

БУГРЫ ПУЧЕНИЯ

.....

.....

Введение

Формирование бугров пучения — это один из самых опасных процессов для длительно существующих линейных сооружений: дорог, взлетных полос аэродромов, нефте- и газопроводов и др. В настоящее время на 70% территории России, которые занимает криолитозона, нет ни одного протяженного линейного сооружения, которое не подвергалось бы воздействию морозного пучения. Это особенно важно в условиях наблюдающейся в последние годы активизации промышленно-гражданского строительства на данной территории.

Актуальность данной работы заключается в исследовании зон, на которых располагаются и формируются бугры пучения, выявлении и прогнозировании образования бугров пучения. Это особенно важно в условиях наблюдающейся в последние годы активизации промышленно-гражданского строительства на данной территории.

Целью работы является исследование возможности определения возникновения бугров пучения, изучение территорий с большой локацией исследуемых форм рельефа.

В соответствии с целью в работе поставлены следующие **основные задачи** исследования:

- изучить виды бугров пучения, их развитие и формирование;
- проследить распространение бугров пучения на территории России и выявить территории с наибольшей локализацией данных форм рельефа;
- изучить влияние бугров пучения на хозяйственную деятельность, прогнозировать образование бугров пучения на строящихся объектах.

Бугры пучения

Бугры пучения, или пинго, или булгунняхи (от якутского «холм, вершина, курган») — это положительные формы криогенного (мерзлотного) рельефа. Они возникают в многочисленных участках на Севере, где распространены многолетнемерзлые породы: в Северной Америке (примерно 3500 бугров), России (более 6000), Скандинавии, Гренландии, Шпицбергене, Монголии, Тибете. Уровень бугров колеблется в пределах от 1 до 50 м и выше, диаметр — от нескольких метров до сотен метров. Бугры пучения формируются при промерзании очень увлажненных грунтов или же водоносных дисперсных пород в результате увеличения их объема. Бугры пучения подразделяются на однолетние и многолетние.

Формирование бугров пучения (в особенности однолетних), порождает деформации и значительно затрудняет сооружение и использование линейных сооружений (дорог, газо- и нефтепроводов), строений, буровых вышек и др., особенно в обстоятельствах равнин, как при обустройстве нефте- и газовых месторождений Северо-Западной Сибири. Меры борьбы с буграми пучения бывают пассивные (перенесение сооружений с зон формирования бугров пучения) и активные. Активные включают в себя дренаж водоносных пород сезонно-талого слоя и таликов, основание грубозернистых подушек-прерывателей в полотне дорог и под строениями, не допускающих перемещение влаги к фронту промерзания, сегрегационное льдообразование и другое.

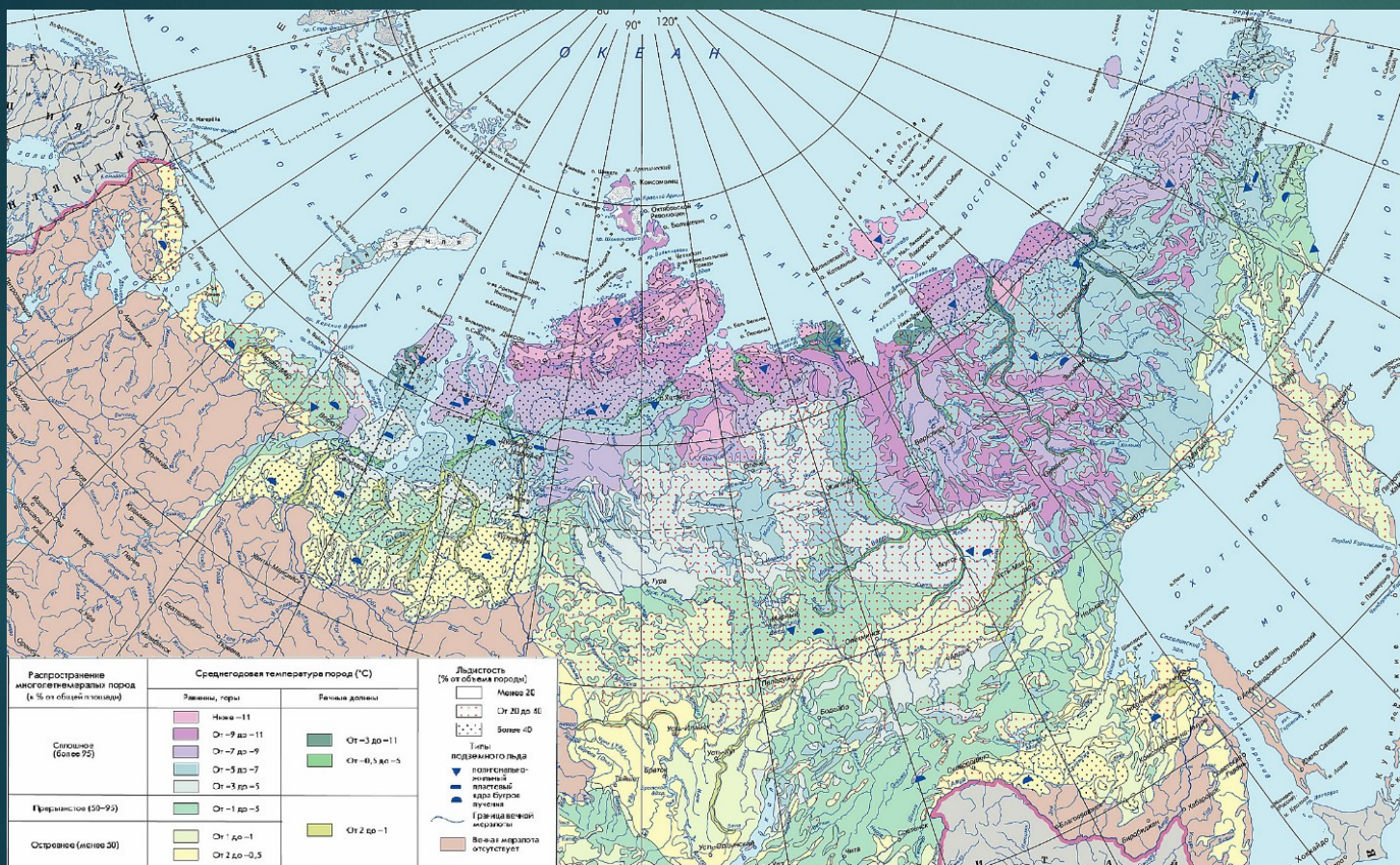
Основные локации бугров пучения на территории России



