

УДК 548.562  
DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art65

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ЗАЛЕЖЕЙ ГАЗОГИДРАТОВ**

Епифанов В.А., АО «Росгеология», АО «СНИИГГиМС», Новосибирск, Россия  
E-mail: zem864@yandex.ru

**Аннотация.** Охарактеризована направленность и динамика изменений ландшафтов заозеренной арктической равнинной тундры. В качестве первопричины основных изменений в рельефе и образования «мокрой» тундры рассматриваются последовательно повторяющиеся процессы и явления, обусловленные циклическим разрушением залежей метастабильных газогидратов.

**Ключевые слова:** залежи метангидратов, напорные газы, образование булгуниных, дегазационные воронки, климат, термическая эрозия, проточно-озерные ландшафты.

## **LANDSCAPE TRANSFORMATION MODELLING DURING THE PROCESS OF GAS HYDRATE DEPOSITS DESTRUCTION**

Epifanov V.A., JSC «Rosgeologiya», JSC «SNIIGGiMS», Novosibirsk, Russia  
E-mail: zem864@yandex.ru

**Abstract.** The direction and dynamics of the frozen Arctic tundra landscapes changes is characterized in the paper. Sequentially repetitive processes and phenomena caused by the cyclical destruction of metastable gas hydrates deposits are considered as the primary cause of the main changes in the landscape and the formation of the «wet» tundra.

**Keywords:** methane hydrate deposits, gases under pressure, pingo formation, degassing funnels, climate, thermic erosion, lake-river landscapes.

В настоящее время считается общепринятым, что формирование вечной мерзлоты предопределено климатом: длительным и существенным похолоданием, в результате которого почво-грунты и горные породы охладелись до отрицательных температур на глубину до 1,5 км, а вода в них превратилась в лед. Высокую заозеренность северных территорий до сих пор объясняют термокарстом. Причину этого тоже видят в существенном потеплении, а озера называют «термокарстовыми». Такие «традиционные» представления преподаются в ВУЗах и весьма устойчивы, а порой и категоричны: «Ничем

другим невозможно объяснить такое большое здесь количество озер» [4, с.76]. Однако... ***Общепризнанные мнения и то, что каждый считает делом давно решенным, чаще всего заслуживают изучения (Г. Лихтенберг ).***

И это действительно так – вначале «стоявшая на трех китах», Земля вдруг оказалась «круглой и вокруг нее закрутилось Солнце», потом и сама наша планета стала «вертеться» вокруг светила, а теперь уже очевидно, что Земля пульсирует, и что она «Живая Система».

*Это путь Науки и этапы ее развития.*

Широко распространенные в тундре Российской Арктики малые и средние (сотни метров) одиночные озера часто имеют округлую форму (рис. 1 А) и глубину, иногда достигающую десятков метров. Нередко озера деформируют склоны водоразделов, создавая карпоподобные формы рельефа, и являются истоками небольших водотоков (рис. 1 Б). Часто несколько озер соединяются протоками и создают сложно ветвящуюся гидросеть, а группы небольших озер объединяются в крупные (первые километры) водоемы, иногда неправильной формы. В них мелководья чередуются с глубокими ямами. Обычно рядом располагаются заболоченные озера и торфяники, порой занимающие большие площади.

