

## ВЗРЫВНЫЕ ВОРОНКИ-КОЛОДЦЫ И АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ РОЛИ ДЕГАЗАЦИИ НЕДР В КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЯХ И ЛАНДШАФТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

В.А. Епифанов

*Сибирский научно-исследовательский институт минерального сырья, Новосибирск, e-mail: zem864@yandex.ru*

Дано иллюстрированное фотографиями описание воронок-колодцев, образовавшихся в Сибири в 2013–17 гг. при самопроизвольных выбросах метана. Диаметры объектов 4–26 м, глубина до 100 м. Показано, что за 3–4 года воронки становятся неотличимыми от типичных тундровых озёр, которых в Российской Арктике миллионы. Описан механизм влияния глубинной дегазации на формирование «вечной мерзлоты» и залежей газогидратов. С их развитием и деградацией связываются изменения климата, ландшафтов, биоценозов. Указан ряд фактов, объяснение которых в рамках современных моделей оледенений в квартере невозможно. Предложена решающая эти проблемы «дегазационная парадигма».

Ключевые слова: дегазация недр, метангидраты, взрывы, воронки, озёра, климат, модели.

*Пора привыкать к мысли, что в истории Земли было много таких явлений,  
которых сейчас нет, явлений грандиозных и совершенно необычных  
Д.В. Наливкин*

В 2013–2014 годах в Арктической части Сибири на п-вах Ямал и Таз и на Таймыре были обнаружены уникальные природные объекты – три крупных и глубоких воронки (рис. 1–3). Они привлекли внимание СМИ и оказались «новыми и неожиданными» для геологов, географов, мерзлотоведов. Активность СМИ и «живая реакция» пользователей Интернета, а также понимание реальной угрозы для промыслов углеводородных (УВ) газов на Ямале стимулировали к действиям местные власти, а науку к практическому их изучению.

В 2017 году опять на Ямале было зафиксировано образование еще двух новых подобных объектов, к изучению которых оперативно приступили сразу нескольких научных групп.

Все они представляют собой округлые вертикальные полости (воронки-колодцы) с изначальными диаметрами устьев от 4 до 26 м, быстро оплывающие и заполняющиеся талой водой. Воронки-колодцы (далее – воронки) образовались в «вечной мерзлоте» (ВМ) через толщи четвертич-

ных осадков проникая в нижележащие отложения кайнозоя и мезозоя до глубин в 40–100 м и более. Вблизи их устьев наблюдаются вывалы крупных



**Рис. 1.** Вид Бованенковской воронки с высоты птичьего полета. Фото В. Оленченко



Рис. 2. Бованенковская воронка в 2014 г. летом (А) и осенью (Б). Фото В. Богоявленского



Рис. 3. Дегазирующее озеро на Ямале. Фото В. Богоявленского

глыб почво-грунтов и льда, а мелкий обломочный материал разбросан в радиусе от 200 до 1000 м.

После первых разнообразных версий, формирование воронок уже уверенно определяется как газо-взрывное или пневмато-газовое и большинством специалистов связывается с выбросами метана из залежей газогидратов распадающихся на газ и воду. Круглая форма и «пришлифовка» стенок воронок указывают на напорно-вихревой характер движения газов.

В зависимости от авторских предпочтений и применяемых методик учета воронок, одни и те же объекты имеют разные названия. Начиная с первой публикации по арктическим воронкам [Елифанов, 2014] автором принято их именовать по названиям расположенных поблизости месторождений углеводородов, либо по географическому названию мест обнаружения – Дерябинская или Таймырская, Антипаютинская или Тазовская, Бованенковская или Ямальская-1 и т.д. Для взрыв-

ных воронок образованных в 2017 г. мы используем общепринятые названия (по рекам) – «Сеяхинская» и «Ёркатаяха».

В тексте работы во всех случаях обсуждения взрывных выбросов газов речь идет о разрушении реликтовых залежей метастабильных газогидратов, представленных, главным образом, метангидратом (МГ).

**Бованенковская** (Ямальская-1) воронка (рис. 1) наиболее часто посещается исследовательскими и научными группами. Воронка расположена в западной части п-ова Ямал в 30 км к югу от крупнейшего разрабатываемого газоконденсатного месторождения «Бованенковское». Замеченная вертолетчиками в начале лета 2014 г. она в июле и в августе уже исследовалась геологами, геофизиками, газовиками и мерзлотоведами из академических институтов Москвы, Сибирского и Уральского отделений РАН. На этом этапе изучения воронки внешний ее диаметр составлял около 37 м, а внутренний (ствол, колодец, кратер) – не больше 25 м, глубина от края бруствера до воды достигала 35 м, а до дна ~ 42 м (рис. 2). Замеры содержания газов в воронке показали отсутствие значений выше фоновых.

Точное время образования воронки неизвестно. На первых этапах изучения космических снимков предполагалось, что она образовалась на месте булгуньяха-пинго «после июля 2013 г.» [Богоявленский, 2014б, с. 6], позднее было уточнено, что воронка сформировалась в период с сентября 2013 г. до июня 2014 г.

При обзорных полётах над п-вом Ямал (суммарно более 2000 км) было выявлено около 100 потенциально газоопасных объектов, том числе озеро с явными признаками сильной дегазации (рис. 3), ставших основой для специализированной базы данных создаваемой в ИПНГ РАН (г. Москва) [Богоявленский, 2014б].

Воронку изучали и в ноябре 2014 г. после того как замерзла вода и удалось спуститься на лед для опробования ее стенок. Выяснилось, что в основном они сложены льдом, и тем самым подтвердилась версия об образовании воронки за счет разрушения ледяного ядра булгуньяха и пневматического выброса его центральной части газом (рис. 4).

К 2017 г. изначально округлые Бованенковская воронка и расположенное рядом озерцо (рис. 5 А) уже соединилась протоком, по которому произошел сброс вод и образовалась озёрная микросистема потерявшая правильную округлость прежних очертаний (рис. 5 Б).

В одной из последних публикаций по этой воронке отмечается: «За три года (2014–2016 гг.) Ямальский кратер изучался более чем пятью экспедициями. По результатам исследований были опубликованы десятки статей, сделано большое количество докладов и дано множество интервью... Однако, несмотря на то что в изучении данного объекта участвовали разные группы исследователей, которые занимались бурением до глубины в 17 м и описанием льда в стенках кратера, выяснить главную причину его образования так и не удалось...» [Хименков и др., 2017, с. 59].

Этот результат авторы связали с отсутствием анализа данных по строению пород, слагающих вскрывшиеся стенки кратера, и «postfactum» попытались восполнить пробел на основе изучения фото-видеоматериалов и научных публикаций.

В ходе реконструкций они пришли к выводам, что: 1 – первичной причиной образования воронки является диссоциация газогидратов, за-

легающих предположительно на глубине 60–80 м; 2 – в результате этого распада состоящий из газа и переохлажденной воды продвигавшийся вверх напорный флюид сформировал шток газонасыщенного льда, цилиндрический диаметр которого примерно соответствовал «стволу» Ямальского кратера; 3 – связанная с зоной диссоциации газогидратов, газовая составляющая штока находилась под давлением свыше 2 МПа; 4 – после достижения предела прочности перекрывающих пород произошел выброс газа и ледово-породной массы, в результате чего сформировался кратер.

Отметим, что подобные первопричина и механизм предполагались еще на первых стадиях из-



**Рис. 4.** Бованенковская воронка изнутри. В сложенных льдом стенках видны каверны, вероятно, образованные кавитационными микровзрывами при вихревом прорыве газа. Фото В. Богоявленского



**Рис. 5.** Бованенковская воронка и соседнее округлое озерцо летом 2014 г. (А) через 3 года превратились в локальную систему озёр и протоков (Б). Фото Д. Колосова (А) и пресс-службы губернатора ЯНАО (Б)

учения воронок [Епифанов, 2015а,б], с той лишь разницей, что «газонасыщенный лед штокверка» сформировавшийся бугор-булгуньях-пинго назывался «гидролакколитом» (pingo remnant), величина напорного давления газа *под ледовым телом* численно не определялась, и на насыщенности ледяного ядра газом акцента не делалось, поскольку фактических данных для этого не было.

Авторы совершенно справедливо отмечают, что «потепления климата за последние десятилетия или аномально теплые летние сезоны не могут изменить температуру мерзлых пород на глубине 60–80 м» [Хименков и др., 2017, с.60]. *Причину же распада газогидратов они видят* в локальном прогреве мерзлых пород под озёром, следы существования которого в неопределённом прошлом обнаруживаются среди отложений в бортах воронки. И там же на странице 62 в виде аргументов в поддержку этой версии причины распада, указывается: «Под небольшими озёрами и полосами стока среднегодовые температуры повышаются до значений  $0 \div -1^\circ\text{C}$ . Георадарное зондирование выявило несквозной талик мощностью 2–3 м, сформировавшийся под дном одного из современных термокарстовых озёр».

