

Арктика и Антарктика

Правильная ссылка на статью:

Галкин А.Ф., Жирков А.Ф., Панков В.Ю., Плотников Н.А. Анализ результатов исследований теплового режима природных и техногенных курумов криолитозоны // Арктика и Антарктика. 2024. № 4. DOI: 10.7256/2453-8922.2024.4.71939 EDN: MQQKHP URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=71939

Анализ результатов исследований теплового режима природных и техногенных курумов криолитозоны

Галкин Александр Фёдорович

ORCID: 0000-0002-5924-876X

доктор технических наук



✉ afgalkin@yandex.ru

Жирков Александр Федотович

ORCID: 0000-0001-6721-5338

кандидат технических наук



677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36, ИМЗ СО РАН. Лаборатория геотермии криолитозоны

✉ zhirkov_af@mail.ru

Панков Владимир Юрьевич

кандидат геолого-минералогических наук



доцент, кафедра "Автомобильные дороги и аэродромы", Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

677027, Россия, республика Саха(Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, 58

✉ pankov1956@gmail.ru

Плотников Николай Афанасьевич

ORCID: 0000-0001-6013-931X

аспирант; Институт мерзлотоведения им.П.И.Мельникова СО РАН

677010, Россия, республика Саха(Якутия), г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36

✉ plotnikov-nikolay96@mail.ru

[Статья из рубрики "Природные ресурсы Арктики и Антарктики"](#)**DOI:**

10.7256/2453-8922.2024.4.71939

EDN:

MQQKHP

Дата направления статьи в редакцию:

10-10-2024

Дата публикации:

20-10-2024

Аннотация: Предметом исследований являются природные и техногенные курумы (глыбовые скопления скальных пород). Целью работы был анализ основных литературных источников, в которых опубликованы результаты исследований по формированию теплового режима скальных отвалов (курумов). Ретроспективный период составил более 50 лет. Рассмотрены отечественные и зарубежные источники информации. Выбраны для анализа наиболее представительные, в которых опубликованы результаты исследований, имеющих теоретическую ценность и практическую значимость. Анализ показал, что по многим важным аспектам формирования теплового режима природных и техногенных курумов, все авторы исследований, проведенных в различных регионах и в разные периоды времени, независимо друг от друга, пришли к одинаковым выводам. Это свидетельствует о надежности и объективности полученных результатов. В качестве метода исследований использовался аналитический обзор научных статей, в которых опубликованы материалы исследований по формированию теплового режима как собственно курумов, так и их грунтовых оснований. Рассмотрены курумы зоны многолетней и островной мерзлоты. Выполнен аналитический обзор литературных источников, содержащих теоретические и практические результаты исследований по формированию теплового режима природных и техногенных курумов. Результаты анализа позволяют сделать следующие основные выводы. 1. Любые виды, природных и техногенных курумов приводят к прогрессирующему охлаждению основания, на котором они находятся. 2. При взаимодействии с породным основанием техногенный курум работает как активная тепловая защита, изменяя свое термическое сопротивление в течение годового цикла. 3. При моделировании процесса теплового взаимодействия техногенного курума вполне допустимым является рассмотрение курума как теплозащитного слоя, термическое сопротивление которого зависит от эффективного коэффициента теплопроводности, изменяющего свое значение при изменении знака температуры атмосферного воздуха. На основании анализа результатов опубликованных работ сделаны выводы о возможности ряда упрощений при построении расчетных моделей для прогноза и управления тепловым режимом мерзлых оснований техногенных курумов.

Ключевые слова:

криолитозона, тепловой режим, курумы, анализ, литература, источник, скальные породы, прогноз, моделирование, грунт

Введение. Согласно современной терминологии искусственного интеллекта (ИИ) нейросеть выдает следующее консолидированное объяснение термину «курумы» (в

переводе с тюрского языка «курум» – это камень). «Курумы – это одна из разновидностей россыпей грубообломочного материала в виде каменных плащей и потоков на склонах гор. Распространены в горных районах развития многолетнемерзлых пород и глубокого сезонного промерзания. Курумы – весьма неустойчивые образования, при техногенных воздействиях, как правило, они ускоряют движение». При этом ИИ просит не путать термины «курумы» и «глетчеры», которые тоже являются одной из разновидностей россыпей крупнообломочного материала. «Каменные глетчеры – крупные формы рельефа, представляющие собой скопления сцепленного льдом грубообломочного материала различного генезиса. Скорость движения большинства каменных глетчеров, как правило, колеблется от десятых долей до первых метров в год».