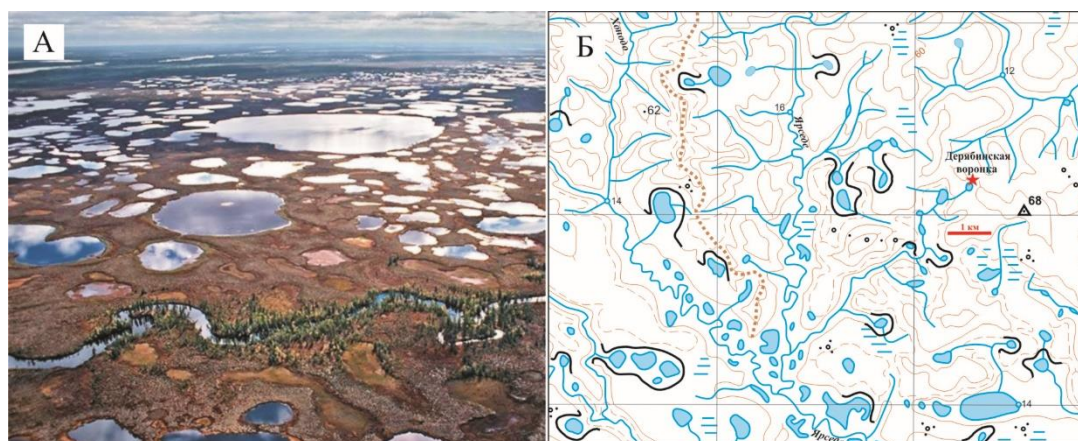


Рис. 1. Типичная Арктическая тундра. А – стадия заозеренного «зреющего» ландшафта (фото с сайта Администрации ЯНАО); Б – «разъедание» рельефа на первых стадиях развития тундрового озерного арктического ландшафта (топокарта м-б 1:200 000)

Финальные стадии развития локальных ландшафтов в современной северной тундре – выровненные обширные низменные пространства (аласы, хасыреи) с мелкими озерами, болотами. Иногда встречаются булгунняхи (пинго) с вытаявшим ледяным ядром (рис. 2).

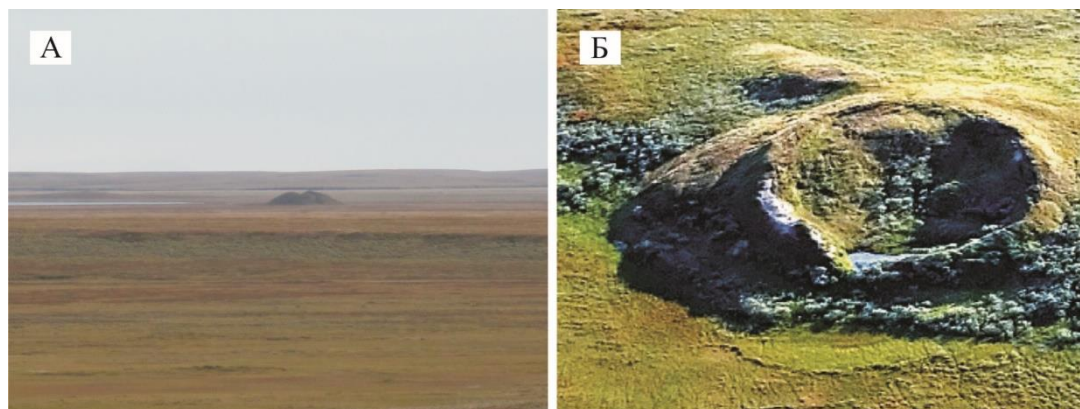


Рис. 2. А – вид типичного тундрового аласа с плоским мелким озером и булгунняхом, вершина которого занята небольшим озерцом (левобережье р. Енисей, фото В. Елифанова); Б – булгуннях с вытаявающим ледяным ядром (п-ов Ямал, фото В. Богоявленского)

При этом характер распределения озер в пространстве (рис. 3) указывает на отсутствие причинно-следственной связи между образованием «термокарстовых» озер и климатом (3А), но свидетельствует о наличии неких «особенных причин» их формирования (3 Б, В).