В России, в основном, бугры пучения распространены ближе к южной границе зоны вечной мерзлоты, в природных зонах тундры, лесотундры и тайги.

Физико- географическое описание

районов распространения



Распространение многолетнемерзлых пород

Вечная мерзлота занимает 65% территории России. По географическому положению она подразделяется на субэдральную, субгляциальную и шельфовую. Сплошная мерзлота распространена в северной части Большеземельской тундры, на Полярном Урале, в тундре Западной Сибири, в северной части Среднесибирского плоскогорья, на полуострове Таймыр, архипелаге Северная Земля, на Новосибирских островах, Яно-Индигоирской и Колымской низменностях, в дельте реки Лена, на Центральноякутской равнине, Приленском плато и в областях Верхоянского и Черского хребтов, Колымского нагорья, Анадырского плоскогорья, а также на Юкагирском плоскогорье и Анадырской низменности. Мощность толщ многолетнемерзлых пород меняется от 300 м до 500 м и выше, в горах — до 1500 м; температура — от -2°C до -10°C и ниже. Талые породы в зоне сплошной мерзлоты залегают лишь в руслах больших рек и под крупными озерами. К югу от этой зоны талые породы чередуются с мерзлыми.

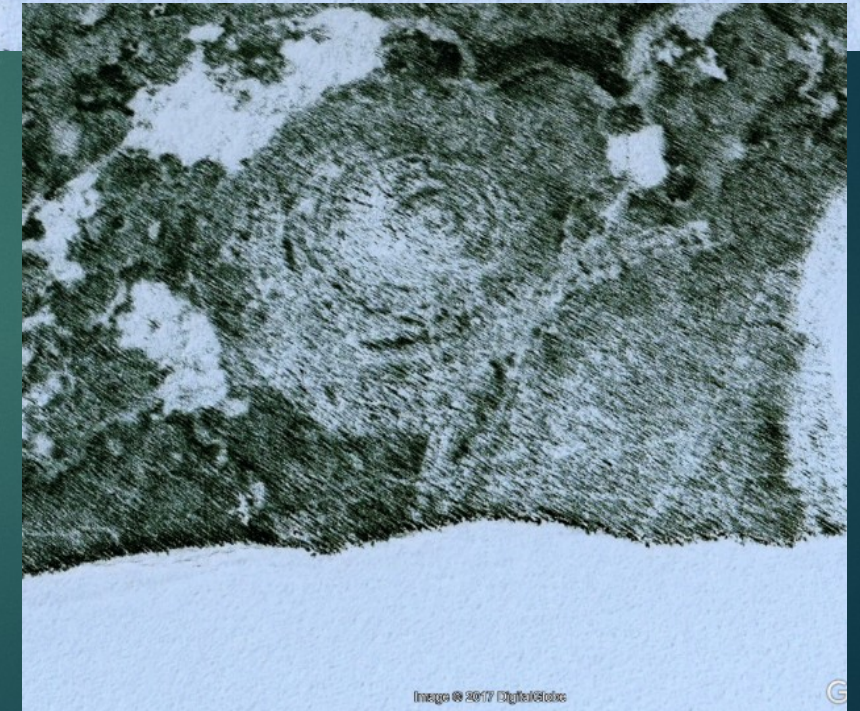
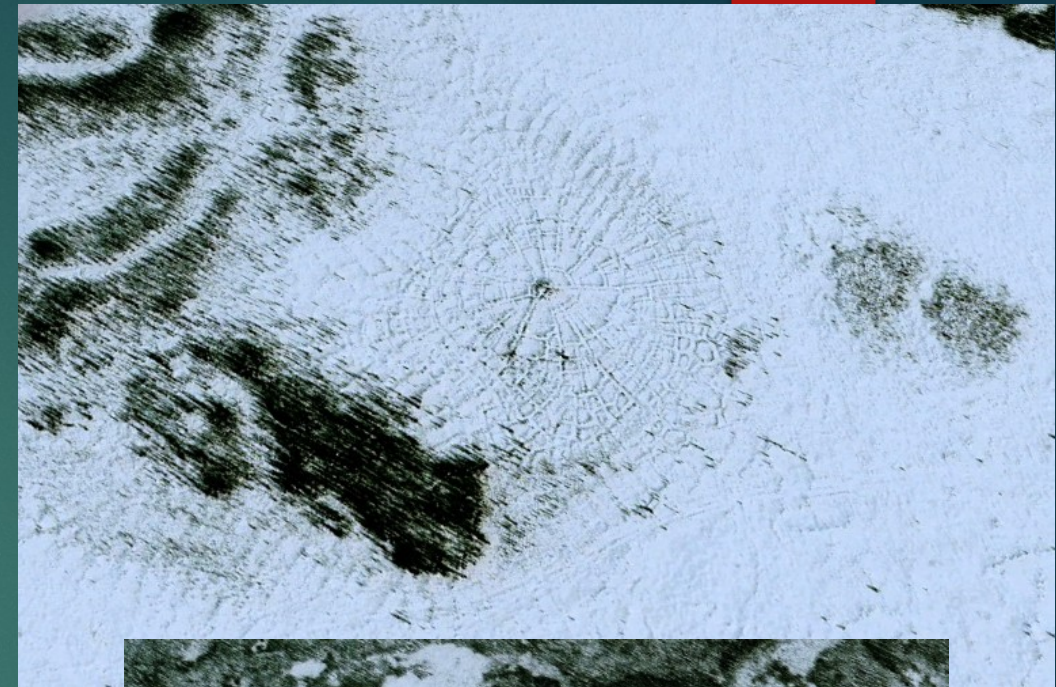
Бугры пучения летом



