И. и др. Дегазация Земли в Арктике: комплексные исследования распространения бугров пучения и термокарстовых озер с кратерами выбросов газа на полуострове Ямал // Арктика: экология и экономика. – 2019. – Т. 4. – №. 36. – С. 52-68.
5. Бойцов А. В. Геокриология и подземные воды криолитозоны. – 2011.
6. Белолубский И.Н., Боесков Г.Г., Сергенко А.И., Томщин М.Д. Каталог коллекции четвертичных млекопитающих геологического музея института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН. – 2008.
7. Василук Ю. К. Изотопные вариации во льду торфяных и ледо-минеральных бугров пучения-пальза и литальза // Арктика и Антарктика. – 2018. – №. 1. – С. 1-49.
8. Волков В. С., Кезина Т. В. Экзогенные геологические процессы в криолитозоне // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2014. – №. 67. – С. 125-134.
9. Григорьев С. Г., Гриншкун В. В. Педагогические аспекты формирования коллекций цифровых образовательных ресурсов // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2005. – №. 5. – С. 21-30.

10. Ершов Э. Д. Криолитогенез. М. – 1982.
11. Ершов, Э.Д. Общая геоэкология: Учебник. – М.: МГУ. – 2002 – 682 с.
12. Золотова Д. Р. Цифровые образовательные ресурсы: понятие и классификация // Личностное и профессиональное развитие будущего специалиста: Материалы XVIII Международной научно-практической Internet-конференции, Тамбов, 30 мая-05 2022 года.-Тамбов: Издательский дом "Державинский". – 2022. – С. 121.
13. Интерактивная карта истории России. [Электронный ресурс]. URL: <https://histography.ru/> (Дата обращения: 12.11.2024)
14. Интерактивная карта народов России. [Электронный ресурс]. URL: <https://ethno.histography.ru/> (Дата обращения: 12.11.2024)
15. Каменская В. Г., Томанов Л. В. Цифровые технологии и их влияние на социальные и психологические характеристики детей и подростков // Экспериментальная психология. – 2022. – Т. 15. – №. 1. – С. 139-159.
16. Калабин, А.И. Вечная мерзлота и гидрогеология Северо-Востока СССР. – Магадан. – 1951.
17. Канищева Е. М., Беляева Е. С. Цифровые технологии: понятие, виды, преимущества и недостатки // В сборнике: Актуальные проблемы международных отношений в условиях формирования мультиполярного мира. Сборник научных статей. – 2021. – С. 189-192.
18. Короновский, Н.В. Общая геология / Н.В. Короновский, Н.А. Ясаманов. – М.: АСАДЕМА. – 2003 – 445 с.
19. Криогенные (мерзлотные) процессы и явления. [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/inseklodepia/kriogennyie-merzlotnyie-protsessyi-i-yavleniya/> (Дата обращения: 01.02.2025)
20. Куницкий В.В., Сыромятников И.И., Ширрмейстер Л., Скачков Ю.Б., Гроссез Г., Веттерих С., Григорьев М.Н. Льдистые породы и термоденуация в районе поселка Батагай (Янское плоскогорье, Восточная Сибирь). Криосфера Земли. – 2013. Т. XVII. № 1. С. 56–68.