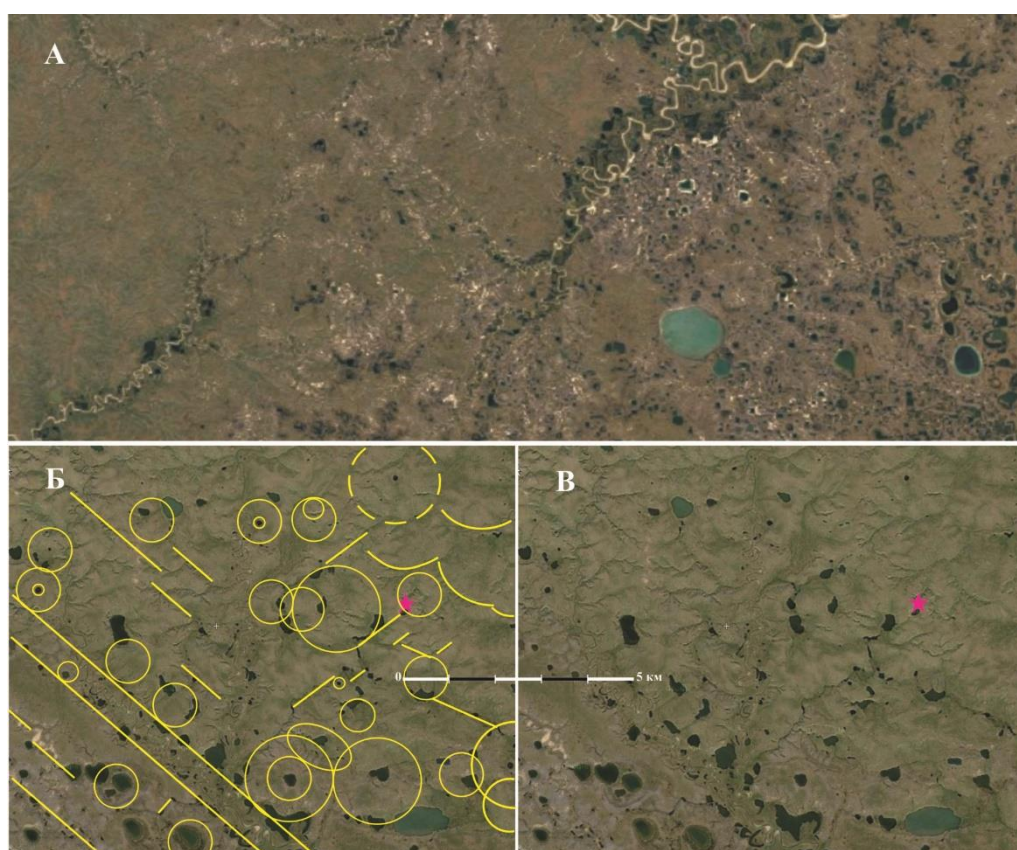


Рис. 3. А – в единой климатической зоне и геолого-геоморфологической обстановке на п-ове Ямал озера образуются избирательно; Б, В – вблизи Дерябинского газоконденсатного месторождения (левобережье приустьевой части р. Енисей) в размещении озер заметна линейная и кольцевая организация. Звездочка – место образования «Дерябинской» воронки



Факты свидетельствуют и о том, что причинами возникновения новых озер являются взрывы булгунняхов с образованием глубоких полых воронок (рис. 4), стенки которых подвергаются активной термической эрозии и гравитационному оплыванию. И всего за несколько лет эти воронки превращаются в округлые котлованы (рис. 5), а затем – в озера.