Таким образом, основное отличие заключается в том, что курумы – это россыпи грубообломочного материала, а каменные глетчеры – скопления сцепленного льдом материала. Соответственно, и теплофизические процессы, происходящие в глетчерах и курумах, при взаимодействии с атмосферой будут различаться. Исследованию курумов природного и техногенного происхождения посвящено множество работ отечественных ученых. Недавно (2021) опубликована монография известного геокриолога и гляциолога, профессора В. Р. Алесеева [\[1\]](#), которая обобщает результаты исследований отечественных и зарубежных ученых. Как отмечается в аннотации, «книга посвящена каменным россыпям-развалам, известным под названием "курумы". На вечной мерзлоте курумы образуют своеобразные моря, потоки, реки, площадь которых суммарно измеряется десятками и сотнями квадратных километров. Это плащевидные скопления обломков горных пород, которые медленно движутся вниз по склонам, перемешиваясь и сортируясь под воздействием криогенных процессов. Весной талые снеговые воды "проваливаются" в полости рыхло сложенных горных пород и намерзают в виде так называемого гольцовского льда. Гольцовский лед питает многочисленные подземные ручьи, которые обрабатывают остроугольные камни, превращая их в валуны и гальку. По ним, как по шарикоподшипникам, может "съезжать" крупнообломочный материал, превращаясь в сокрушительные оползни, лавины и сели». Ученый также считает, что курумы представляют не только академический интерес, но и являются недооцененным источником строительных материалов [\[2\]](#). В работах А. И. Тюрина с соавторами [\[3,4,5,6\]](#) рассматриваются вопросы генетической классификации курумов, особенности их строения в разных широтах, а также впервые сделана инженерно-геокриологическая оценка курумов, которые подтверждают эти выводы. Результаты исследований Д. О. Сергеева с соавторами [\[7\]](#) позволяют судить о том, как формируется температурный режим многолетнемерзлых толщ и сезонно талого слоя, в том числе в районах распространения природных курумов, в горах Северного Забайкалья. Интересно отметить, что выводы и терминология ИИ, приведенные в начале статьи, во многом обязаны фундаментальным работам А.П. Горбунова и Э.В. Северского с соавторами, посвященных исследованию горных регионов Казахстана и Средней Азии [\[8,9,10,11\]](#). Результаты исследований криогенного строения и температурного режима крупнообломочных отложений в Северном Тянь-Шане приведены в работах [\[12,13\]](#). Криогипергенез крупнообломочных и скальных пород криолитозоны (на примере Забайкальского региона), исследован в работах профессора Д. М. Шестернева [\[14,15,16\]](#). В работах профессора В. А. Стетюхи приводятся результаты исследований устойчивости оттаивающих откосов техногенных горных массивов, которые являются вариантом техногенных курумов, образованных в результате вскрыши скальных пород при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом [\[17,18,19\]](#). В работах

Э. В. Северского дана качественная и количественная оценка степени опасности основных геокриологических процессов и явлений в горных районах Казахстана. Причем, в районах распространения многолетне- и сезонно мерзлых пород, наряду с солифлюкцией, термокарстом, морозным пучением и трещинообразованием, наледям и гляциальным селям, к ним относятся каменные глетчеры и курумы [\[20,21\]](#).

Все скальные глыбовые массивы (курумы), согласно классификации, приведенной в работе [\[22\]](#), предложено разделить на три категории по генетическим признакам: природные (в инженерной геологии, называемые курумами), техногенные (отвалы горных пород, дорожные насыпи, отсыпанные на скальные и дисперсные массивы, каменные наброски, используемые в строительстве) и природно-техногенные (глыбовые геотехнические сооружения на глыбовых природных основаниях). По расположению относительно поверхности земли глыбовые массивы можно разделить на поверхностные и подземные (формирующиеся в полостях природных (пещеры) и техногенных горных выработок в результате обрушений кровли, вывалов из стен или отбойки пород взрывом). Природный тип глыбовых массивов горных пород представлен скоплениями на склонах и у подножий гор глыбовых и крупных обломков скальных горных пород, образовавшимися в результате различных геотектонических и геоморфологических процессов (каменных глетчеров, курумов, курумо-глетчеров, конусов выноса лавинных и селевых потоков и др.). Они залегают в виде площадных или локальных вытянутых в плане отложений, мощность которых составляет от нескольких десятков сантиметров до нескольких десятков метров [\[23\]](#). Основанием таких массивов служат сплошные массивы скальных пород. В практическом аспекте особый интерес вызывает проблема использования глыбовых массивов горных пород в качестве оснований геотехнических сооружений, в первую очередь нагорных отвалов вскрышных пород на разрабатываемых открытым способом месторождениях полезных ископаемых, а также земляного полотна транспортных коммуникаций в высокогорных районах, в частности Северного Забайкалья.