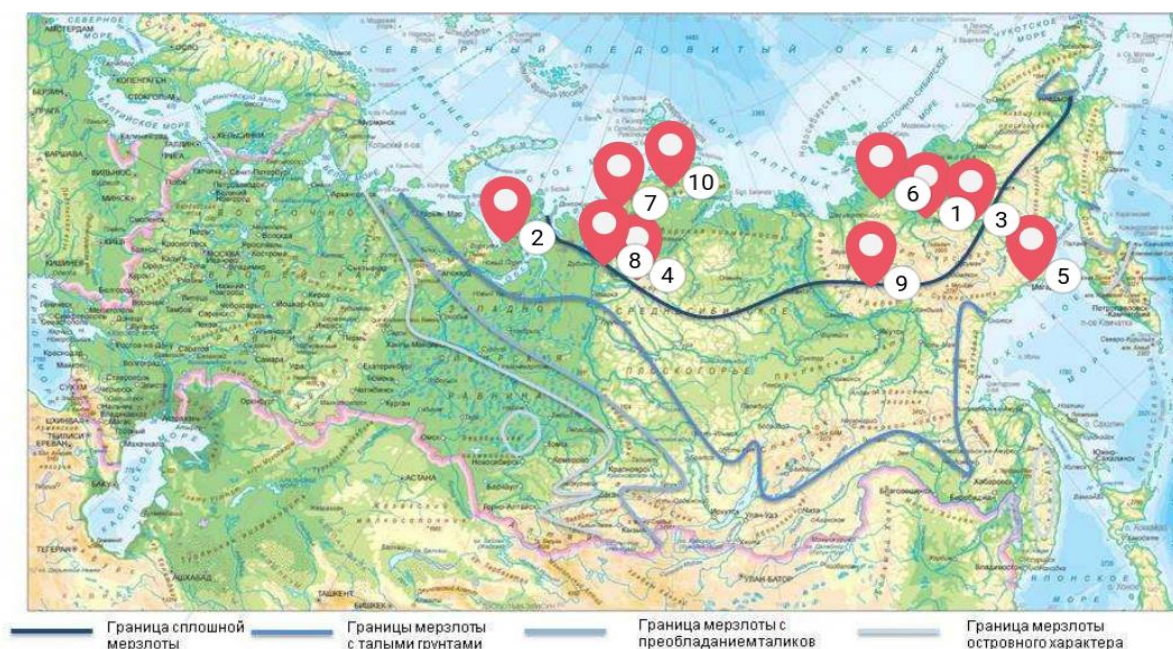
21. Лобода О. В. Цифровизация учета успеваемости обучающихся как фактор повышения качества образовательных услуг // Проблемы управления качеством образования. – 2021. – С. 84-87.
22. Максимальная температура, 1961-1990 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://meteo-tv.ru/rossiya/respublika-sahayakutiya/batagai/weather/climate/> (Дата обращения: 01.03.2024)
23. Медеведков А.А. Климатогенная динамика ландшафтов сибирской тайги в бассейне Среднего Енисея. География и природные ресурсы. – 2018. № 4. С. 122–129.
24. Муртон Дж. Б. Глобальное потепление и термокарст // Почвы вечной мерзлоты. – 2009. – С. 185-203.
25. Моргенстерн А. и др. Развитие термокарста в Восточной Сибири: пример изучения // Геоморфология. – 2013. – Т. 201. – С. 363-379.
26. Невечная мерзлота – карта мерзлоты, новости, аналитика, мониторинг. [Электронный ресурс]. URL: <https://geokrio.ru/about/> (Дата обращения: 22.03.2025)
27. Общее мерзотоведение. М.: Наука. – 1974, 291 с.
28. Пасыева А. И., Шайхлисламов А. Х. Цифровые образовательные ресурсы и дистанционное обучение // Евразийское научное объединение. – 2020. – №. 5-6. – С. 459-461.
29. Пендин, В.В. Мерзотоведение: Учеб. пособие. – М.: МГГРУ. – 2003 – 76 с.
30. Плишкин Т. Г., Лукич В. О. Цифровые технологии в образовании // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2024). – 2024. – С. 157-171.
31. Плюсы и минусы использования современных технологий в образовании. [Электронный ресурс]. URL: <https://industryart.ru/plyusy-i-minusy-ispolzovaniya-sovremennyx-tekhnologij-v-obrazovanii/> (Дата обращения: 15.10.2024)
32. Попов А. И. Криогенные формы рельефа. М. – 1983.