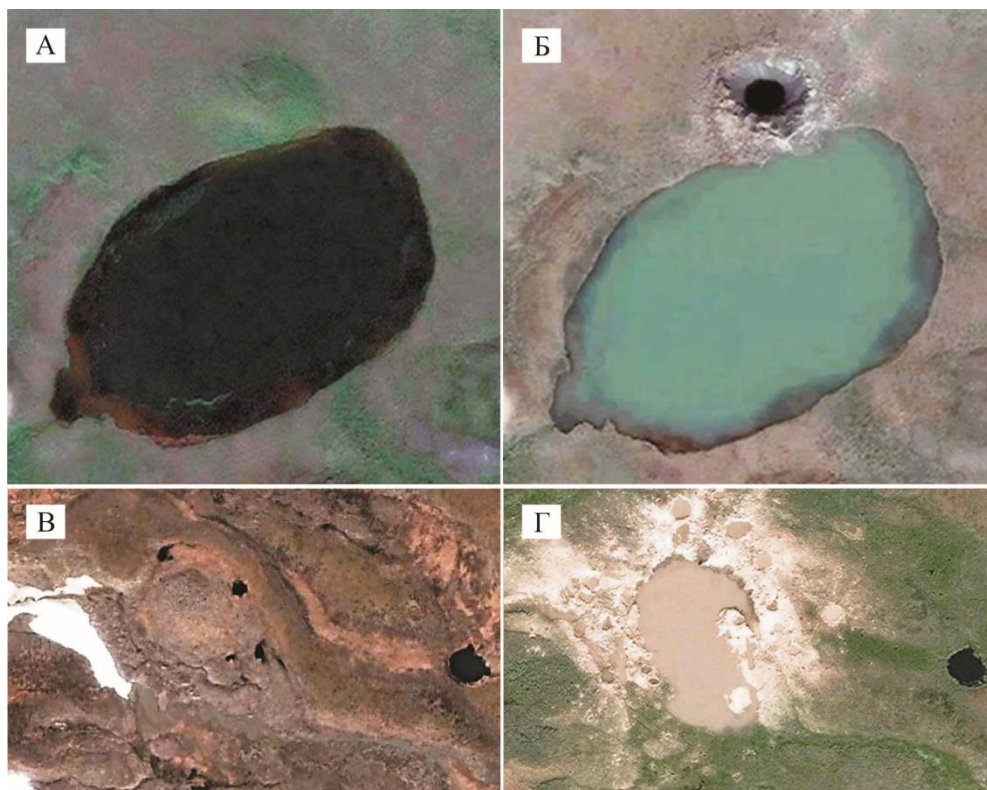


Рис. 4. Таймыр – «Дерябинский» булгуннях (А) и результат его взрыва (Б); Ямал – булгуннях (В) и образовавшееся озеро «Медвежья лапа» (Г). Материалы В. Богоявленского

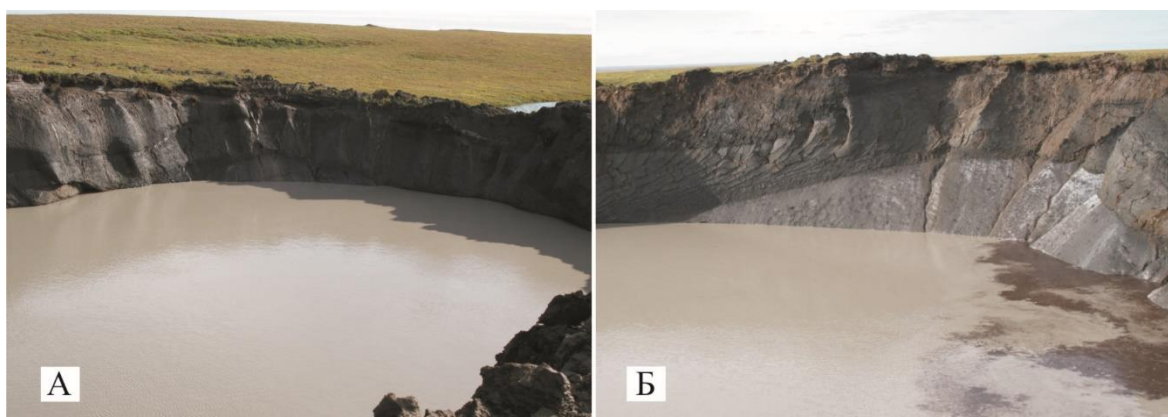


Рис. 5. Таймыр – «Дерябинский» булгуннях (А) и результат его взрыва (Б); Ямал – булгуннях (В) и Котлован диаметром ~ 65 м, образовавшийся при термической эрозии и гравитационном оплывании стенок Дерябинской воронки (исходный диаметр 4 м) всего за 1,5 года (А) и дислокации пород в кровле обнажившейся части гидролакколита (Б). Фото В. Епифанова

Полученный в последние годы материал [5–7, 10, 11] прямо свидетельствует о том, что формирование булгуниных происходит в результате распада залежей метангидратов (МГ) на газ и воду. При этом повторное замерзание освободившейся из газогидратов воды приводит к образованию ледовых тел – гидролакколитов. Рост бугров обусловлен выдавливанием этих тел к земной поверхности выделившимися из диссоциировавших клатратов газами. Следы – результаты такого ледового диапиризма отчетливо проявились в дислокациях слоистых пород в стенках котлована, образовавшегося на месте Дерябинской воронки (рис. 5 Б).