Однако, в «цитате-аргументе» речь идет о повышении температур под современными «живыми» озёрами, но от некогда существовавшего на месте Бованенковской воронки палеозера к моменту выброса остались лишь некие осадки. Упоминается и «талик несквозной» мощностью (2–3 м) мало отличающийся от величины сезонной оттайки, упоминаемой в предыдущем цитировании как *не способной изменить температуру пород на глубине 60–80 м*.

Используя «данные научных публикаций» в своих выводах-предположениях о причине распада газогидратов авторы опираются на сугубо географо-климатические представления, но не принимают во внимание знания геолого-геофизические.

Отметим, что существуют обоснованные мнения о том, что Бованенковская воронка и ряд других подобных объектов находятся в самых аномальных на Ямале зонах с экстремально высокими значениями теплового потока, которые связаны с подтоком прогретых глубинных флюидов по системам разломов [Богоявленский, 2014а,б, Богоявленский и др., 2014].

Геологам и геофизикам известно, что находящиеся в хрупком неустойчивом равновесии метастабильные зависящие от давления геосистемы способны реагировать на слабые сейсмико-тектонические воздействия, а «часть малоамплитудных землетрясений, зарегистрированных NORSAR, попала в район воронок Ямала ...» [Богоявленский, 2014а, с. 17], и даже на самые незначительные колебания гравитации, уменьшение

силы тяжести.

Имеющиеся данные позволяют в качестве триггера активизации распада газогидратов и запуска процесса образования дегазационных воронок рассматривать гравитационные силы.

Время образования двух обнаруженных в 2013 г. воронок достоверно определено. Взрывы произошли в декады равноденствий – Дерябинская воронка образовалась в конце марта (весеннее равноденствие), а взрыв Антипаютинской воронки наблюдался в конце сентября (равноденствие осеннее). Наряду с зимним (афелий) и летним (перигелий) солнцестояниями, эти периоды движения Земли на околосолнечной орбите характеризуются особыми состояниями гравитационного поля, изменения которого усиливаются в моменты твердых приливов в сизигиях (периоды новолуния и полнолуния). В это время изменяется газовый режим грязевых вулканов, возрастает число выбросов угля и газов в шахтах [Хитаров и др., 1982]. И именно в декаду летнего солнцестояния 28 июня на Ямале в 2017 году произошел очередной выброс и самовозгорание метана из взорвавшегося булгуньях (рис. 6), а образовавшаяся воронка превратилась в озёровидное расширение русла р. Сеяха (рис. 7).

Но и завершившийся взрывом «Тунгусский феномен» тоже произошел в декаду летнего солнцестояния! Начало дегазации «с помутнением неба» началось 21 июня, а кульминационный выброс газа с последующим его воспламенением и взрывом произошел 30 июня 1908 года [Епифанов, 2002]. *Итак, все четыре достоверно зафиксированных взрывных выброса произошли в дни «орбитально-гравитационного напряжения планеты»*. О дегазационной природе «Тунгусского взрыва» будет



Рис. 6. «Вести с Ямала» – моменты взрывного выброса газа на р. Сеяха



**Рис. 7.** Сеяхинская «воронка»: А – вывалы ледо-грунта и озёрвидное расширение в русле р. Сеяхи сформировавшееся при затоплении воронки, Б – дегазирующее метаном расширение глубиной до 50 м. Фотоматериал А. Синицкого

сказано далее, здесь же пока отметим, что такое «совпадение» не случайно. Сфотографированная В.С. Якушевым 29 июня 2010 г. воронка [Богоявленский, 2015] также могла образоваться в декаду летнего солнцестояния, поскольку видно (рис. 8), и в комментариях к снимку это отмечено, что поверхность земли и вода все еще загрязнены выброшенной из воронки породой.

**Антипаютинская** (Тазовская) воронка (рис. 9) расположена в западной части п-ова Таз на водораздельной поверхности в 90 км к северо-западу от пос. Антипаюта в районе одноименного месторождения УВ.

Момент ее образования случайно наблюдали местные оленеводы 27 сентября 2013 года. Сначала они увидели на горизонте легкую дымку (конденсат

из охлажденного влажного воздуха, образованный при адиабатическом расширении газов), затем превратившуюся в плотный туман, после чего землю потрянуло, и в этом месте произошла вспышка. Диаметр образовавшейся круглой глубокой воронки на



**Рис. 9.** Вид Антипаютинской воронки летом 2014 г. Кадр из телевизионных новостей



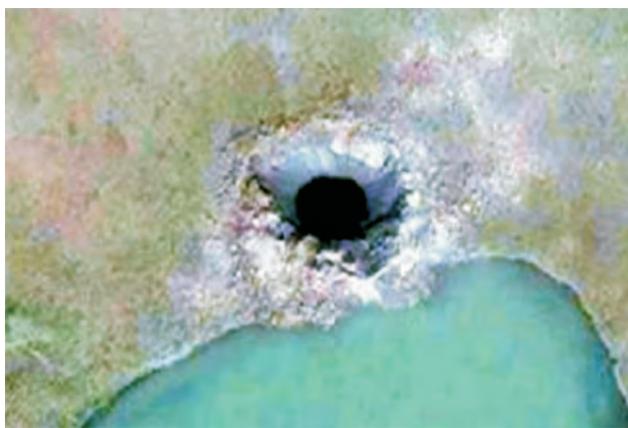
**Рис. 8.** Группа булгунняхов и воронка, сфотографированные В.С. Якушевым 29 июня 2010 г. во время полета на вертолете южнее Бованенково. Фото из статьи [Богоявленский, 2015]

момент ее осмотра представителем местной власти в июне 2014 года составлял около 16 метров. В 2016 г. ее посетила группа исследователей, отметившая начало превращения воронки в озеро.

**Дерябинская** (Таймырская) воронка (рис. 10) образовалась на левобережье начала Енисейского залива в ~25 км севернее неразрабатываемого Дерябинского газоконденсатного месторождения на пологом склоне возвышенности на берегу небольшого округлого озера. Образовалась она в результате взрыва булгуньяха (рис. 11 А,Б) в конце марта 2013 года. Тогда жители ближайших поселков (расстояния ~ 70–100 км) услышали по-

хой на взрыв звук, а один из них наблюдал в небе неясное свечение. Воронка была найдена 12 апреля оленеводами С.Д. Лапсуи и С.В. Яптунэ которые ее сфотографировали (рис. 12), промерили, и отметили, что вокруг воронки в радиусе 1 км разбросаны земля, песок, лед (рис. 13). На момент обнаружения диаметр воронки составлял около 4 м, а глубина, измеренная опущенными в нее связанными между собой веревками, – более 100 м.

Спустя два летних сезона за счет таяния ВМ и оплывания-обрушения стенок (в основном южной экспозиции) воронка превратилась в округлый за-