Виды бугров пучения

Бугры пучения можно объединить в четыре группы: бугры пучения - тебелеры, бугры пучения с мерзлотными ядрами, бугры пучения - гидролакколиты, бугры пучения - туфуры.

Бугры отличаются внешними признаками, особенностями возникновения и распространения: наиболее крупные выделяются среди относительно ровного рельефа куполообразной формы высотой от 1-1,2 до 3-5 м, редко 8-10 м; цепочкой тянущиеся тебелеры встречаются по долине р. Кокури, это бугры - останцы среди термокарстовых озер высотой от 0,5 до 5,5 м.



Механизмы формирования, черты строения и климатические условия образования

В соответствии с доминирующим механизмом образования различают три генетических группы бугров пучения:

- сегрегационные, которые иногда называют миграционными;
- инъекционные, или интрузивные, и
- инъекционно-сегрегационные[2].

Высота бугров пучения составляет от долей метра до 80 метров, а диаметр основания — от нескольких метров до километров. Бугры пучения каждой генетической группы неодинаковы по времени существования, строению, форме в плане и высоте.

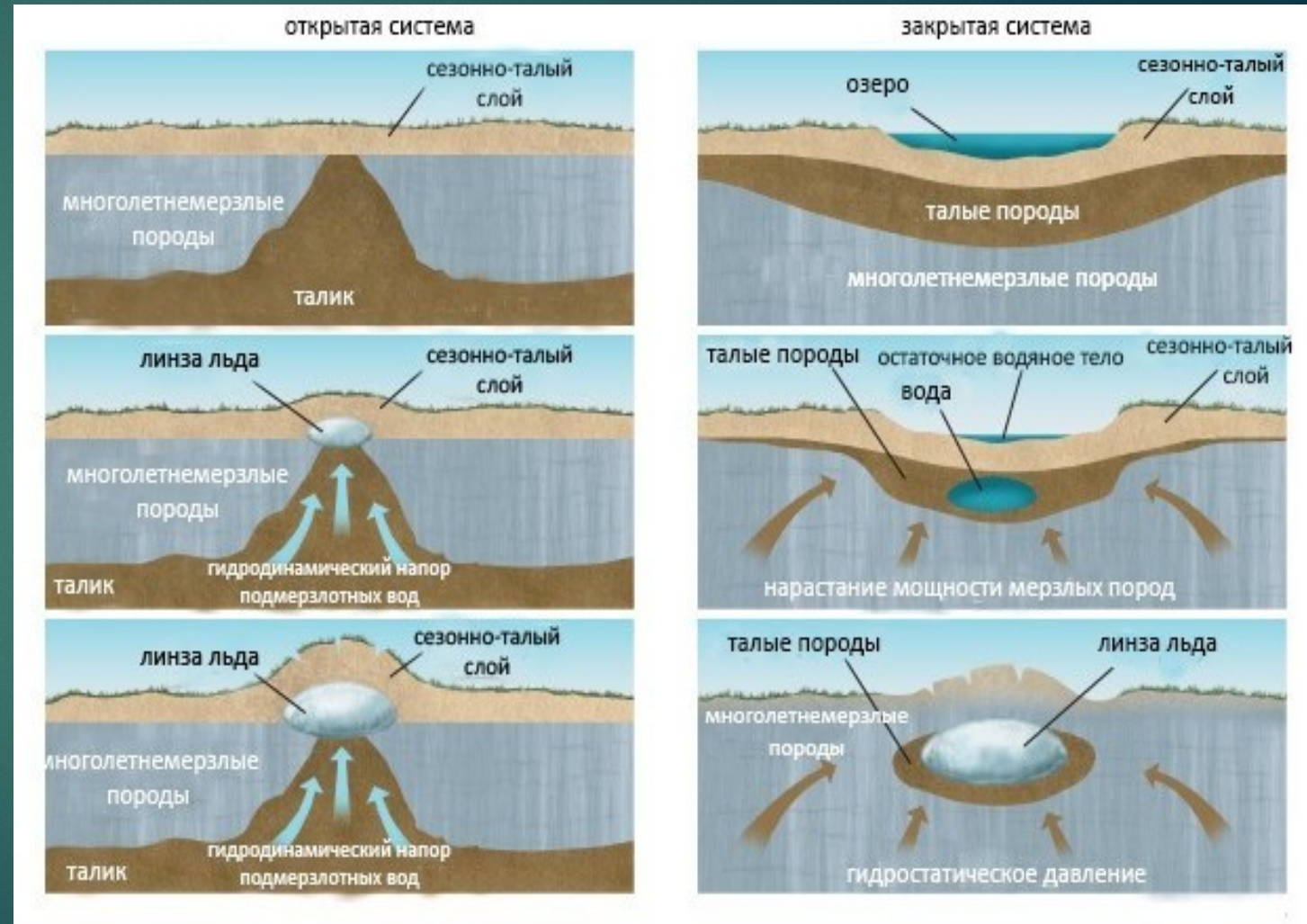
Современные бугры пучения развиты в субполярных и высокогорных котловинных районах с преимущественно резкоконтинентальным и семиаридным климатом.