Современные погодные «катаклизмы» широко обсуждаются и комментируются в СМИ и их пытаются «научно» объяснять «плохой экологией» и «потеплением за счет антропогенного влияния на природу». Этим потеплением климата пытаются объяснять и распад МГ с образованием взрывных воронок и озер.

Однако это не наука, а политика. Науке известно, что климатические изменения, в том числе резкие и глобальные, происходили и в те времена, когда наши далекие предки еще не умели «портить экологию», и еще раньше, когда человекообразных в природе не существовало вовсе [8–11]. Потепление – следствие активности дегазации.

Навязываемые СМИ «мнения специалистов» о том, что «теплое лето обуславливает увеличение слоя оттайки почво–грунтов и по этой причине происходят выбросы газов» не выдержали критики фактами. Сеяхинская воронка (Ямал, 2017 г.) образовалась 28 июня – в Арктике это только начало летнего тепла (!). Выброс газа на Дерябинской воронке был и вовсе в марте (!!), и произошел с глубины более 100 м, но даже жарким летом здесь оттаивают лишь самые верхние 1,5–2 м грунта (!!!).

Пришедшие им на смену рассуждения о том, что выбросы газов происходят на следующий год после теплого лета – лишь очередная попытка «привязать» дегазацию к климату в качестве следствия. Действительно, 2016 г. на Ямале был теплым и в 2017 г. образовались две воронки, но это совпадение, поскольку имеется и совсем иное наблюдение.

В 2012 г. автор проводил экспедиционные работы в бассейне нижнего течения р. Пясины на Таймыре «с выходом по воде» в пос. Диксон на Енисее. По мнению местных жителей, рыбаков и геологов «сложно вспомнить» еще одно такое же холодное лето, и это вполне видно по экипировке (рис. 6). А весной 2013 г. на Западном Таймыре в

левобережье р. Енисей образовалась Дерябинская воронка. Выбросу газа предшествовало холодное лето (!).

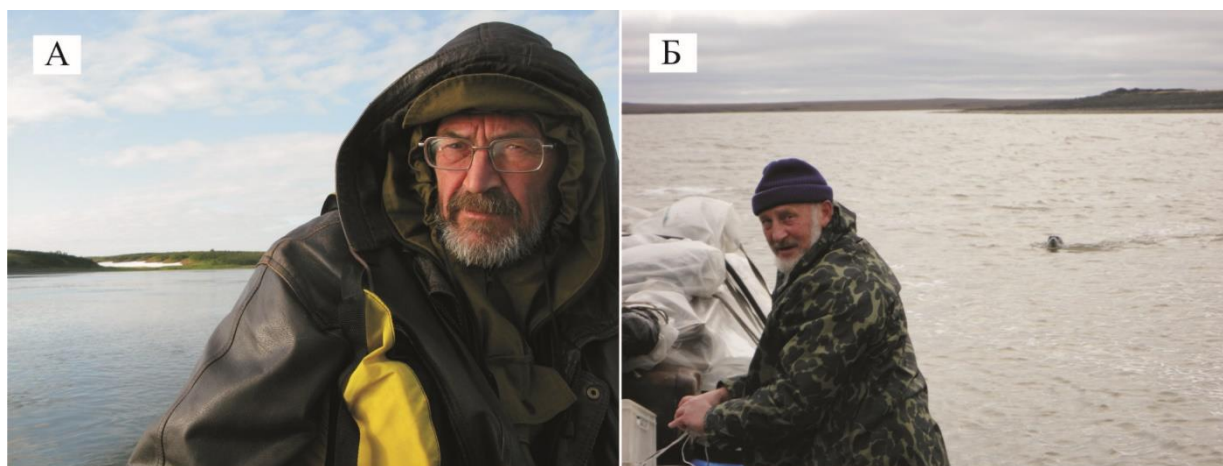


Рис. 6. Холодное лето 2012. А – 20 июля 2012 г. – на фотографии руководитель работ Ученый секретарь ГПКК «КНИИГиМС» (г. Красноярск) А.П. Романов, слева в долине притока р. Пясины виден не растаявший снег; Б – 30 августа 2012 г. – на фотографии около лодки озябший автор, а справа в воде «моржующая» нерпа. Фото С. Ладыгина

Необходимо подчеркнуть, что «климатическая модель» не состоятельна не только в своем «теплом варианте» первопричины образования озер, но и в «холодном варианте» механизма формирования булгунняхов на аласах (хасырях). Дегазация же все это объясняет.