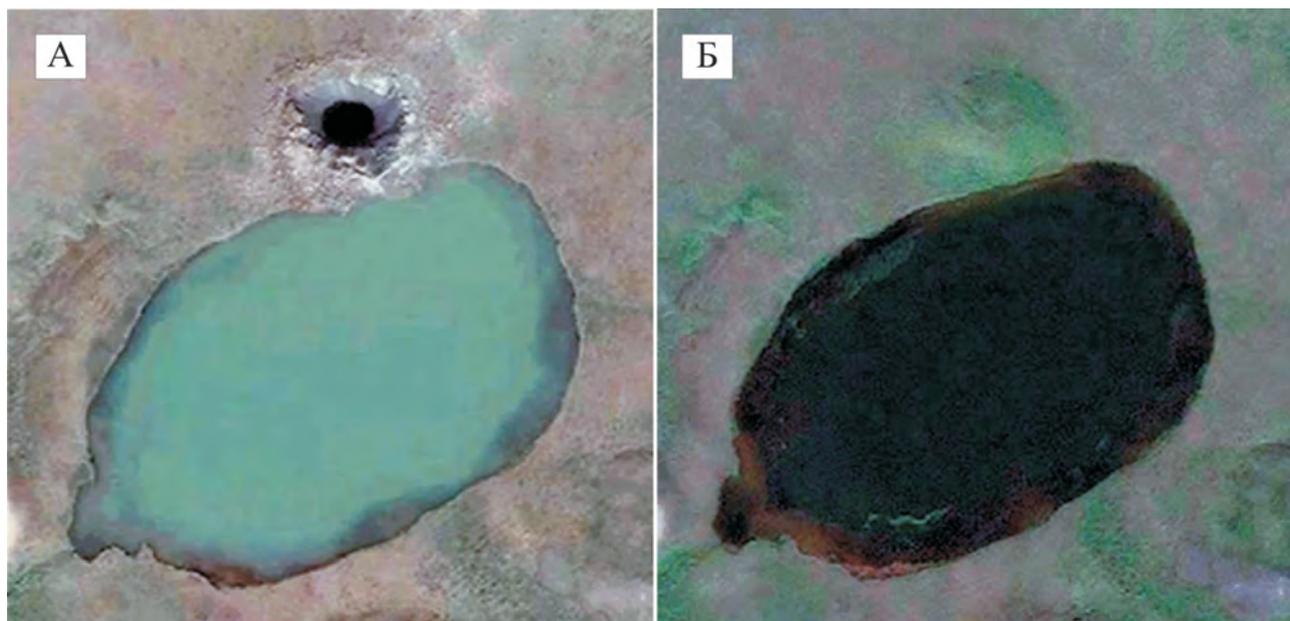


**Рис. 10.** Кратерный канал и вывалы горных пород Дерябинской воронки. Фрагмент космоснимка из статьи [Сизов, 2015]

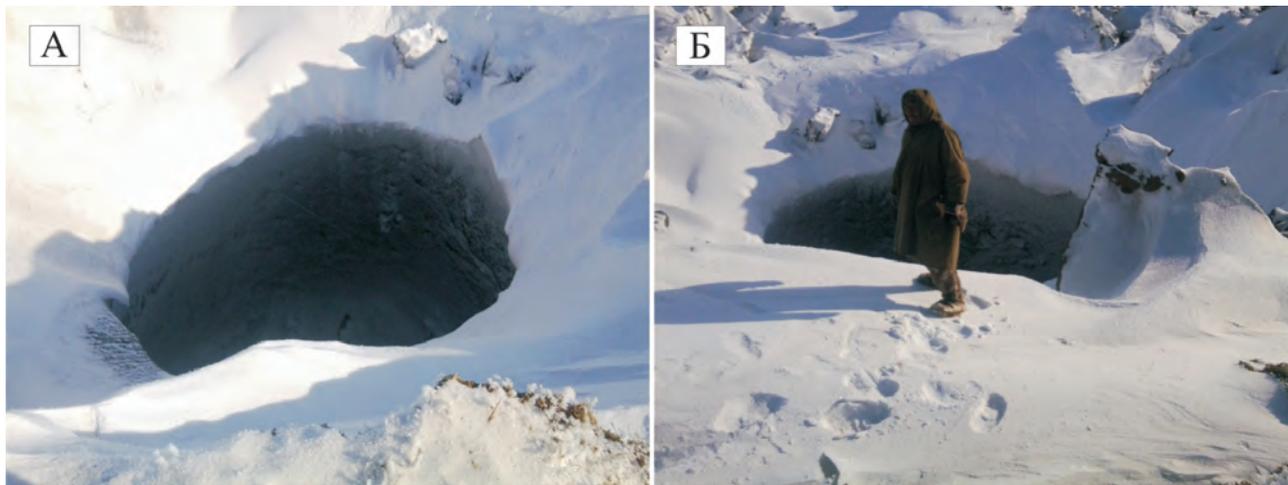
полняющийся водой котлован (рис. 14). Диаметр его на начало сентября 2014 г. составлял около 65–70 м, высота стенок достигала 10 м, а глубина у южного борта – около 18 м. Стенки котлована сложены разнообразными мерзлыми отложениями. В верхней части они сложены горизонтально-слоистыми молодыми осадками, часто выклинивающимися и содержащими торф, а в нижних частях представлены блоками-линзами разнообразных дочетвертичных осадочных отложений, иногда пронизанных жилками льда.

За прошедшее время выброшенный породный материал в основном уже оплыл в котлован. Однако частично все же еще сохранился на южной и западной его бровках (рис. 14 Б, В), и в виде ориентированной на север полосы из оттаявших и оплывших глыб четвертичных отложений в ~20 м северо-восточнее котлована (рис. 15 А). Мелкие обломки пород сохранились только на субгоризонтальной водораздельной поверхности, и не были обнаружены даже на пологих склонах. Тонко- и мелкозернистый материал уже начал ассимилироваться почвенным слоем, прорастая травянистой растительностью (рис. 15 Б, В).

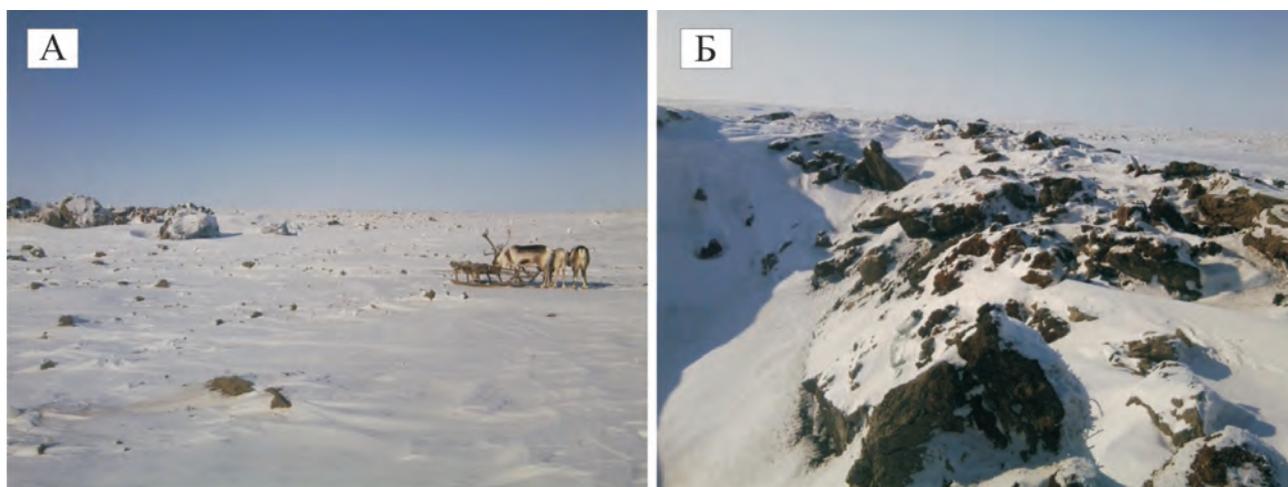
При этом выброшенный взрывом на поверхность обломочный материал более прочных пород сохранился, лишь отмывшись от глин и песка талыми и дождевыми водами. Обнаруженные недалеко от котлована обломки (рис. 16 А), ранее входили в состав отложений одного из блоков вскрытых взрывом дочетвертичных пород (рис. 16 Б).



**Рис. 11.** Вид Дерябинской воронки на 19 июля 2013 г. (А) и булгуньяха на месте будущего взрыва (Б). Фрагменты космоснимков из коллекции А. Долгорукого



**Рис. 12.** Вид Дерябинской воронки на момент обнаружения 12 апреля 2013 (А) и один из ее первооткрывателей «масштабирующий» объект. Фото С. Лапсуй