Сохранившиеся в течение тысячелетий голоценовые бугры пучения, как палеоклиматический показатель былых суровых природных условиях, так же обнаруживаются в тех районах, которые испытали четвертичное оледенение после дегляциации, или граничили с краями ледников времени последнего похолодания (то есть образовывались в перигляциальной зоне).

Схема образования бугров пучения

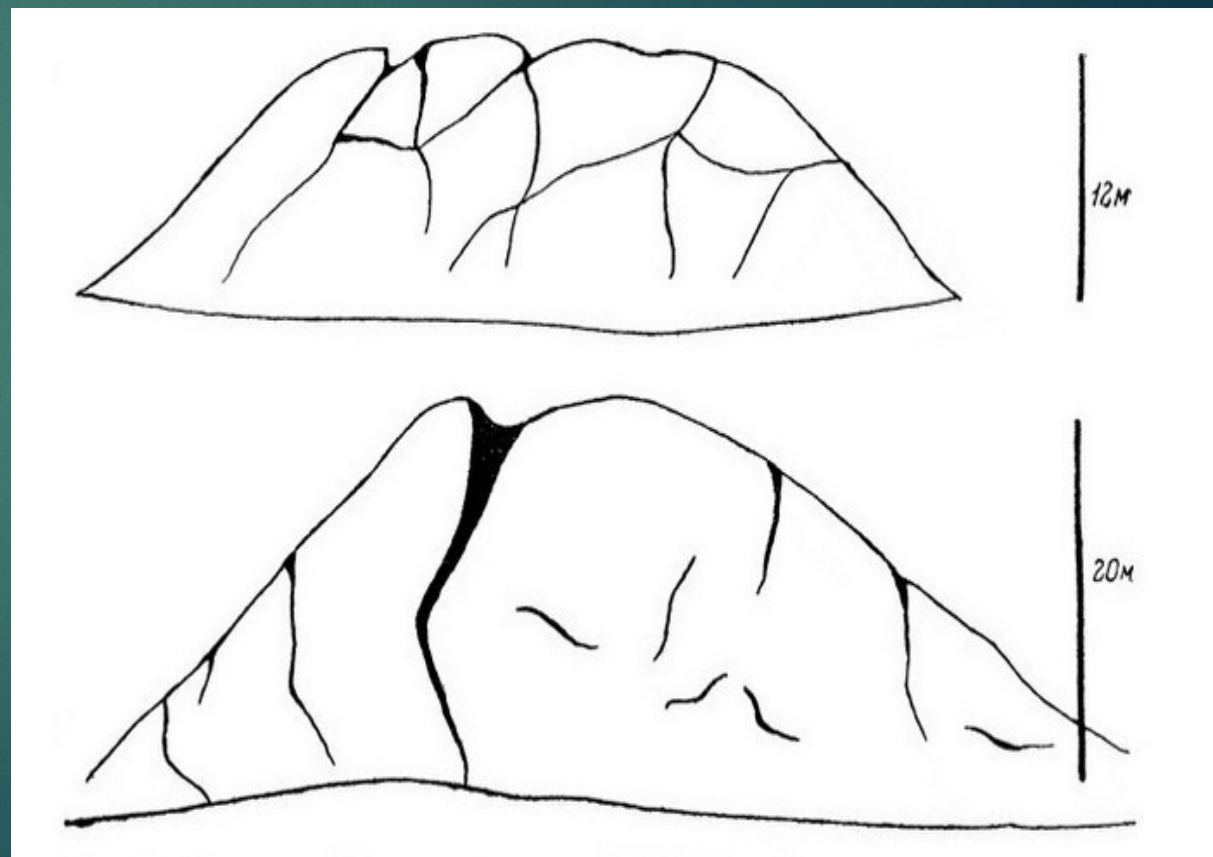
Механизм образования бугра пучения зависит от того, открытая это система или закрытая. В закрытой системе талые породы окружены со всех сторон многолетнемерзлыми породами. В районах вечной мерзлоты грунты, расположенные непосредственно под озером, не замерзают и находятся в талом состоянии (если глубина водоема превышает мощность льда в зимний период). Чем больше водоем, тем больше массив талых грунтов под ним — талик. Под наиболее крупными озерами многолетнемерзлые породы могут и вовсе отсутствовать. При обмелении или иссушении озера подозерный талик начинает промерзать со всех сторон. Под воздействием возникшего гидростатического давления мерзлый грунт в наиболее слабом месте выгибается, образуя бугор пучения с ядром из льда или льда с грунтом.