Цель работы: анализ основных литературных источников, в который опубликованы результаты исследований по формированию теплового режима скальных отвалов (курумов).

Результаты и обсуждение. При анализе теплового баланса поверхностей глыбовых массивов горных пород техногенного и природного образования установлено [\[22,24\]](#), «что наибольшие значения теплообмена характерны в течение всего периода оттаивания для открытых участков склона южной экспозиции. Это, в свою очередь, в достаточной мере объясняет максимальную мощность СТС 2,3–2,5 м на таких элементах рельефа. С изменением экспозиции и характера поверхности глыбового массива величины теплового баланса также изменяются – значительно уменьшаются, что приводит к сокращению СТС до 2,2 м на открытом участке рельефа северной экспозиции и 0,9–1,6 м на участках, покрытых растительностью». Особенности теплопереноса в глыбовом массиве горных пород связаны с изменениями величины суммарной солнечной радиации, которая, уменьшаясь осенью, приводит к уменьшению теплового потока, а также с изменениями структуры теплового баланса: затраты тепла на испарение по сравнению с летним циклом увеличиваются вслед за увеличением влажности, что еще больше сокращает величины теплового потока. Сокращение величин теплового потока не может вызывать увеличение глубины оттаивания [\[24\]](#).

Экспериментальным и теоретическим исследования теплового режима природных курумов посвящены работы сотрудников Института мерзлотоведения им. П.И.Мельникова

СО РАН [25,26,27,28] Эксперименты проводились на участке типичном для гольцовского пояса Колымского нагорья, который сложен крутыми глыбово-щебнистыми осыпями, практически полностью лишенными растительного покрова. Средняя мощность СТС составляет 1,2 м, диаметр обломков в нем варьирует в основном от 4 до 20 см при среднем значении 10 см и пористости грунта 0,35. На глубинах, примерно совпадающих с подошвой СТС, состав отложений резко меняется за счет заполнения пор крупнообломочного скелета песчано-супесчаным материалом. В результате натурных исследований установлен важный результат, имеющий прикладное значение. В частности, отмечается, что при расчете теплового режима курумов целесообразно использовать понятие эффективного коэффициента теплопроводности. С использованием данных натурных наблюдений получено, что эффективная теплопроводность грунтов на экспериментальном участке не превышает 1,0 Вт/(м·К).

Близкие к этому значению данные приводятся и в работе [29] (1,0-1,2 Вт/м·К), где обобщены результаты более чем сорокалетних исследований техногенных курумов, проведенных ОАО ЦНИИС [29-33] с целью изучения их эффективности при строительстве Байкало-Амурской магистрали. При этом были получены результаты, имеющие как научную, так и практическую значимость. В частности, выявлена сущность работы каменной наброски, характеризующаяся летним и зимним охлаждающим влиянием на грунты основания и определены основные характеристики происходящих тепловых процессов в различные периоды года. Выявлены основные закономерности влияния на температурный режим подстилающих грунтов свойств наброски: геометрических размеров каменной отсыпки; ориентации в пространстве (величины наклона, характера расположения по отношению к инженерному сооружению, степени врезки в основной массив земполотна и др.); суточных, месячных, сезонных колебаний температуры наружного воздуха; солнечной радиации, осадков, ветра; толщины снежного покрова; гранулометрического состава наброски (крупность камня, наличие нетипичных включений и т.п.). Эти результаты исследований являются, пожалуй, наиболее полными и комплексными, из имеющихся данных в литературе. Обобщивший эти результаты Г.П. Минайлов [29], отмечает, что с использованием скальных набросок, примененных в качестве основного мероприятия по консервации мерзлоты в основании земляного полотна и конусов мостов на трассах БАМ и АЯМ, построено и длительное время (15-20 лет) успешно эксплуатируется более 250 объектов. Материалы многолетних комплексных натурных и теоретических исследований использованы при составлении 15 нормативно-рекомендательных документов [30,31,32]. Для целей настоящей работы имеют, прежде всего, следующие результаты, полученные ОАО ЦНИИС. «Установлено, что охлаждающее влияние каменной наброски на подстилающие грунты оснований складывается из двух составляющих: охлаждающих влияний в летний и в зимний период. В летний период наброска является теплоизоляционным слоем, препятствующим поступлению тепла к поверхности сооружения, а за счет конвекции при суточных колебаниях температуры наружного воздуха сводит на нет отепляющее влияние солнечной радиации. В зимний период наброска снижает отепляющее влияние снежного покрова за счет частичного или полного его «разрыва»; за счет конвекции воздуха (из-за разности температур наружного воздуха и подстилающего грунта) полностью нивелирует отепляющее влияние материала наброски. В связи с этим в зимний период наброску нельзя рассматривать отдельно без взаимосвязи со снежным покровом».