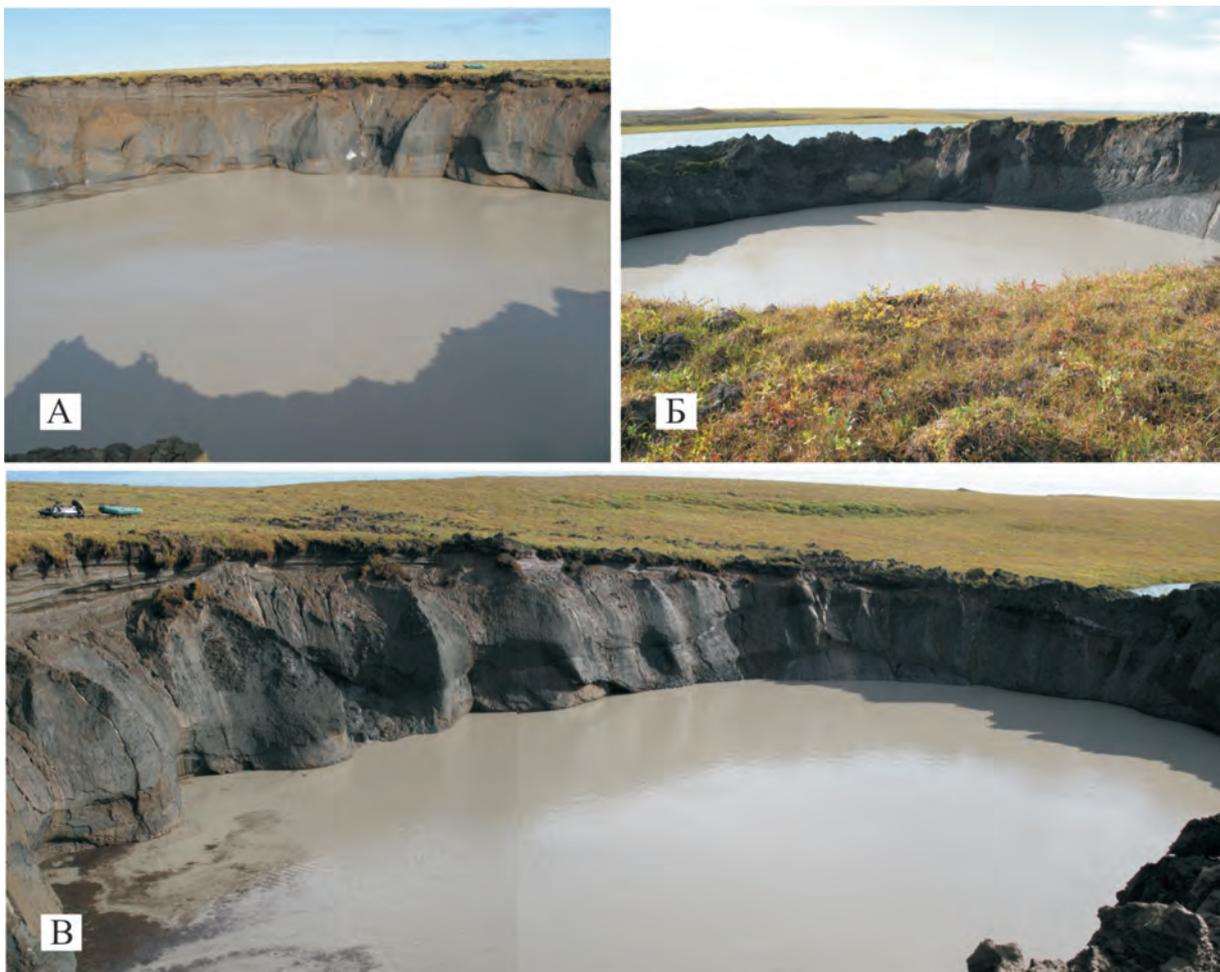


**Рис. 13.** Разброс почво-грунтов вокруг Дерябинской воронки (А) и выброшенный взрывом вывал «бруствера» на устье воронки (Б). Фото С. Лапсуй

Подобный обломочный материал встречается на холмике, расположенном на заднем плане рисунка 14 Б. Вид с этого холмика на озеро и воронку-котлован (рис. 17 А) свидетельствует о пространственной сопряженности и вероятной генетической связи всех трех объектов. Окатанные и остроугольные обломки на рисунке 16 А, внешне аналогичны слагающему холмик породному материалу (рис. 17 Б). Размеры холма (диаметр около 8–10 м, высота около 2 м) и изобилие рассыпанного по нему литологически разнородного материала несортированного по размеру и степени окатанности (рис. 17 В) подобны малым формам ледникового аккумулятивного рельефа «мини камам».

Такого типа объекты без детального исследования воспринимаются как «типично ледниковые образования» и часто исследователями рассматриваются как фактический материал «без сомнения» свидетельствующий в пользу существования здесь в недавнем прошлом ледового покрова. В действительности же это реликты недавнего выброса на современную поверхность блока оттаявших и размытых глубинных обломочных отложений, в прошлом, вероятно, уже переотлаживавшихся при различных флювиальных процессах.

Таким образом, основные положения о конвергентности «ледниковых отложений» ранее лишь теоретически рассматриваемые нами [Епифанов, 2006, 2010, 2011а и др.], вполне удачно подтверж-



**Рис. 14.** Виды Дерябинской воронки-котлована: на север – в сторону водораздельной поверхности (А), на юг – в сторону озера и расположенного за ним бугорка с разнородным «экзотическим» обломочным материалом (Б), и на восток – где панорамным снимком демонстрируется расположение котлована на склоне (В). Фото В. Епифанова

даются фактическим материалом Дерябинского взрывного объекта.

Расположение объекта на берегу небольшого овального озера со следами деформаций на склонах вмещающей его депрессии и литолого-гляциальная структура стенок котлована уже при рекогносцировке дали нам основания для следующей реконструкции [Епифанов, 2015а,г].

Частичное разрушение находящейся на глубине около 100 м залежи МГ привело к обособлению «газового кармана», а из выделившейся свободной водной фазы образовалось ледяное тело гидролакколита. При достижении критического давления газа в «кармане» метан прорвался на дневную поверхность и образовал воронку, превратившуюся сначала в котлован, а затем в депрессию с озерцом над местом газового выброса. Поскольку канал дегазации оказался плотно закупорен (кольматирован) породами оплывших

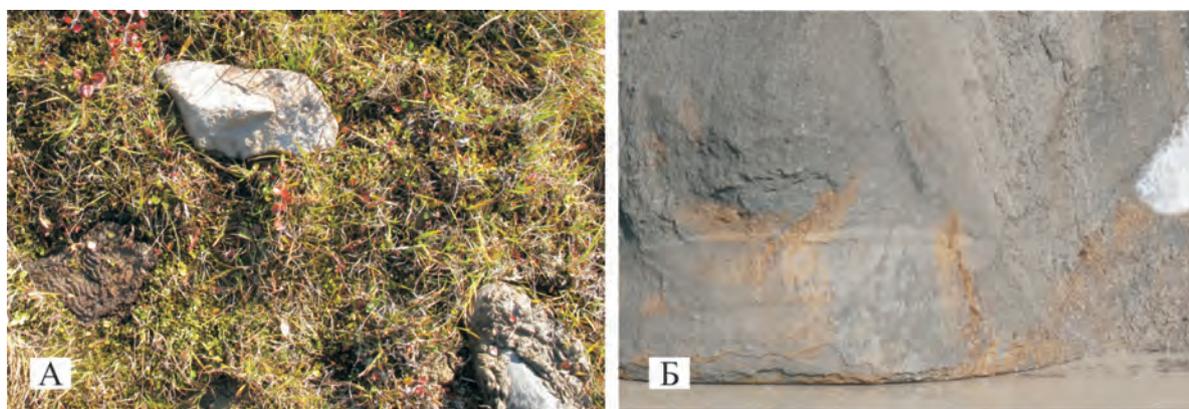
стенок, то в ходе дальнейшего разрушения залежи следующая порция высвободившегося газа и замерзшей воды (ледяного гидролакколита) «искала» уже новый путь для прорыва.

Под ледяным телом литостатическое давление несколько меньше (лед легче песка и глины), поэтому газ начал скапливаться именно под ним, выдавливая новый гидролакколит к поверхности. В какой-то момент давление метана превысило крепость «покрышки» и произошел взрывной выброс газа с разрушением основной части гидролакколита и выбросом его частей вместе с почвогрунтом на дневную поверхность (рис. 18). Следы вертикального движения этого диапира (ледяного ядра булгуньяха-пинго) отчетливо проявлены в стенке котлована в виде трещинных дислокаций взламывания и деформаций пород (рис. 19).

Таким образом, все три воронки располагались в относительной близости от известных



**Рис. 15.** Реликты выбросов породного материала из Дерябинской воронки: линейно-ориентированные оплывшие глыбы четвертичных отложений (А), мелкие обломки глинисто-песчаных (Б) и глинистых (Б') дочетвертичных пород ассимилирующиеся растительностью на водораздельной поверхности. Фото В. Епифанова



**Рис. 16.** Угловатая «отмытая» мелкая глыбка (10x12x4 см) и окатанный *еще в глинистой «рубашке»* мелкий валунчик кремнисто-карбонатных пород (А) и часть разреза отложений из которых они могли попасть на поверхность (Б). Фото В. Епифанова

месторождений газа и, как минимум две из них, образовались при катастрофическом разрушении булгунняхов взрывами напорных УВ-газов. Очевидное несоответствие между объемами полостей воронок и массой выброшенных из них горных пород объясняется разрушением ледя-

ных ядер булгунняхов (см. рис. 4, 18, 19) и высокой льдистостью прорванных четвертичных отложений (до 50–90 %). Именно льдистостью определяется активность процессов термоабляции и термоабразии, превращающих воронки в озёра всего за 2–4 года.