Нередко встречается и другой тип бугров пучения — гидролакколиты. Это открытая система. Гидролакколиты образуются в местах с тектоническими разломами, где по трещинам в породах могут поступать артезианские воды из горизонтов, находящихся под вечномерзлыми грунтами, — это так называемые зоны разгрузки подземных вод. Поднимаясь вверх, вода замерзает, за счет постоянного притока снизу происходит рост гидролакколита. Таким образом, его происхождение сопоставимо с магматическими лакколитами, которые образуются в результате застывания лавы на поверхности, поднимающейся из земных недр по трещинам.



Характерная особенность внешнего облика большинства бугров пучения — трещиноватость поверхности. В некоторых случаях глубокие трещины рассекают их более чем до середины, из-за чего подобные бугры с большого расстояния кажутся двухвершинными. Через трещины под давлением может происходить излияние воды или водогрязевого потока. Образуется кратер, как у вулканов. В отдельных случаях вслед за образованием кратера происходит оттаивание и разрушение бугра, в результате чего на его месте может снова образоваться озеро или болото. Если это болото или озеро впоследствии опять начнет промерзать (из-за частичного осушения), то снова образуется бугор пучения.

Схема трещин на разрушающихся гидролакколитах северного Ямала



Алас в Центральной Якутии



Размеры бугров пучения зависят от характера промерзания и образования отложений, начальной влажности и других свойств породы. Бугры пучения не всегда достигают больших размеров. На рисунке ниже представлены небольшие бугры пучения, образовавшиеся вследствие осушения аласа в Центральной Якутии. Аласами называют котловины, образовавшиеся в результате вытаивания и просадки льдистых мерзлых отложений и подземных льдов. Часто в центре такого понижения существует озеро. В последнее время аласами называют любую котловину, которая образовалась в результате вытаивания подземных льдов. Если это озеро осушится (так как алас находится на высокой водораздельной равнине, а само озеро выше, чем местная речная сеть), то начнется промораживание талых пород, которое будет сопровождаться ростом бугра пучения.

Бывают сезонные и однолетние бугры пучения, а также другие явления, вызванные пучением.

Влияние хозяйственной деятельности на исследуемые формы рельефа

Деятельность человека в условиях развития многолетнемерзлых пород приводит к нарушению их криогенного состояния. При освоении территорий — строительстве городов, прокладке коммуникаций, железных и автодорог, эксплуатации месторождений полезных ископаемых, прокладке трубопроводов и т. д. — прежде всего нарушается температурный режим мерзлых толщ, что чаще всего ведет к деградации мерзлоты и опасному развитию криогенных форм рельефа. В больших городах изменяются климатические условия. Так, в Якутске и Норильске среднегодовая температура на 1-3 °С выше окружающих территорий. Под городскими коммуникациями и коллекторами происходит попеременное оттаивание и замерзание грунта, ведущее к образованию бугров пучения, морозобойных трещин, вызывающих деформации зданий, разрыв коммуникаций и т. д. Прорыв или сброс теплых техногенных вод вызывает подтопление, ведущее к развитию термокарста и проседанию грунта, термоэрозии и образованию оврагов. На трассах подземных магистральных трубопроводов из-за оттаивания мерзлых грунтов образуются болота, термокарстовые воронки и бугры пучения, вызывающие деформации труб, их всплытие, термоэрозию. Под насыпями железных дорог происходит повышение среднегодовых температур пород и образование таликов. Это ведет к просадкам насыпей, их солифлюкционному оплыванию. Вдоль насыпей нарушаются условия поверхностного и приповерхностного стоков вод, вызывающие подтопление, образование эрозионных форм, иногда наледей, бугров пучения и др.

Влияние бугров пучения на хозяйственную и промышленную деятельность

Пучение грунтов — явление сложное и в разных породах происходит по-разному, но везде в зоне распространения мерзлых пород оно несет опасность и проблемы для хозяйственного освоения севера человеком. Неравномерность этих процессов часто приводит здания и сооружения в аварийное состояние и даже вызывает их полное разрушение.