О последнем прямо свидетельствуют факты роста булгунняхов на склонах водоразделов и на берегах озер, а не только «на хасырях, образованных на местах спущенных озер». При этом, как показывает «история с воронкой» Ёркатаяха (Ямал, 2017 г.), булгуннях может сформироваться «на ровном месте» всего за 1,5 (!!!) года (в теплый 2016 г.), что опровергает один из основных постулатов климатической гляциологии. Для газовиков и нефтяников, авторов фразы «бугры домкратят трубопроводы», это уже давно очевидно, осталось такие факты признать научному сообществу климатологов.

Изложенное выше свидетельствует о том, что «классические» модели «ледниково–климатической парадигмы» в принципе не способны объяснить все наблюдаемые сейчас в тундровых ландшафтах явления и происходящие здесь процессы.

Но Наука, как и Природа, «не терпит пустоты», и поэтому, отрицая нечто, следует взамен предлагать что-то.

На обсуждение представляется рабочий вариант модели поэтапного преобразования ландшафтов, основанный на фактах и основных положениях



дегазационной гипотезы [8–11], и описывающий циклично–коэволюционное формирование арктической заозеренной тундры.

1. Цикл начинается с разрушения метастабильных залежей МГ под воздействием внешних сил. Этим запускается механизм образования гидролакколитов («ледяных штокверков»), которые под напором освобожденных газов выдавливаются (рис. 5 Б) вверх по разрезу. Лёд хрупок, пластичен и легче горных пород и грунтов, поэтому диапиризм ледовый хрупко–пластичный.

2. В результате этого на дневной поверхности «растут» бугры-булгуньяхи и в какие-то моменты они взрываются с образованием круглых полых глубоких воронок (рис. 4), борта которых активно разрушаются процессами термоэрозии и гравитационного оплывания, воронки быстро превращаются в котлованы, мелеют и заполняются водой.

3. Круглая форма и пришлифованность стенок воронок (рис.7) обусловлены наличием барических градиентов (разницы давлений) в «газовых карманах» и приземной атмосферой. При прорыве на поверхность напорные газы образуют вихри, истирающие породную массу и шлифующие стенки. Природные аналоги таких баро-вихревых потоков – смерчи и торнадо.

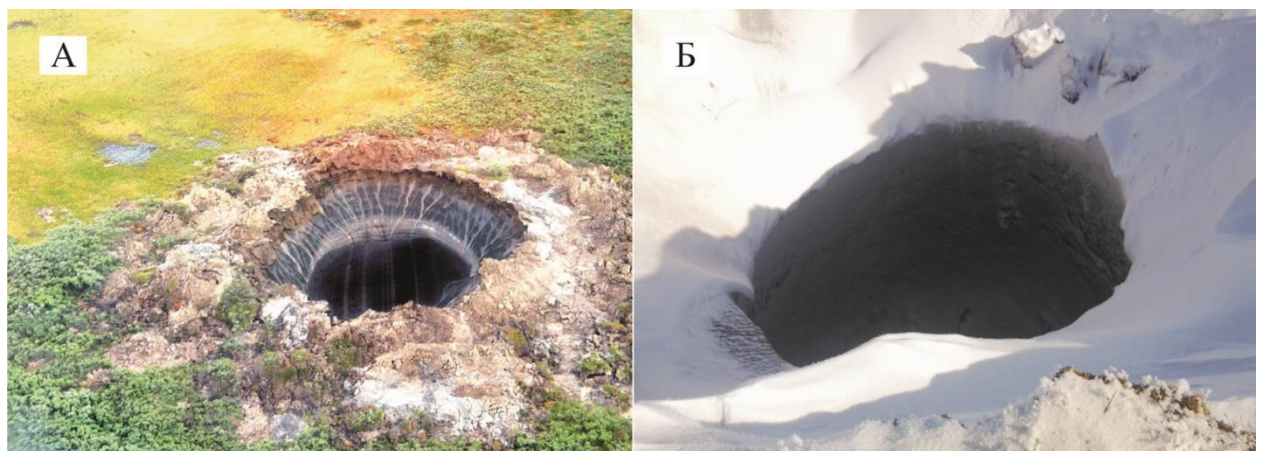


Рис. 7. Круглые воронки, образованные вихревыми потоками напорных газов с разбросом (иногда сопровождающимся взрывами) горных пород и грунтов в радиусе до 1 км и более.