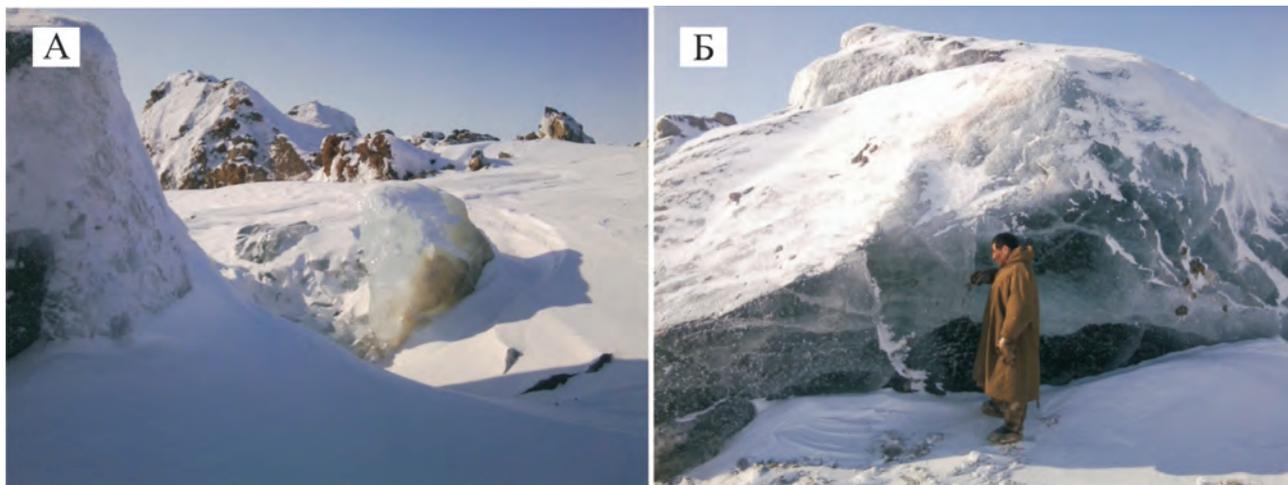
**Рис. 17.** Вид на Дерябинскую воронку-котлован с расположенного на южном берегу озера холмика (А), сложенного материалом, аналогичным обнаруженному среди выбросов воронки (Б), но значительно шире и разнообразней представленным (В). Фото В. Епифанова

Для выявления причин глубинной дегазации и механизма образования взрывных воронок ценную информацию может дать анализ особенностей пространственного размещения озер.

Вблизи Дерябинского газового выброса в расположении озер и в тонких контурах ландшафта на космическом снимке (Google) видна кольцевая структура радиусом 1 км (рис. 20 А, Б). Она не является уникальной или «случайной», подобных форм с радиусами 1 000 и 500 м в этом районе выявляется более двух десятков, дешифрируются и внесмасштабные 100–метровые структуры. Озёра располагаются либо в центральных частях, либо по периферии колец (рис. 21 А, Б) и эта особенность требует объяснений. Также отметим, что на отдельных участках в размещении озер наблюдается четкий линейный контроль, свидетельствующий о связи образующих озёра процессов с системами тектонических нарушений.

Схема модели формирования кольцевых зон деструкции изображена на рисунке 21 В. В левой части рисунка показана система «ослабленных зон», возникающих в результате микроволновых импульсов идущих от глубинного очага. Пересечения этих зон создают повышенную трещиноватость и проницаемость пород в узловых точках, где происходит локальное понижение давления и куда может осуществляться подток тепла от очага – условия оптимальные для диссоциации газогидратов. Естественно, что в этих местах залежи МГ начинают активно разрушаться. Именно в контурах проекции на земную поверхность узлов и зон происходит образование взрывных воронок, а затем и озёр показанных на плане.

Такая модель была получена Райнхартом и Пирсоном в результате экспериментов со стальными пластинами, срезы которых показывали систему дислокаций возникающих в результате биений ударных



**Рис. 18.** Вывалы горных пород и льда вблизи устья воронки (А) и крупный обломок (3х4х3 м) ледяного гидролакколита (Б). Фото С. Лапсуй



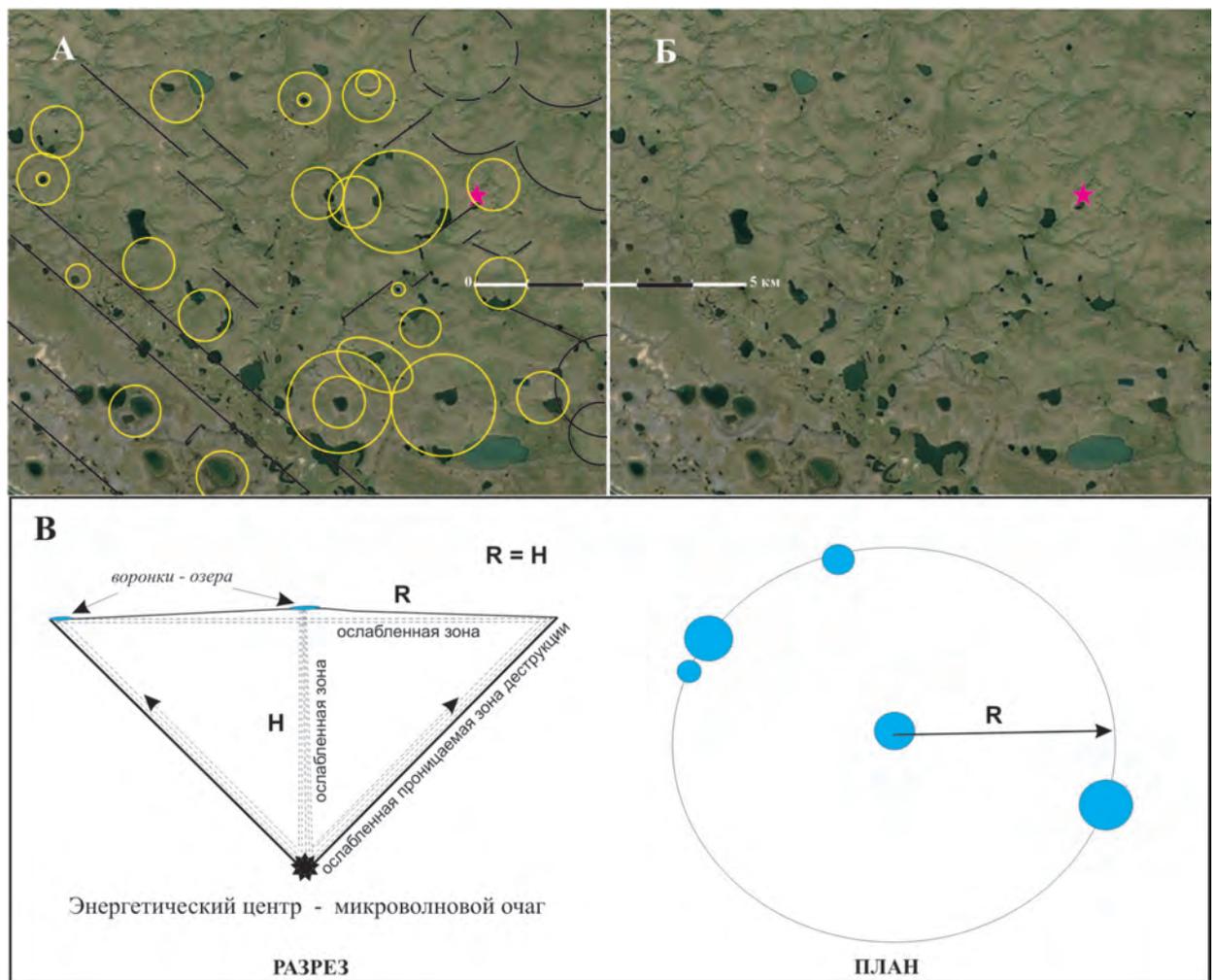
**Рис. 19.** Деформации вмещающих пород, возникшие при движении гидролакколита и часть ранее расположенного на этом месте ледяного ядра булгуньяха. Фото В. Епифанова

волн из точечного очага снизу. Подобные разрезы наблюдаются и на природных объектах в деформациях геологической среды, а перспективы апробации модели привлекательны тем, что в эмпирически доказанную систему связывают вертикальные, наклонные и горизонтальные тектонические нарушения, способные концентрировать тепло- и массопотоки, а по величине радиуса кольцевой зоны позволяют судить о глубинности родоначального импульса [Богацкий, 1986, Жуланова, 2014, Епифанов, 2015а].

В районе Дерябинского взрыва наиболее широко распространены кольцевые структуры с радиусом ~500 м (диаметр 1 км – рис. 21 А). И так как радиус структуры равен глубине расположения очага, то источники формирующих их импульсов должны находиться на глубине около 500 м. На Дерябинском газоконденсатном месторождении именно до глубины 500 м от земной поверхности распространяется ВМ, т.е. некий источник располагается в ее подошве – «на границе с охлаждающим горизонтом».