Процессы пучения неравномерны, чем обусловлено образование миграционных бугров пучения, наиболее опасных с точки зрения влияния на трубопроводы. Их формирование происходит в холодное время года в связи с неравномерным промерзанием увлажненных пород, в результате чего возникает гидростатический напор. Процесс пучения начинается уже при промерзании верхних горизонтов увлажненных грунтов и продолжается на протяжении всего периода промерзания. Процессы криогенного пучения опасны для трубопровода прежде всего неравномерностью их проявления вдоль трасс.



Современное состояние дороги Чум — Салехард —
Игарка при пересечении бугристых ландшафтов

Юго- восточный Алтай – формирование и распространение бугров пучения в горных районах

В Горном Алтае криогенным (мерзлотным) ландшафтом акцентируется Юго-Восточный Алтай, область, которая в большей мере относится к разбираемому нами Кош-Агачскому административному региону.

К криогенному рельефу отнесены различные бугры пучения - выпуклые формы криогенного рельефа, многообразие которых описал Б.М. Кривоносовым, А.Н. Рудым, Н.А. Цехановской.

Их можно объединить в четыре группы: бугры пучения - тебелеры, бугры пучения с мерзлотными ядрами, бугры пучения - гидролакколиты, бугры пучения - туфуры.

Бугры отличаются внешне, особенностями возникновения и распространения: крупнейшие выделяются среди относительно ровного рельефа куполообразной формы высотой от 1-1,2 до 3-5 м, редко 8-10 м; цепочкой тянущиеся тебелеры встречаются по долине р. Кокури, это бугры - останцы среди термокарстовых озер высотой от 0,5 до 5,5 м. Куполообразным строением ледового ядра отличаются останцы бугристого рельефа на Ештыкколе в Курайской впадине, возраст которых определяется в 2 000 лет.

Бугры на европейском севере России (на примере Кольского полуострова)

Крупные пальза на Кольском полуострове по описаниям Н.Я. Каца встречены в тундре, лесотундре и северной части тайги. Они широко распространены на востоке и не встречены лишь в юго-западной части полуострова.

Мерзлые бугры были описаны Г.С. Константиновой в котловине площадью около 4 км² в 30 км к юго-востоку от поселка Иоканьга. Г.А. Елина с соавторами исследовала крупную болотную систему площадью более 3 тыс. га, простирающуюся вдоль северо-западного побережья Ловозера (68° с.ш., 35° в.д.), с буграми пучения высотой 0,7–1,2 м (реже 2 м), занимающими до 60–70% изученной территории

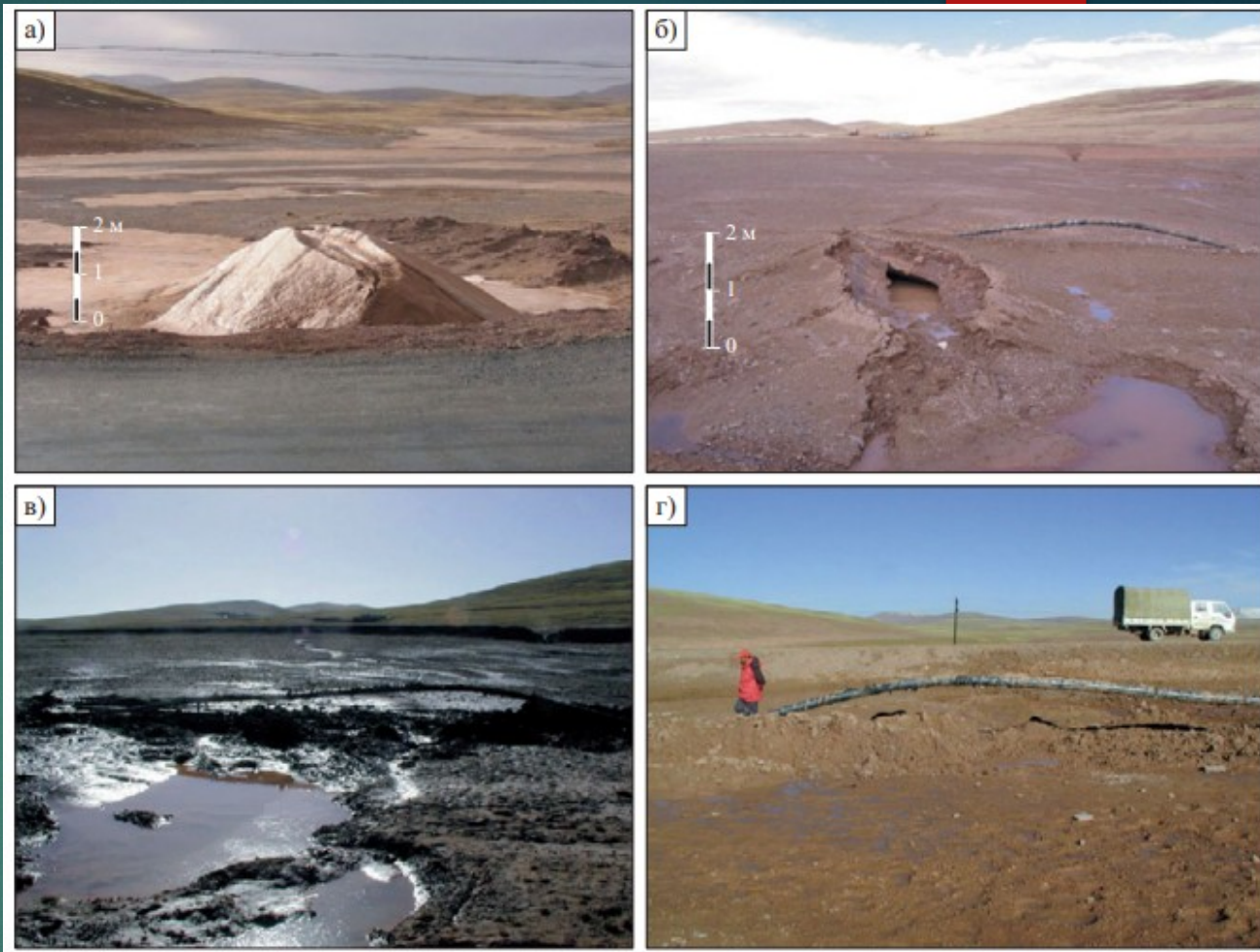
В. Баркан отмечает, что более древние пальза частично разрушены термоэрозионными процессами, обусловленными увеличением глубины сезонного протаивания в течение последних 70-80 лет. Однако в целом болотные массивы с буграми пучения сохранились в силу инерционности мерзлого ядра, которое сохраняется в течение десятков и сотен лет даже в условиях нарушения целостности поверхности пальза трещинами, полостями и пр. При этом важнейшую роль играют теплоизоляционные свойства торфа