33. Романовский Н.Н. Формирование полигонально-жилых структур. Новосибирск: Наука. – 1977. 215 с.
34. Русское географическое общество. [Электронный ресурс]. URL: <https://rgo.ru/> (Дата обращения: 12.11.2024)
35. Саушкина О. С., Гайсин И. Т. Потенциальные возможности использования геоинформационных технологий для получения предметных образовательных результатов на уроках // Молодежь в поисках разрешения современных экологических вызовов. – 2023. – С. 163-168.
36. Скрыльник Г. П. Термокарст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. – 2018. – №. 11-2. – С. 425-436.
37. Спутниковые карты высокого разрешения. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.etomesto.ru/map-mir/> (Дата обращения: 12.11.2024)
38. Учебник по географии УМК «Полярная звезда» 5-6 класс. М. – 2023.
39. Учебник по географии УМК «Полярная звезда» 8 класс. М. – 2023.
40. Федеральная рабочая программа основного общего образования по географии. М. – 2022.
41. Филобок М. А. Проблемы и перспективы применения дистанционных образовательных технологий обучения географии в общеобразовательных организациях // Социально-экономическая география: теория, методология и практика преподавания. – 2021. – С. 317-322.
42. Фоксфорд Онлайн-школа. [Электронный ресурс]. URL: https://foxford.ru/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (Дата обращения: 22.03.2025)
43. Цифровые образовательные технологии (EdTech). [Электронный ресурс]. URL: <https://sky.pro/wiki/profession/cifrovye-obrazovatelnye-tehnologii-edtech/> (Дата обращения: 26.11.2024)

44. Шишкина Ю. М., Гаттарова Л. Х., Исламов А. Э. Классификация и инструменты современных цифровых технологий в образовании // Актуальные исследования. – 2021. – Т. 47. – №. 74. – С. 136-138.
45. Холкина Г. Ф. Цифровые технологии в образовательном процессе // Учебно-методический материал.–2021.
46. Шипулин В. Д. Основные принципы геоинформационных систем: учебн. пособие. – 2010.
47. Яндекс-карта. [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/maps/> (Дата обращения: 12.11.2024)
48. Williams P. J. An investigation into processes occurring in solifluction // American Journal of Science. – 1959. – Т. 257. – №. 7. – С. 481-490.
49. Goga M., Rosu D. The Integration of New Technologies in the Geography Lessons // Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala. – 2021. – Vol. 13. – No. 1. – Pp. 234-246.
50. Google Планета Земля. [Электронный ресурс]. URL: <https://mapsplatform.google.com/maps-products/earth/capabilities/> (Дата обращения: 12.11.2024)
51. InterUrok. Библиотека видеоуроков. [Электронный ресурс]. URL: <https://606.su/vV4U> (Дата обращения: 22.03.2025)
52. Morgenstern A. et al. Evolution of thermokarst in East Siberian ice-rich permafrost: a case study // Geomorphology. – 2013. – Vol. 201. – Pp. 363-379.
53. Murton J.B. Global Warming and Thermokarst // Permafrost Soils. – 2009. – Pp. 185-203.
54. Qureshi M. I. et al. Digital technologies in education 4.0. Does it enhance the effectiveness of learning? – 2021.
55. Williams P.J. An Investigation Into Processes Occurring In Solifluction // American Journal Of Science. – 1959. – Vol. 257. – Issue 7. – Pages 481-490.

Приложение А

Многолетняя мерзлота России



1



Батагайский кратер

Впадина представляет собой постоянно растущий провал в вечной мерзлоте длиной 1 км и глубиной до 100 м.

Кратер назван по соседней речке Батагайке, правому притоку реки Яны.

2



Ямальский кратер

Округлое углубление на земной поверхности диаметром 20 м и глубиной более 50 м, образовавшееся в период с осени 2013 года по весну 2014 года. Вокруг воронки расположен «бруствер» из выброшенных горных пород. Новообразованная воронка быстро заполнилась водой и уже к осени 2016 года превратилась в озеро. Кратер образовался в результате так называемого газового

3



Термокар

Возник за счет схода криогенного оползня в 2016 году на месте более старого зарастающего термокара

4



Миграционные многолетнемерзлые торфяные бугры пучения

Миграционные бугры пучения образуются в результате миграции внутригрунтовой влаги к фронту промерзания под влиянием градиентов тем-пературы и влажности.