**Рис. 20.** Ландшафт территории вблизи места Дерябинского взрыва с воронкой-котлованом и кольцевой структурой радиусом 1 км в 2014 г. (А), и он же в 2017 г. с образованным на месте котлована и старого озерца «голубым озером» и дешифрируемыми признаками роста нового булгуннях в 1,5 км к с-з от взорвавшегося (Б). Космоснимки Google



**Рис. 21.** Космоснимок Google района места Дерябинского взрыва с дешифрированными кольцевыми структурами и линейными ослабленными зонами (А) и его «исходный вид» (Б). Схема-модель образования ослабленных зон и узлов пересечений при импульсных биениях глубинного очага в разрезе и вид формирующихся кольцевых структур и озёр в плане (В)

В этой связи необходимо отметить, что в одной из последних публикаций по теме генезиса углеводородных соединений (УВС) в связи с ролью холодных термобарьеров отмечается: «... как и в случае первичного ЕУС (*естественный углеводородный синтез – Епифанов*), массовая и локально сконцентрированная конденсация УВС становится неизбежной под воздействием охлаждающих горизонтов», и «Таким образом, для формирования отложений УВ-сырья имеют глобальное значение *PT*-ловушки критических  $T$   $H_2O$ ,  $H_2S$ ,  $CO_2$ , тогда как локальные условия формирования концентраций УВ-сырья обуславливаются воздействием охлаждающих горизонтов» [Мальшев, 2017, с. 446].

Не исключено, что наличие кольцевых структур вблизи Дерябинского газоконденсатного месторождения указывает на современный подток глубинных флюидов и локализованную конденсацию (накопление) углеводородов в подошве горизонта многолетнемерзлых пород.

Однако, возможны и другие версии, объясняющие природу этих локальных «очагов-родоначальников». Например, для мелких структур радиусом 100 м очагами могут быть сами узлы пересечений ослабленных зон, в которых разрушаются залежи МГ расположенные на соответствующих глубинах. На схеме-модели видна субгоризонтальная ослабленная зона играющая в образовании узлов-пересечений основную роль (рис. 21 В). На Дерябинском месторождении в 100 м от поверхности электрокаротажем выявлен аномальный горизонт (дешифрируется как «возможно, талый»), и именно с такой глубины произошел выброс газа, образовавший глубокую 100-метровую воронку.

Эти наблюдения-предположения требуют проверки и уточнений, а выводы о природе «импульсных очагов» специальных исследований, но очевидно, что причинами взрывной дегазации является именно разрушение залежей метастабильных (реликтовых) газогидратов.

Газогидраты или газовые клатраты – кристаллические нестабильные структуры, в которых газ находится в окружении молекул воды и удерживается вместе с ними низкой температурой и высоким давлением. Название «клатраты» происходит от латинского «clathratus», что значит «сажать в клетку». Природные газы –  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $CO_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2S$  и т.п. – образуют гидратные соединения разных типов и газоёмкости.

Поскольку газогидраты формируются при отрицательных температурах и повышенных давлениях и могут существовать только при определенных Р-Т условиях, то изменение одного из этих параметров (например, давления в «ослабленных узлах») приводит к разрушению залежей и осво-

бождению газовой фазы. Из 1 м<sup>3</sup> метангидрата в среднем выделяется около 164 м<sup>3</sup> метана в «сухой» газовой фазе и около 0,87 м<sup>3</sup> воды. Высвободившийся газ формирует напорную залежь под покрывкой мерзлых горизонтов, а после преодоления сдерживающих сил прорывается на поверхность и образует воронки.

Высвободившаяся вода ведет себя по-разному. Она может создавать вертикальные обводненные каналы-талики и подпитывать водой сформированные газовыми выбросами озера (таких озеристых сотни тысяч, они и составляют основную часть северных тундровых ландшафтов). Но на первых этапах разрушения залежей МГ в силу склонности клатратных соединений к самоконсервации, освобожденная вода вновь замерзает, формируя в ВМ ледяные гидролакколиты, пласты, линзы, жилы, прожилки и т.п. составляющие значительный объем четвертичных ледовых комплексов едомы [Епифанов, 2015б, г].

На суше Российской Арктики залежи газогидратов были обнаружены на Чукотке, в Колымско-Индибирской низменности, на Сибирской платформе – на юге Анабарской антеклизы в районе алмазонасной кимберлитовой трубки «Удачная» и в устье р. Оленек, а также на газовых месторождениях Ямбургское, Бованенковское, Уренгойское, Мессояхское [Якушев и др., 2014].

Мессояхская область «сплошного распространения криогенных толщ» характеризуется слабой расчлененностью рельефа, частым перекрытием торфяниками (1–2 м), развитием пластово-жильных и пластовых льдов и сильной заозеренностью (Бешенцев, 2015). Именно на Мессояхском газовом месторождении в 1964–1967 гг. были обнаружены первые «сухопутные» залежи газогидратов. Дерябинский район находится в 200 км севернее и характеристика его подобна. Таким образом, уже по «ландшафтно-гляцио-гидрологическим» признакам следует ожидать, что на Дерябинском газоконденсатном месторождении как и на Мессояхском месторождении существуют залежи МГ. Взрывные выбросы газа только лишь подтверждают этот вывод.

На космоснимках Дерябинского района видно, что в контуре почти любой из многочисленных кольцевых структур нередко располагаются 2–3 и более озёр (см. рис. 20 и 21). Это прямо свидетельствует о том, что связанные с кольцевыми структурами залежи МГ ранее уже «выстреливали» неоднократно и к настоящему времени они могут быть уже значительно истощены. На это же может указывать степень насыщенности почво-грунтов пластовыми, пластово-жильными и пр. льдами.

Изучение изотопии льда вскрытого бурением (более 30 м) крупного булгуньяха одноименного

нефтяному месторождению Песцовое на юге Тазовского п-ова позволило отметить признаки стадийности процесса образования его ледяного ядра [Васильчук и др., 2017]. Известно, что температура кристаллизации «тяжелой воды» ( $D_2O - 3,8^\circ C$ ) заметно выше, чем у воды обычной ( $H_2O - 0^\circ C$ ), поэтому в первые фазы замерзания воды происходит селективное извлечение в лёд тяжелых стабильных изотопов (кислорода-18 и дейтерия) и обогащение легкими в поздние фазы льдообразования. Такой схеме близко соответствуют верхние 5–6 м вскрытого разреза ядра булгуньяха, в средней части которого (интервал 12–15 м) ледовое тело обогащено тяжелыми изотопами незначительно, а на глубинах 15–26 м наблюдается постепенное облегчение изотопного состава. Сделан вывод о том, что верхняя часть льда образовалась при промерзании сверху замкнутого объема воды.

Аналогичные ситуации могут наблюдаться и при дискретном распаде залежей МГ. В экспериментах показано, что они обладают эффектом самоконсервации, заключающимся в образовании из выделившейся воды пленки льда, которая после достижения критической толщины прекращает разложение газогидратов [Ершов и др., 1992].

Разрушение залежи метангидрата приводит к тому, что на каждой из многочисленных стадий последовательного распада МГ выделившаяся газовая фаза «всплывает» над водной, и охлаждает ее до ледяной «пленки». В лед термически экстрагируются тяжелые изотопы, а «облегченная» вода вновь формирует клатрат. В финале распада залежи газ «уходит», а сформировавшаяся толща льда (пласт, жила, линза, купол и пр.) «входит» в состав ледовых комплексов со своей специфической изотопией.

*Поскольку адиабатическое переохлаждение и льдообразование происходят в кровле разрушающейся залежи, и по мере диссоциации газогидратов зона замерзания постепенно опускается к основанию разреза, то сформировавшийся изотопный профиль ледового тела в верхней части будет обогащен тяжелыми изотопами, а в нижней ими обеднен.*

Обычно такая ситуация «классически» воспринимается как явно «климатическая». Считается, что промерзание на многометровую глубину осадочных пород и заключенной в них воды происходило сверху вниз в результате длительно существовавших очень холодных погодноклиматических условий.

Вместе с тем, приведенные выше данные показывают, что именно такой изотопный профиль ледовых тел и должен формироваться в результате последовательного чередования распада и самоконсервации МГ. При закономерно-последовательном общем изменении изотопии в профиле ледового

тела должны наблюдаться и многочисленные мелкие модуляции содержания тяжелых изотопов, отражающие общую и частную динамику активности процессов диссоциации метангидратов.

Фиксируемая же в изотопных профилях стадийность образования ядер бугров может быть связана с крупными дискретными этапами, составляющими циклы разрушения залежей МГ, сопровождающихся взрывными выбросами газов и образованием воронок, а позднее – озёр, после своего осушения превращающихся в аласы-хасыреи, на которых вновь растут бугры.

Эти вопросы ждут своего профессионального и непредвзятого изучения, а пока в качестве предмета обсуждения предлагается авторская гипотеза формирования заозёрных ландшафтов Российской Арктики (рис. 22), которую описывает «дегазационная модель циклично-коэволюционного развития основных форм рельефа равнинной тундры».

Представить эту дегазационную модель можно в следующей циклично повторяющейся последовательности развития основных процессов и событий.

1. Цикл начинается с разрушения метастабильных залежей МГ под воздействием внешних сил. Этим запускается механизм образования гидролакколитов («ледяных штокверков»), которые под напором освобожденных из МГ газов выдавливаются вверх по разрезу.