А – п-ов Ямал воронка «Бованенковская –1». Фото В. Богоявленского;

Б – Таймыр, левобережье р. Енисей воронка «Дерябинская». Фото В. Епифанова

4. За несколько (3–5) лет воронки превращаются в озёра. Скорость затопления водой зависит от насыщенности льдом обнажившейся при взрыве толщи пород, размеров воронок и их геоморфологической позиции, от летних температур и количества осадков, а также наличия–отсутствия подтока вод из глубинных горизонтов. Образовавшиеся на

берегах рек полости заполняются водой очень быстро и создают русловые озёровидные расширения, как это произошло с взрывной воронкой на р. Сеяха (п-ов Ямал).

5. На склонах водоразделов происходят прорывные сбросы вод из озер-котлованов в речные системы. Сближенные в пространстве мелкие озёрца объединяются в крупные озёра, аккумулирующие тепло и стимулирующие таяние подстилающих дно пластовых льдов.

6. Подпитка вытаивающими льдами и просадки почво-грунтов в днищах озёр (собственно термокарстовые процессы) приводят к образованию обширных мелководных водоёмов с локальными глубоководными участками.

7. По мере истощения доступных для озёрного прогрева ресурсов приповерхностных пластов льда, экспансия водоёмов завершается, а затем, за счет активного испарения с обширных акваторий, по мнению автора в основном обусловленного ветром («эффект фена»), начинается их осушение.

8. В завершении цикла формируются локальные, но обширные и нередко имеющие овальные очертания, полого-выровненные впадины (хасыреи, аласы), содержащие мелкие озёрца (рис. 2 А), заболоченные депрессии и торфяники, прежде бывшие глубоководными участками крупных водоёмов, а еще ранее – взрывными воронками.

9. В случаях выбросов газов на склонах водоразделов образуются кароподобные (подковообразные) открытые в долину депрессии (рис. 1 Б) и к окончанию цикла площадь водоразделов уменьшается, а очертания их склонов существенно меняются.

10. Циклов может быть много. Каждый последующий подобен предыдущему и начинается с очередной активизации распада метастабильных залежей МГ. Периодичность повторения циклов обуславливается космическими факторами, прямо или опосредованно влияющими на происходящие в недрах планеты процессы. Возобновление распада МГ стимулируется и тем фактом, что после таяния пластов льда и стока вод в предшествующий цикл, мощность перекрывающих залежи пород уменьшается (величина зависит от толщины прослоев льда), и с клатратных соединений снимается часть давления породного пресса.

11. Однако моменты начала каждого последующего цикла в том или ином районе могут не совпадать во времени, т.к. зависят от множества различных и частных причин. Например, от «подготовленности» МГ к распаду и мощности залежи, глубины ее залегания от дневной поверхности, геотектонической и геоморфологической позиции, от



литом-фациального состава вмещающих и перекрывающих залежь горных пород, типа и состава газов в клатратных соединениях и т.д. А также от внешних воздействий.

12. Синхронное формирование воронок в разных регионах может быть обусловлено лишь единым трансрегиональным внешним природным воздействием. И как показывают даты взрывов нескольких воронок в декады равноденствий и солнцестояний [10, 11], такие воздействия допустимо связывать с модуляциями сил гравитации Земли при ее вращении на околосолнечной орбите. При этом, нужно учитывать и приливные волны Луны и «их пертурбационные ускорения», и «... еще некоторый процесс, влекущий за собой изменение силы тяжести в диапазоне  $45 \cdot 10^{-6} \text{ см/с}^2$ , происходящей в фазе с Луной» [1, с. 76].