Большое внимание вопросам изучения процессов формирования теплового режима в естественных и техногенных глыбовых массивах уделялось в Читинском институте природных ресурсов [22,24,34,35,36]. Исследовались техногенные глыбовые массивы

горных пород в природно-климатических условиях горных регионов Субарктики на территории Северного Забайкалья. Проводились, как натурные исследования на техногенных отвалах Удоканского месторождения, так теоретические исследования на основе математического моделирования процессов тепло- и массопереноса в глыбовых массивах различной природы. В некотором роде, обобщающей результаты многолетних исследований работой, является статья известного геокриолога И.И. Железняка [36]. Автор подробно рассматривает механизм переноса тепла в глыбовом массиве и сопоставляет теоретические результаты с результатами практических натурных исследований, отмечая их качественные и количественные особенности. В частности, подчеркивается (важная для нашего случая), и уже ранее отмечавшаяся в трудах Г.П. Минайлова [29,33,34] сезонность уровня теплообмена в каменной наброске небольшой мощности (0,3-0,7м), которая оказалась характерной и для крупнообломочных массивов высотой до 20 метров. Суть заключается в следующем. Когда температура в верхней части глыбового массива (в зимний период) ниже, чем на некоторой глубине от поверхности, то работает конвективный механизм передачи энергии от нижних слоев массива к верхним. В остальное время, когда температура у поверхности выше, чем на глубине (летний период) механизм конвективного теплообмена не действует. Прогрев обломков (кусков породы) осуществляется только за счет кондуктивной составляющей теплообмена (теплопроводности пород). Скорость переноса энергии при этом виде теплообмена в несколько раз ниже. Поэтому прогрев массива осуществляется менее интенсивно, чем охлаждение при том же температурном градиенте между породными слоями. Автор отмечает, что «в течение многолетних циклов происходит дополнительное охлаждение подстилающих поверхностей и накопление холода под глыбовыми отложениями естественной и техногенной природы, что обеспечивает формирование под ними мерзлой толщи пород». Это фундаментальное научное положение полностью подтверждается многочисленными комплексными исследованиями эффективности каменных набросок различного типа (техногенных курумов), проведенных китайскими учеными с целью обоснования новых способов и средств повышения безопасности эксплуатации железных дорог в зоне многолетней и островной мерзлоты [37-46]. Их выводы полностью совпадают с результатами исследований отечественных мерзлотоведов. В частности, в работах [37,38,39,40] отмечается долговременный охлаждающий эффект насыпи из крупного щебня (до 0,2 м) для сохранения мерзлого состояния дорожного основания. Авторы, на основании экспериментальных и лабораторных исследований утверждают, что «вентилируемая щебеночная насыпь может эффективно снизить температуру вечной мерзлоты под ней, увеличивая толщу вечной мерзлоты под насыпью, обеспечивая долгосрочную стабильность вечной мерзлоты под насыпью». Кроме того, теоретические расчеты показывают, что «учитывая значительное возможное повышение температуры воздуха, для обеспечения стабильности вечной мерзлоты и нормального функционирования транспортной инфраструктуры рекомендуется использовать такую насыпь для дорог в районах вечной мерзлоты». То есть, ожидаемое в научном мире глобальное потепление не окажет влияния на устойчивость оснований, закрытых каменной вентилируемой наброской. Этот вывод вполне подходит и для оснований отвалов. Накопленный в Китае положительный опыт, защиты основанный в криолитозоне, доказывает эффективность использования техногенных курумов в строительной отрасли. Все исследователи отмечают, например, что «существующие полевые испытания и практическое инженерное применение показывают, что насыпь из щебня может обеспечить наилучший охлаждающий эффект основания».