Бугры пучения на Средней

Сибири (Республика Саха)

Детально был исследован многолетнемерзлый торфяник в 6 км к северу от Вилюйской ГЭС. Ширина этого торфяного массива — около 1 км, длина — 3 км, он вытянут с севера на юг. По западному краю болота с севера на юг протекает небольшой ручей. Здесь встречено несколько бугров пучения куполообразной формы высотой от 0,5 до 2,0 м. Диаметр бугров здесь редко превышает 15 м, а их форма является более или менее округлой

Проведенные Н.Г. Бобовым наблюдения показали, что многолетние бугры пучения, возникающие за счет образования сегрегационного льда при миграции влаги к основанию мерзлого ядра как наиболее охлажденного участка местности, на Лено-Вилюйском междуречье формируются в настоящее время. Рост описываемых бугров происходит в результате неравномерного по площади (дифференцированного) пучения их отдельных частей из-за неодинакового многолетнего промерзания.



Пульсирующий и мигрирующий бугор пучения и изогнутый нефтепровод на 86-й станции трассы Голмуд — Лхаса на Тибетском нагорье в Китае: а — бугор в феврале 2002 г.; б — частично протаявший бугор и нефтетрубопровод в мае 2002 г.; в — изогнутый нефтепровод в июне 2002 г. после того, как бугор полностью растаял; г — изогнутый нефтепровод в июле 2002 г.

Бугристые описаны даже на Ольхон на озере



Механизм формирования миграционных бугров пучения на равнинной части России

Миграционный бугор пучения на торфяном массиве в литературе обычно называется лапландским словом «пальза», что означает бугор с льдистым ядром, сложенный торфом или минеральными отложениями (обычно тонкодисперсным материалом), перекрытыми торфом, с максимальной высотой около 10 м.

Исследования последних десятилетий зафиксировали существенные и относительно быстрые изменения в распределении многолетнемерзлых толщ и пальза в течение второй половины XX и в начале XXI столетия в Северной Америке и Европе. Эти изменения проявились в сокращении площади поверхности, занятой площадями и буграми пучения в арктических и субарктических торфяниках, что принято связывать с глобальными климатическими изменениями. Во многих случаях оценка сокращения площадей, занятых буграми пучения, и контуров самих бугров основана на данных аэрофотосъемки. В некоторых случаях это подтверждено и длительными полевыми исследованиями. В результате было установлено, что достаточно большое количество участков с буграми на многолетнемерзлых торфяниках протаяло и частично или полностью деградировало за последние 100–200 лет (особенно те, которые расположены вблизи южной границы распространения многолетнемерзлых пород).