Предложенная модель требует уточнений, доработок, возможно, и существенных изменений. Однако, несомненно, что дегазационная парадигма должна заменить ледниково-климатическую, став основой для нового этапа развития целого ряда научных направлений.

Причины такой замены очевидны: 1 – для активно осваиваемой Российской Арктики типичны заозеренные ландшафты, 2 – их развитие продолжается, и важную роль в этом играют выбросы метановых газов, которые могут влиять на погоду и менять климат, 3 – эта дегазация обусловлена распадом газогидратов, ресурсы которых в России превышают 1 100 трлн. м<sup>3</sup> [12], 4 – дегазация нередко сопровождается мощными взрывами, представляющими собой локальные экологические катастрофы, 5 – резкие изменения климата и преобразования ландшафтов в последний «Ледниковый период» были связаны именно с дегазацией [11]. нужно понять и признать, что вместе со всеми своими характеристиками и особенностями, КРИОЛИТОСФЕРА, в том виде и объеме, в каком она реально существует, МОГЛА БЫТЬ ОБРАЗОВАНА ТОЛЬКО КАК РЕЗУЛЬТАТ ДЛИТЕЛЬНОЙ МАССОВОЙ ГЛУБИННОЙ ДЕГАЗАЦИИ НЕДР. И формируется она за счет процессов адиабатического расширения газов, охлаждающего горные породы при дросселировании через развитые в них трещины.

Механизм дегазационного образования многолетнемерзлых пород впервые был детально рассмотрен, обоснован расчетами и опубликован УЖЕ БОЛЕЕ 25 ЛЕТ НАЗАД в работе [2].

В 1993 году Василий Иванович Бгатов (рис. 8) отмечал: «Многолетнемерзлые породы – явление геологическое, обусловленное прежде всего внутренней жизнью Земли.

ММП возникали и возникают в результате дегазации земной коры. ... Безусловно, что северное положение криолитозон поддерживается суровым климатом, поскольку здесь теплообменные реакции поверхности литосферы и атмосферы крайне замедлены...» [3, с.78].



Рис. 8. Бгатов Василий Иванович (05.081928 – 31.03.2005)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авсюк Ю.Н. Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН, 1996, 188 с.
2. Бгатов В.И., Ларгин А.Ф. Происхождение многолетнемерзлых пород // Советская геология. 1990. № 8. С. 102–108.
3. Бгатов В.И. Подходы к экогеологии (Жизнь и геологическая среда). Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та. 1993. 222 с.
4. Бешенцев В.А. Криолитозона и криогенные процессы Ямала // Горные ведомости. 2015. № 1. С. 68–80.
5. Богоявленский В.И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. // Бурение и нефть. 2014. № 9. С. 13–18.

6. *Богоявленский В.И.* Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. Часть 2. // Бурение и нефть. 2014. № 10. С. 4–8.
7. *Богоявленский В.И., Мажаров А.В., Титовский А.Л. и др.* Выбросы газа из криолитозоны Ямало–Ненецкого автономного округа // Арктические ведомости. 2014. № 4 (10). С. 60–66.
8. *Епифанов В.А.* Дегазационно-водная гипотеза образования ледниковых отложений и ландшафтов // Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды; нефть и газ; углеводороды и жизнь: Матер. Всерос. конф. с междунар. участ. М.: ГЕОС. 2010. С. 163–166.
9. *Епифанов В.А.* Образование форм мезо– и микрорельефа в результате напорно–флюидной дегазации недр // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем: Матер. XXXI Пленума Геоморф. Комиссии РАН. Астрахань: «Техноград». 2011. Ч. 2. С. 137–142.
10. *Епифанов В.А.* Дегазационное формирование озёрно–тундровых ландшафтов. Свидетельства и факты–признаки // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. IX Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. 2015. С. 153–155.
11. *Епифанов В.А.* Катастрофическая дегазация недр как ведущий фактор глобальных изменений климата в Квартере. Причины ее возникновения, характер и масштабы проявления // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. X Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. Москва: ГИН РАН. 2017. С. 131–133.
12. *Якушев В.С., Гафаров Н.А., Карнаухов С.М. и др.* Газовые гидраты в Арктике и Мировом океане. М.: ООО «Издательский дом Недра». 2014. 251 с.