Анализируя опубликованные в нашей стране и за рубежом результаты исследований

можно сделать один обобщающий вывод. В научном сообществе геокриологов и инженеров практиков сложилось твердое мнение (основанное на результатах многолетних комплексных: теоретических, экспериментальных и натурных исследований и опыте практического использования) о том, что любые виды, природных и техногенных курумов (в том числе отвалы скальных пород), приводят к прогрессирующему охлаждению основания, на котором они находятся. Независимо от вида происхождения и геометрических размеров курумов. Это авторитетное мнение является основанием для дальнейших конкретных прогнозных расчетов по формированию теплового режима отвалов скальных пород. В частности, нет необходимости в расчетах многолетних температурных циклов при формировании теплового режима оснований отвала. Достаточно провести расчет первого цикла «промерзание-оттаивание». В последующем, как следует из опыта (если не произойдет растепления массива в первом цикле), будет происходить только дополнительное охлаждение массива. Хотя темп охлаждения с каждым циклом будет ниже из-за дополнительного наращивания высоты отвала, но это не имеет принципиального значения. Важно, что растепления породного основания отвала происходить не будет. И наличие барьера целика из мерзлых пород в течение длительного периода сомнению не подвергается.

Заключение. Выполнен аналитический обзор литературных источников, содержащих теоретические и практические результаты исследований по формированию теплового режима природных и техногенных курумов. Результаты анализа позволяют сделать следующие основные выводы. 1. В научном сообществе геокриологов сложилось твердое мнение (основанное на результатах многолетних комплексных: теоретических, экспериментальных и натурных исследований) о том, что любые виды, природных и техногенных курумов (в том числе отвалы скальных пород), приводят к прогрессирующему охлаждению основания, на котором они находятся. Независимо от вида происхождения и геометрических размеров курумов и слагающих их породных отдельностей (кусков, глыб). 2. При взаимодействии с породным основанием техногенный курum работает как активная тепловая защита, изменяя свое термическое сопротивление в течение годового цикла. Это позволяет успешно использовать техногенные курумы для сохранения мерзлого состояния инженерных сооружений различного назначения в криолитозоне, не прибегая к активным способам охлаждения горных пород. 3. При моделировании процесса теплового взаимодействия техногенного курума вполне допустимым, подтвержденным результатами многолетних экспериментальных исследований и натурных наблюдений и их сравнением с теоретическими расчетами, является рассмотрение курума как теплозащитного слоя, термическое сопротивление которого зависит от эффективного коэффициента теплопроводности, изменяющего свое значение при изменении знака температуры атмосферного воздуха.

Работа выполнена по государственному заданию по теме: «Тепловое поле и криогенная толща Северо-Востока России. Особенности формирования и динамика» (№ 122011800062-5).

Библиография

1. Алексеев В.Р. Курумы – феномен криосферы. Новосибирск: Гео. 2021. 347с.
2. Алексеев В.Р. Курумы-криогенный строительный материал (состояние изученности, задачи исследований). В книге: Материалы XI Международного симпозиума по проблемам инженерного мерзлотоведения. 2017. С. 191-192.
3. Тюрин А.И. Генетическая классификация курумов // Вестник Московского университета. Серия геологическая. 1979. № 3. С.77.