2. В результате этого на дневной поверхности «растут» бугры-булгуньяхи (рис. 23 А) и в какие-то моменты они взрываются с образованием полых округлых глубоких воронок, стенки которых активно разрушаются процессами термоэрозии и гравитационного оплывания, воронки превращаются в котлованы, мелеют и заполняются водой (рис. 23 Б).

3. За несколько лет воронки превращаются в озёра. Скорость их 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 воронки заполняются водой очень быстро и создают русловые озёрвидные расширения (см. рис. 7).

4. Сближенные в пространстве мелкие озёрца объединяются в крупные, аккумулирующие тепло, озёра, и стимулируют таяние подстилающих дно приповерхностных горизонтов льда.

5. Подпитка тающими льдами и просадки почво-грунтов (собственно термокарстовые процессы) приводят к образованию обширных мелководных водоёмов с локальными глубоководными участками.

6. По мере исчерпания доступных для озёрного прогрева ресурсов приповерхностных пластов



**Рис. 22.** Типичный ландшафтный вид заозёрненной «мокрой тундры» Российской Арктики. Фрагмент заставки с сайта Администрации ЯНАО

льда, экспансия водоёмов завершается, а затем, за счет активного испарения с обширных акваторий, начинается их осушение. На склонах водоразделов происходят прорывные сбросы вод из озёркотлованов в речные системы.

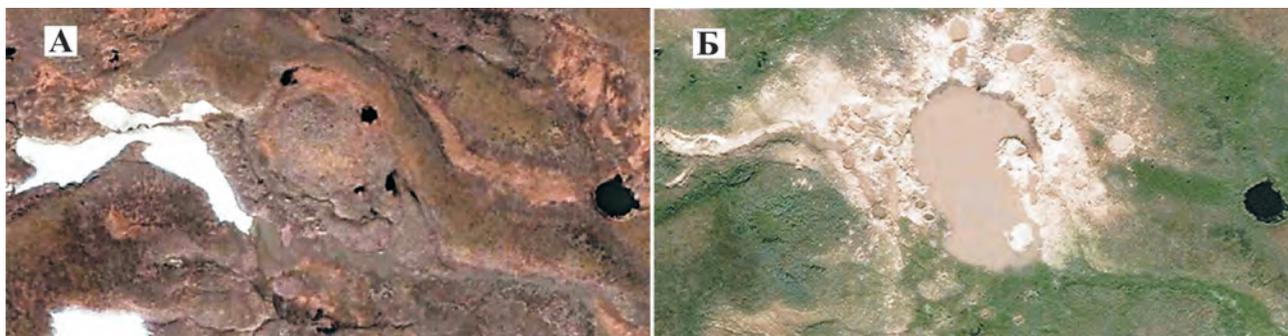
7. В завершении цикла формируются обширные, нередко имеющие овальные очертания, пологовыровненные впадины (хасыреи, аласы), содержащие мелкие озёрца, заболоченные депрессии и торфяники, прежде бывшие глубоководными участками крупных водоёмов, а еще ранее – взрывными воронками. Если выбросы газов на склонах водоразделов происходили активно, то во множестве образуются кароподобные (подковообразные) открытые

в долину депрессии и поверхности водоразделов существенно меняют свои очертания, приобретая прихотливый «червяковый» облик (рис. 24).

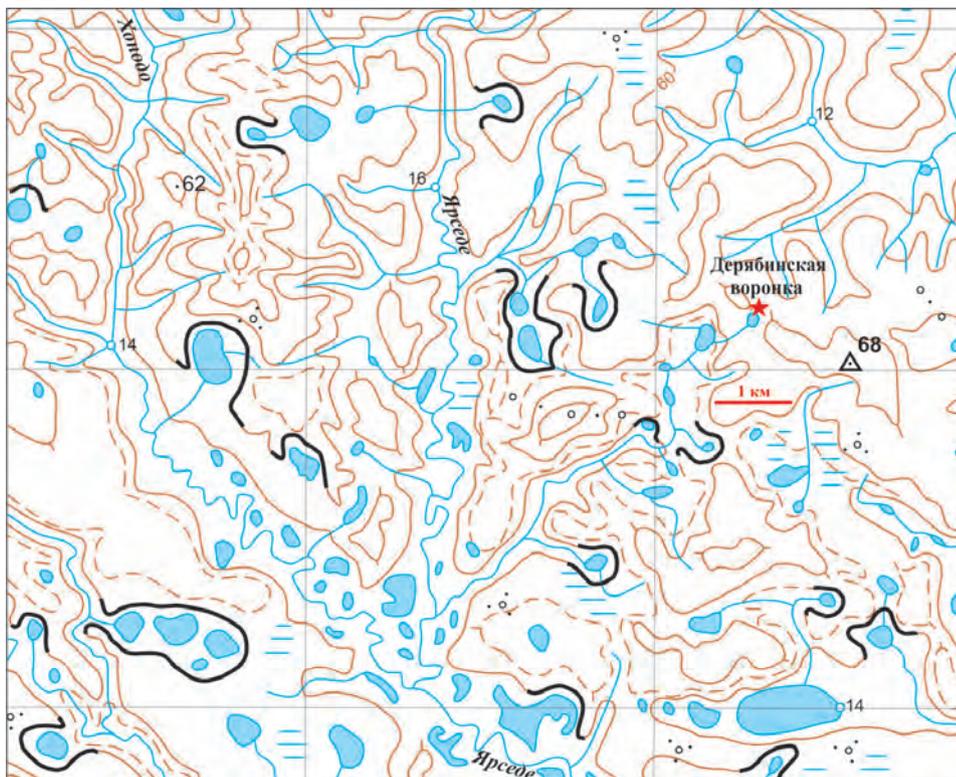
8. Таких циклов может быть несколько. Каждый последующий принципиально подобен циклу предыдущему и начинается также с очередной активизации распада метастабильных залежей. Периодичность повторения циклов обуславливается внешними космическими факторами прямо, либо опосредованно влияющими на происходящие в недрах планеты процессы. Возобновление диссоциации МГ может быть стимулировано и тем фактом, что после таяния пластов льда и стока вод в предыдущий цикл, мощность перекрывающих залежи толщ уменьшилась (эта величина зависит от мощности прослоев льда), и с клатратных соединений могла быть снята часть давления породного пресса.

9. 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 мощности залежи и «подготовленности» МГ к распаду, глубины ее залегания от дневной поверхности, геотектонической и геоморфологической позиции, от лито-фациального состава вмещающих и перекрывающих залежь горных пород, типа и состава газов в клатратных соединениях и т.д. А также от внешних воздействий.

10. Синхронность формирования воронок в разных районах обуславливается единым для всех трансрегиональным внешним природным воздействием. Как показывают даты взрывов нескольких воронок, такие воздействия пока допустимо связывать с модуляциями сил гравитации Земли при её вращении на околосолнечной орбите. При этом, однако, нужно еще учитывать приливные волны Луны и их пертурбационные ускорения, а также «... еще некоторый процесс, влекущий за собой изменение силы тяжести в диапазоне  $45 \cdot 10^{-6} \text{ см/с}^2$ , происходящей в фазе с Луной» [Авсюк, 1996, с. 76].



**Рис. 23.** Расположенный в 10 км южнее Бованенковского месторождения булгуннях (А) и начало формирования нового озера (Медвежья лапа) на месте взорвавшегося булгуннях (Б). Фото из статьи [Богоявленский, 2015]



**Рис. 24.** Фрагмент топографической карты района Дерябинского взрыва (ландшафтная ситуация 1982 года в масштабе 1:200 000) с выделенными кароподобными депрессионными формами рельефа, прихотливо деформирующими границы водораздельных поверхностей

*Общепризнанные мнения и то, что каждый считает делом давно решенным, чаще всего заслуживают изучения*  
Г. Лихтенберг

Более 100 лет «современной наукой» принято было считать, что образование «вечной мерзлоты» явление сугубо климатическое, происходящее при длительном тепловом обмене холодной атмосферы с земной поверхностью, в результате чего почво-грунты и горные породы охлаждаются до отрицательных температур, а присутствующая в них вода превращается в лед. При этом априори допускается, что промерзание пород от земной поверхности в глубину способно достигать 1,5 км (полтора километров!), а залегание подошвы криосферы даже в пределах одного района может изменяться на сотни метров!!

Также с климатом принято связывать и причину образования северных тундровых озёр. По существующим представлениям именно увеличением температуры воздуха при общем потеплении климата обусловлено таяние подземных льдов с просадкой (или провалом) почво-грунтов и образованием отрицательных форм рельефа. Путая процесс и причину, расположенные в этих де-

прессиях озёра принято называть «термокарстовыми».