5



Киргильяхский мамонт

Извлечённый из многолетней мерзлоты мамонтёнок Дима. Период жизни по разным оценкам составляет от 13 до 40 тысяч лет назад. Предполагается, что незадолго до своей гибели мамонтёнок поранил ногу, свалился в яму, наполненную водой и грязью, не смог оттуда выбраться, замёрз и утонул. В дальнейшем морозный климат превратил грязь и лёд в естественный консервант. Степень

6



Абыйские львята

На территории Абыйского района Якутии были найдены останки пещерных львят. Этих львят называли Уяном и Диной, по названию реки, на берегу которой их нашли.

Пещерные львы существовали более полумиллиона лет назад, исчезли они еще раньше, чем мамонты. Современные ученые даже

7



Термокарст мыса Сопочная карга

В результате термоденудационных процессов еще в 1980-ых годах в прибрежной части склона возвышенности образовался термокарст, который затем расширился, охватывая все более высокие склоны.

8



Термокарст около Новоананьинска

9



Саблезубая кошка

Замороженные останки нашли в 2020 году в вечной мерзлоте недалеко от реки Бадяриха в Якутии.

Возраст превышает 35 000 лет. Несмотря на древний возраст, образец находится в потрясающем состоянии — сохранились мех, кости и даже внутренние органы.

10



Пятна - медальоны

Пятна-медальоны — это форма рельефа, которая формируется на выровненных территориях, сложенных однородными малольдистыми породами.

Они представляют собой глинистые, лишённые растительности пятна округлой либо неправильной формы размером от полуметра



Играй в режиме онлайн

<https://interacty.me/projects/34ef209d86c612f3>

Согласие
на размещение текста выпускной квалификационной работы
обучающегося в ЭБС КГПУ им. В. П. Астафьева

Я, Воронова Дарья Васильевна, разрешаю КГПУ им. В. П. Астафьева безвозмездно воспроизводить и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объёме и по частям написанную мной в рамках выполнения основной профессиональной образовательной программы выпускную квалификационную работу бакалавра на тему: «Применение цифровых технологий при изучении многолетней мерзлоты России у обучающихся 8 класса» (далее – ВКР) в сети Интернет в ЭБС КГПУ им. В. П. Астафьева, расположенная по адресу <http://elib.kspu.ru>, таким образом, чтобы любое лицо могло получить доступ к ВКР из любого места и в любое время по собственному выбору, в течении всего срока действия исключительного права на ВКР.

Я подтверждаю, что ВКР написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает интеллектуальных прав иных лиц.

18.06.2025
(дата)

В.В. -
(подпись)



АНТИПЛАГИАТ
ОБЛАЧНОЕ ЗАНИМАТЕЛЬСТВО

Отчет предоставлен сервисом
«Антиплагиат» - <http://uzers.antiplagiat.ru>



Отчет о проверке

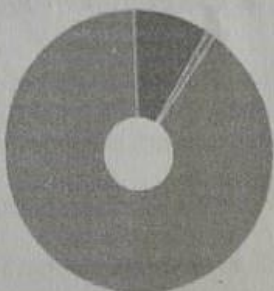
Автор: danvolgova22@mail.ru / ID: 12127677

Название документа: ВКР Воронова мерзлота 2

Проверочный:

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ

Тариф: FULL



Совпадения:
8,98%

Оригинальность:
90,21%

Цитирование:
0,81%

Самодублирование:
0%

1 «Совпадения», «Цитирование», «Самодублирование», «Оригинальность» являются отдельными показателями, отображаются в процентах и в сумме дают 100%, что соответствует проверенному тексту документа.

Старший
Мельничук
И.И. И.И.