4. Тюрин А.И., Полтев Н.Ф. Особенности строения курумов Южной Якутии // Мерзлотные исследования. М.: Изд-во Моск. университета, 1979. № 18. С.119-128.
5. Тюрин А.И. Инженерно-геокриологическая оценка курумов // Мерзлотные исследования, 1983. Вып. XXI, МГУ. С. 123-130.
6. Романовский Н.Н., Тюрин А.И. Фациальные особенности курумов Южной Якутии и Северного Забайкалья//Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 1979. № 4. С. 59.
7. Сергеев Д.О., Ухова Ю.А., Станиловская Ю.В., Романовский В.Е. Температурный режим многолетнемерзлых толщ и сезонно талого слоя в горах Северного Забайкалья (возобновление стационарных наблюдений)// Криосфера Земли, 2007. Т. XI, № 2. С. 19-26.
8. Горбунов А.П. Каменные глетчеры Заилийского Алатау // Криогенные явления Казахстана и Средней Азии. Якутск, 1979. С. 5-34.
9. Горбунов А.П., Северский Э.В. Криогенные реликты голоцена на территории Казахстана//Вопросы географии и геоэкологии. 2016. № 4. С. 20-31
10. Горбунов А.П., Титков С.Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. Якутск, 1989, 164 с.
11. Горбунов А.П., Титков С.Н. Земляные глетчеры и криогенные покровы в высоких горах Азии // ГеоРиск. 2018. № 1. С. 34-42.
12. Горбунов А.П., Немов А.Е. К исследованию температур рыхлообломочных толщ высокогорного Тянь-Шаня. // Криогенные явления высокогорий. Новосибирск, Наука, 1978. С. 92-99.
13. Горбунов А.П., Северский Э.В. Температурный режим и криогенное строение крупнообломочных отложений в Северном Тянь-Шане // Проблемы геометеорологии и аккумуляции земного холода. 1990. С. 54-58.
14. Шестернев Д.М. Криогенные процессы Забайкалья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 262 с.
15. Шестернев Д.М., Шестернев Д.Д. Пучение крупнообломочных пород Читино-Ингодинской впадины в связи с потеплением климата // Криосфера Земли. 2007. Том XI, № 4. С. 80-92.
16. Шестернев Д. М. Криогипергенез крупнообломочных и скальных пород криолитозоны. Якутск: Изд-во Института мерзлотоведения СО РАН, 1997. 120 с.
17. Стетюха В.А. Исследование устойчивости оттаивающих откосов техногенных горных массивов//Горный информационно-аналитический бюллетень. 2002. № 7. С. 206-208.
18. Стетюха В.А. Совершенствование моделей переноса тепла и влаги при оценке воздействий горного производства на породы в условиях Южного Забайкалья// Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ. Выпуск № 10, 2004. С. 71-74.
19. Стетюха В.А. Влияние насыпей на перемещение верхней границы многолетнемерзлых пород// В сб.: Актуальные вопросы строительства и эксплуатации зданий и сооружений в суровых условиях. Чита, 2020. С. 68-72.
20. Северский Э.В. Геокриологические опасности гор Казахстана // География и водные ресурсы. 2012. № 1. С. 45-51.
21. Северский Э.В. Курумы Тянь-Шаня // Криосфера Земли. 1998. Т. II, № 2. С. 33-37.
22. Железняк И. И., Мальчикова И. Ю. Исследование льдообразования в глыбовых массивах горных пород криолитозоны Северного Забайкалья // Известия УГГУ. 2016. Вып. 3(43). С. 64-66. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-3-64-66
23. Романовский Н. Н., Тюрин А. И., Сергеев Д. О. Курумы гольцовского пояса гор. Новосибирск: Наука. 1989. 148 с.
24. Мальчикова И. Ю. Конвективный тепломассообмен в пустотах-полостях природных геосистем// Материалы IV Минского Междунар. форума по тепло-и массообмену. Минск,

2000. Т. 1. С. 55-58.
25. Банцекина Т.В., Михайлов В.М. К оценке роли внутригрунтовой конденсации водяных паров в формировании теплового и водного режимов крупнообломочных склоновых отложений// Криосфера Земли. 2009. Т. 13. № 1. С. 40-45.
26. Михайлов В.М., Банцекина Т.В., Ушаков М.В. Исследования термических характеристик рассредоточенного притока в горные реки криолитозоны //Криосфера Земли. 2007. Т. 11. № 4. С. 57-64.
27. Банцекина Т.В. Температурный режим и динамика льдистости крупнообломочных склоновых отложений без заполнителя в весенне-летнее время (на примере руч. Контактовый)// Колыма, 2002, № 4. С. 9-13.
28. Банцекина Т.В. Особенности гидротермического режима слоя сезонного протаивания крупнообломочных склоновых отложений в весенне-летний период (на примере Верхнеколымского нагорья)// Автореф. дис. канд. геогр. наук. Якутск, 2003, 23 с.
29. Минайлов Г.П. Способы понижения температуры вечномерзлых грунтов на железных и автомобильных дорогах путем применения каменной наброски//Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, ОАО ЦНИИС, 2003. 37 с.
30. Минайлов Г.П. Математическое моделирование процессов теплообмена в массивах, содержащих каменную наброску // В сб.: Труды ЦНИИС, вып. 213. М., 2002. С. 122-130.
31. Минайлов Г.П., Дубнов Ю.Д., Перетрухин В.А. и др. Методические рекомендации по проектированию земляного полотна железных дорог на пучинистых грунтах в суровых климатических условиях. ЦНИИС Минтрансстроя, М., 1986. 75 с.
32. Минайлов Г.П., Юсупов С.Н. Стабилизация насыпей на вечномерзлых грунтах// Путевое хозяйство. 2001. № 5. С. 32.
33. Минайлов Г.П., Миронов В.А., Юсупов С.Н. Опыт применения на Байкало-Амурской и Амуро-Якутской ж.д. магистралях конструкций земляного полотна, работающих в тепловом отношении по принципу самохлаждающихся систем // В сб. докладов: Комплексные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железных дорог в условиях Крайнего Севера. Том I. Хабаровск, 1997. С. 99-102.
34. Железняк И. И., Холодовский С. Е. Природа и модель распространения температурных волн в курумах // Ученые записки ЗабГУ. 2015. № 3 (62). С. 44-47.
35. Сенук Д.П., Железняк И.И., Долгов В.Н. Особенности теплопереноса в крупнообломочных породах. Проблемы горного производства Восточной Сибири. Новосибирск: Наука. 1991. С. 58-64.
36. Железняк И. И. Глыбовый массив горных пород: исследование и моделирование криогенного теплопереноса // Вестник ЗабГУ. 2015. № 11 (126). С. 23-29.
37. D. Li, K. Zhang, G. Tong, F. Ming and X. Huang. Analysis on Cooling Effect of Crushed-Rocks Embankment of Qinghai-Tibet High-Grade Road. Modeling and Simulation in Engineering. Vol. 2015, Article ID 384304, 8 pages. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1155/2015/384304>
38. W. Ma, J. Qi, and Q. Wu. Analysis of the deformation of embankments on the Qinghai-Tibet railway. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 134, no.11, pp. 1645–1654, 2008.
39. B. Sun, W. Ma, and D.Q. Li. Ground temperature characteristics of block stone embankment and traditional embankment at Beiluhe along Qinghai-Tibet Railway. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, vol. 30, no. 2, pp. 303–308, 2008.
40. Y. Lai, L. Zhang, S.Zhang and L. Mi. Cooling effect of ripped stone embankments on Qing-Tibet railway under climatic warming. Chinese Science Bulletin, vol. 48, no. 6, pp. 598–604, 2003.
41. G.Y. Li,N.Li ,and J.M.Kan. Studyon cooling mechanism of embankment with crushed-