Механизм формирования миграционных бугров пучения на равнинной части России

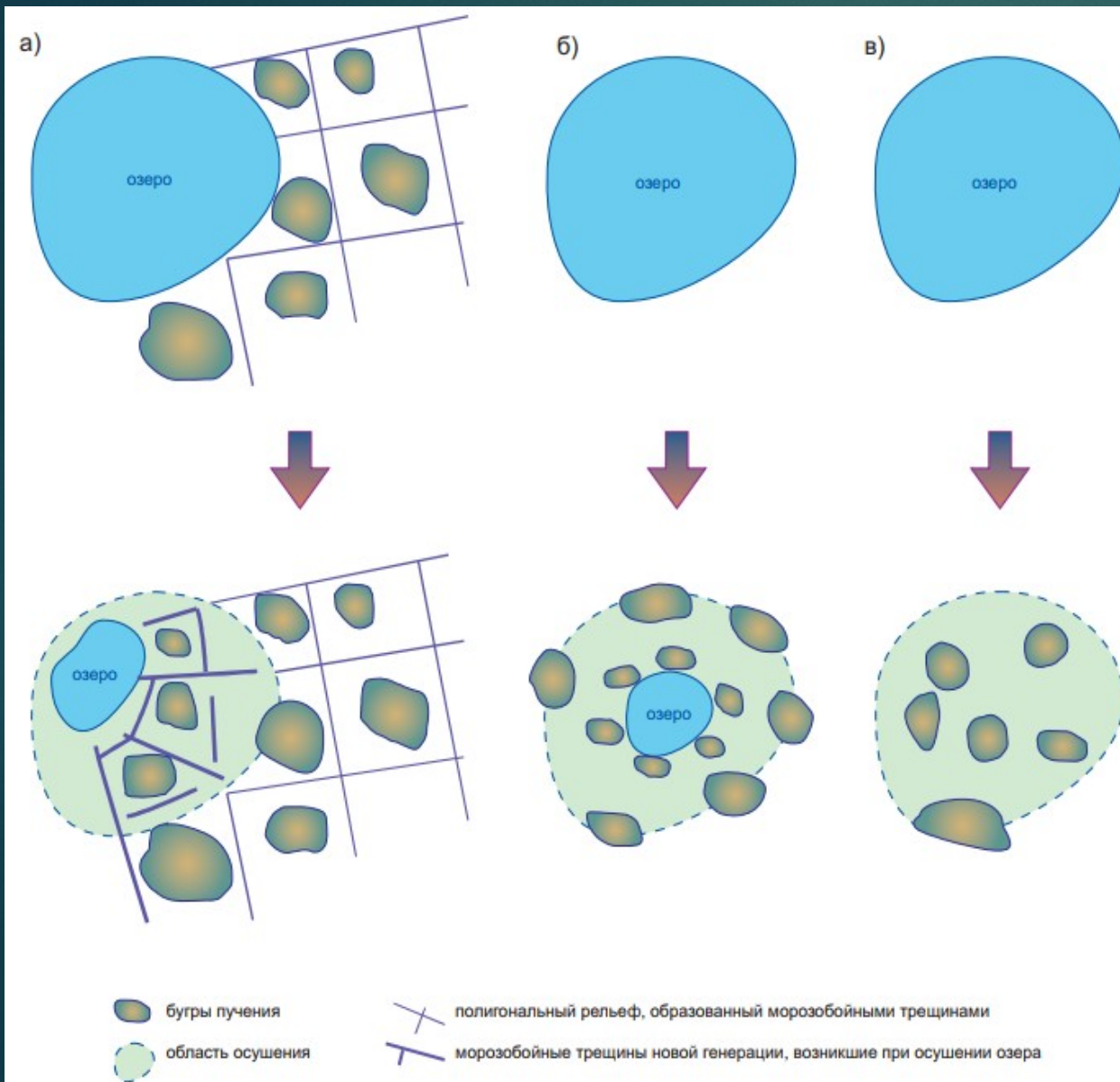
Вместе с тем есть и данные, свидетельствующие о росте и динамике отдельных бугров, связанных с локальными факторами, такими как миграции русел рек, изменения конфигурации озер, или даже с такими экзотическими причинами, как деятельность бобров, влияющая на гидрологию участка. Есть данные о современном росте бугров и увеличении площади их распространения как на юге, так и на севере криолитозоны. В связи с этим представляется, что эти аспекты требуют углубленного анализа.

Диапазон высот пальза составляет обычно от менее 1 до 7–8 м, максимум до 10 м. Крупные бугры обычно менее близки по форме к конусу, чем мелкие. Местами пальза образуют комплексы, тянущиеся на несколько сотен метров. Поверхность таких бугров нередко бывает пересечена открытыми трещинами, созданными куполовидным поднятием, морозобойным растрескиванием или иссушением.



Миграционный бугор пучения – пальза, высотой 5 м, перекрытый торфом, в долине р. Турумакит ($68^{\circ}20'$ с.ш.) на Норильском плато (слева) и на плато Путорана (около 70° с.ш.) в 15 км севернее оз. Лама (справа), север Средней Сибири

Принципиальная формирования бугров пучения пальза в разных мерзлотно-фациальных условиях



В условиях относительно высоких температур медленное осушение озера вызывает столь же медленное промерзание и формирование бугров пучения с их концентрическим расположением на дне осушающегося аласа или хасырея (см. рис. б). В условиях относительно высоких температур быстрое осушение (например, в результате спуска озера) вызывает медленное промерзание и формирование пальза с их случайным расположением на дне озерной котловины (см. рис. в).

Заключение

Бугры пучения — одно из самых распространенных криогенных явлений в России благодаря климатическим и гидрологическим особенностям территории. В России, в основном, бугры пучения распространены ближе к южной границе зоны вечной мерзлоты, в природных зонах тундры, лесотундры и тайги.

Миграционные бугры пучения существенно осложняют эксплуатацию магистральных трубопроводов, дорог, крупных объектов строительства, аэродромов.

Некоторые бугры развиваются циклически: поверхностная термокарстовая переработка ранее сформировавшихся бугров приводит к абразии и проседанию части из них, а последующий дренаж массива завершается формированием новых бугров

Проведение прямых инструментальных измерений показывает, что происходит постоянное изменение высоты поверхности бугров пучения, плоских торфяников и заболоченных ложбин стока под влиянием пучения и тепловой осадки.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