- stone side-slope along QinghaiTibet railway in permafrost region. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, vol. 26, no. 1, pp. 3161–3169, 2007.
42. M.Zhang,Y.Lai,Z.Liu, and Z.Gao. Temperature characteristic nonlinear analysis for new-type embankment structures for Qinghai-Tibetan railway under climatic warming. China Civil Engineering Journal, vol. 39, no. 2, pp. 93–101, 2006.
43. B.X. Sun, X.Z. Xu, Y.M. Lai, S.J. Wang, and J.Z. Zhang. Impact of ballast grain sizes on natural convection cooling effect of embankment in permafrost regions. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, vol. 26, no. 6, pp. 809–814, 2004.
44. W. B. Yu, Y. M. Lai, X. F. Zhang, S. Zhang, and J. Xiao. Laboratory investigation on cooling effect of coarse rock layer . Modeling and Simulation in Engineering and fine rock layer in permafrost regions. Cold Regions Science and Technology, vol. 38, no. 1, pp. 31–42, 2004.
45. S. He, M.Y. Zhang, Y. Zhang, Z.H. Gao, and L. Jin. Laboratory investigation on cooling characteristics of open block-stone revetment in permafrost regions. Journal of the China Railway Society, vol. 30, no. 4, pp. 54–58, 2008.
46. Z. Sun, W. Ma, and D.Q. Li. Study of adjusting temperature effect of rippled-rock in-situ. Rock and Soil Mechanics, vol. 27, no. 11, pp.2001–2004, 2006.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Курумы – феномен криосферы. Они образуются в суровых климатических условиях многолетней мерзлоты в горных районах и на плоскогорьях. В России они покрывают обширные площади на Северном Урале, в Восточной Сибири, Саянах, Забайкалье, на Алтае и Дальнем Востоке. Курумы могут срезать почвенный покров, уничтожать растительность, изменять условия обитания животных и гидрологический режим, осложнить строительство и эксплуатацию дорог и других коммуникаций.

Предметом исследования в данной работе является анализ теплового режима поверхностей глыбовых массивов горных пород (курумов) техногенного и природного образования.

Методология исследования заключается в научном анализе литературных источников, содержащих теоретические и практические результаты многолетних экспериментальных, натурных исследований и опыте практического использования курумов в криолитозоне.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Тепловое поле и криогенная толща Северо-Востока России. Особенности формирования и динамика» (№ 122011800062-5).

Актуальность исследований заключается в необходимости всестороннего изучения вопросов использования глыбовых массивов горных пород в качестве оснований геотехнических сооружений, в первую очередь нагорных отвалов вскрышных пород на разрабатываемых открытым способом месторождениях полезных ископаемых, а также использования земляного полотна транспортных коммуникаций в высокогорных районах, в частности Северного Забайкалья.

В связи с этим, целью данной научной статьи является анализ основных литературных источников, в которых опубликованы результаты исследований по формированию теплового режима скальных отвалов (курумов).

Научная новизна заключается в том, что автором доказано, что природные и техногенные курумы (в том числе отвалы скальных пород), приводят к прогрессирующему охлаждению основания, на котором они находятся в криолитозоне.

Это происходит независимо от вида происхождения, геометрических размеров курумов и слагающих их породных отдельностей (кусков, глыб).

Стиль статьи - научный, представляющий собой аналитический обзор имеющихся результатов исследований по изучаемой теме, обобщение и формулирование выводов. Структура статьи включает в себя разделы: введение, результаты и обсуждение, заключение, библиография. Содержание научной статьи полностью раскрывает ее тему, выводы доказательны и обоснованы. Текст написан грамотно, однако имеются опечатки (по склонению окончаний) и лишние знаки препинания. Требуется незначительная корректировка текста.

Библиография статьи обширная, включает в себя 25 литературных источников, в том числе – 10 на иностранном языке. В тексте имеются корректные ссылки на используемые литературные источники.

Выводы в статье достаточно аргументированы и обоснованы. Рецензируемая работа бесспорно имеет практическую значимость, так как при взаимодействии с породным основанием техногенный курум работает как активная тепловая защита, изменяя свое термическое сопротивление в течение годового цикла. Это на практике позволяет успешно использовать техногенные курумы для сохранения мерзлого состояния инженерных сооружений различного назначения в криолитозоне, не прибегая к активным способам охлаждения горных пород.

Апелляция к оппонентам состоит в ссылках на использованные литературные источники. Рецензируемая статья несомненно будет интересна и полезна практикам для внедрения, а также студентам и аспирантам, обучающимся по направлению 1.6.7. «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

Данная статья заслуживает внимания научного сообщества, рекомендуется к опубликованию в журнале «Арктика и Антарктика».

Результаты процедуры повторного рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предмет исследования являются, по мнению автора, анализ результатов исследований теплового режима природных и техногенных курумов криолитозоны на основе анализа основных литературных источников, в который опубликованы результаты исследований по формированию теплового режима скальных отвалов (курумов).

Методология исследования, в статье указаны как анализ основных литературных источников по результатам исследований по формированию теплового режима скальных отвалов (курумов).

Актуальность затронутой темы безусловна и состоит в получении информации о сложившемся в научном сообществе геокриологов твердом мнении, основанном на результатах многолетних комплексных: теоретических, экспериментальных и натурных исследований о том, что любые виды, природных и техногенных курумов (в том числе отвалы скальных пород), приводят к прогрессирующему охлаждению основания, на котором они находятся. Независимо от вида происхождения и геометрических размеров курумов и слагающих их породных отдельностей (кусков, глыб). 2. При взаимодействии с породным основанием техногенный курум работает как активная тепловая защита, изменяя свое термическое сопротивление в течение годового цикла. Это позволяет успешно использовать техногенные курумы для сохранения мерзлого состояния инженерных сооружений различного назначения в криолитозоне, не прибегая к активным способам охлаждения горных пород. 3. При моделировании процесса

теплового взаимодействия техногенного курума вполне допустимым, подтвержденным результатами многолетних экспериментальных исследований и натурных наблюдений и их сравнением с теоретическими расчетами, является рассмотрение курума как теплозащитного слоя, термическое сопротивление которого зависит от эффективного коэффициента теплопроводности, изменяющего свое значение при изменении знака температуры атмосферного воздуха.

Научная новизна заключается в попытке автора статьи на основе проведенных исследований представить выполненный аналитический обзор литературных источников, содержащих теоретические и практические результаты исследований по формированию теплового режима природных и техногенных курумов.

Стиль, структура, содержание стиль изложения результатов достаточно научный. Статья не содержит иллюстративный материал. Статья есть большой объём повторов, в честность: «В научном сообществе геокриологов и инженеров практиков сложилось твердое мнение (основанное на результатах многолетних комплексных: теоретических, экспериментальных и натурных исследований и опыте практического использования)...» и в Заключение. Выполнен аналитический обзор литературных источников, содержащих теоретические и практические результаты исследований по формированию теплового режима природных и техногенных курумов. Результаты анализа позволяют сделать следующие основные выводы. 1. В научном сообществе геокриологов сложилось твердое мнение (основанное на результатах многолетних комплексных: теоретических, экспериментальных и натурных исследований) о том, что любые виды, природных и техногенных курумов (в том числе отвалы скальных пород), приводят к прогрессирующему охлаждению основания, на котором они находятся.»

Библиография весьма исчерпывающая для постановки рассматриваемого вопроса, но не содержит ссылки на нормативно-правовые акты и методические рекомендации по геохимическому анализу особенности грунтов.

Апелляция к оппонентам представлена в выявлении проблемы на уровне имеющейся информации, полученной автором в результате анализа.

Выводы, интерес читательской аудитории в выводах есть обобщения, позволившие применить полученные результаты. Целевая группа потребителей информации в статье не указана.