*Безусловно, в существовании «вечной мерзлоты» и в образовании тундровых озёр климат играет очень важную роль. Но не он обуславливает формирование ВМ, холодный климат лишь позволяет ей сохраняться. И не потепление климата является причиной образования термокарстовых озёр, оно лишь ускоряет процессы таяния и деградации ВМ.*

Причину и механизм образования тундровых озёр следует определять основываясь на реальных фактах (см. рис. 5, 7, 8, 11, 23), учитывая массовость (см. рис. 22), а нередко и закономерно организованное расположение озёр в пространстве (см. рис. 20, 21), но не провозглашать априори их термокарстовую природу, ссылаясь на «так нас учили». И не игнорируя наличие подобных озеру «Кратерному» объектов (рис. 25), как и характер распределения озёр в районах с единым климатом и геолого-геоморфологическим строением земной поверхности (рис. 26).

Вопреки широко распространенному мнению (вошедшему и в учебные пособия) не все высокопрофессиональные исследователи считали, что термокарстовый генезис северных озёр очевиден

и является понятием «классическим». Например, ведущие сибирские геоморфологи в сводной монографической работе отмечали: «Каково же происхождение крупных и средних по величине озёр Западно-Сибирской равнины, обычно относимых к термокарстовым? Думается, что они имеют совсем иное (не термокарстовое) происхождение, что не исключает возможность их термокарстовой обработки» [Земцов и др., 1988, с. 121].

Отметив научную прозорливость уважаемых профессоров Томского и Новосибирского государственных университетов, укажем, что в настоящее время уже сама Природа на примере взрывных воронок указывает на *дегазационную* причину и *термоэрозионно-гравитационный* механизм образования первичных депрессионных форм северных озёр.

Постепенно начинает осознаваться и важнейшая роль глубинной дегазации Земли в других природных глобальных и локальных процессах и явлениях, в том числе в генерации угля и нефти [Бгатов, 1993, Ларин, 2005, Епифанов, 2016].

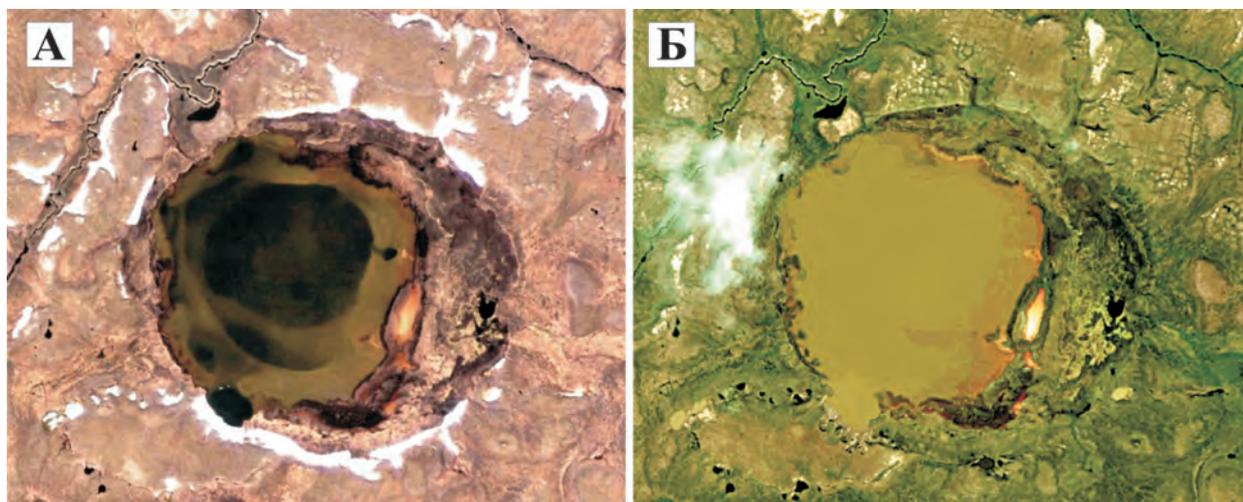
О возможности образования вечной мерзлоты в результате действия напорных газов еще на первых этапах изучения явления публично высказывался один из основоположников мерзлотоведения М.И. Сумгин. Описывая конкретный криогенный объект, он отмечал: «Или ... выходят газы, находящиеся в породе под большим давлением. В этом случае, благодаря адиабатическому охлаждению газов, может в скважине получиться охлаждение иногда весьма значительное. ... Но выхода газов в сковородинской скважине не отмечено. Поэтому это обстоятельство отпадает» [Сумгин, 1937, с. 251]. В силу своего физико-математического образования он смог пред-

положить «дресселирующую роль» газов в образовании ВМ, но из-за отсутствия в 30-х годах XX века достоверной информации по газоносности территорий и характеру и масштабам распространенности мерзлоты, он не имел возможности реально увидеть и оценить потенциал и практическую значимость взаимосвязи двух этих явлений.

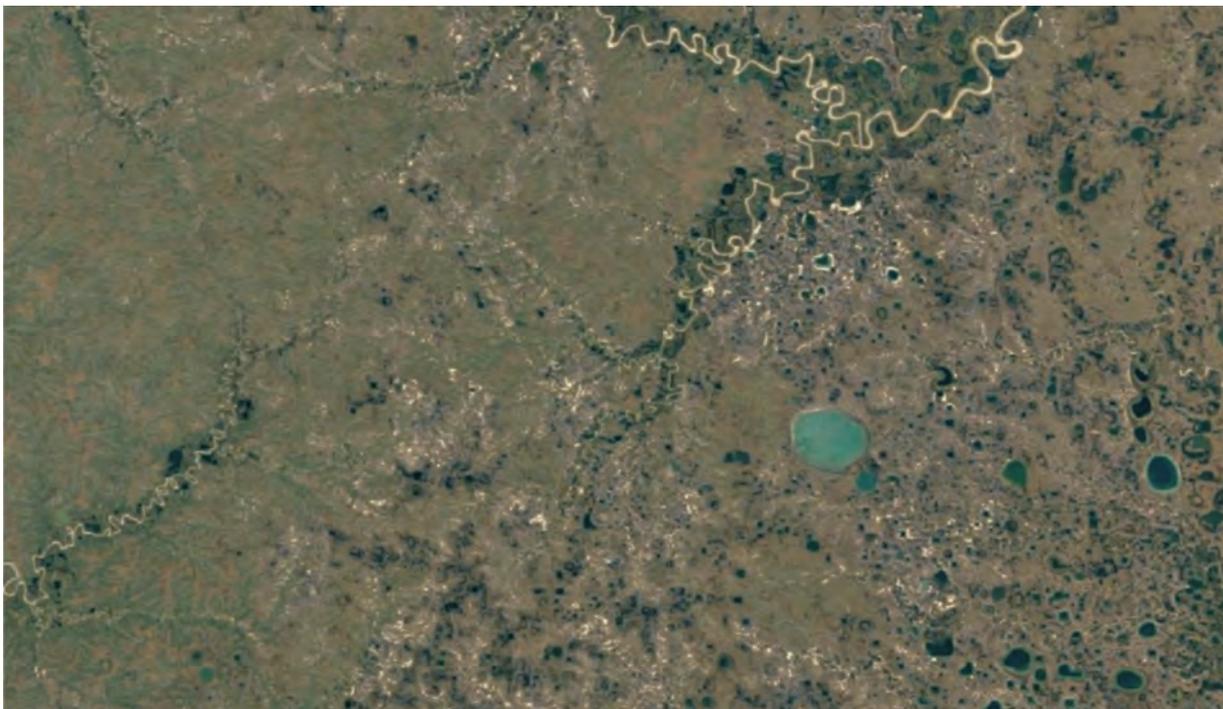
На возможную роль жидкой углекислоты в образовании мерзлых пород указывал В.И. Вернадский. В качестве причины образования глубокозалегающих многолетнемерзлых пород адиабатическое расширение сжатых газов допускал Д.В. Редозубов, и он же исследовал термические функции снежного покрова, отмечая его как хороший изолятор от холода дневной поверхности. Напомним – из снега и льда сооружались *жилища* эскимосов!

Однако детально механизм дегазационного образования многолетнемерзлых пород (ММП) впервые был рассмотрен, обоснован расчетами и опубликован в работе [Бгатов, Ларгин, 1990]. Было показано, что только проявление «эффекта дресселя» способно сформировать криолитосферу в том объеме и виде, в котором она наблюдается ныне.

На основании обстоятельного анализа особенностей строения и распространения многолетнемерзлых пород, с учетом характера и масштабов концентрирования в земной коре разных типов газов и оценкой их термобарических параметров при дресселировании, талантливым ученым профессором Василием Ивановичем Бгатовым, которому в 2018 г. исполнилось бы 90 лет, был сделан очень важный вывод: «Многолетнемерзлые породы – явление геологическое, обусловленное прежде всего внутренней жизнью Земли. ММП возникали и возникают в результате дегазации зем-



**Рис. 25.** Озеро «Кратерное» диаметром ~ 600 с каналами дегазации (А) и оно же потерявшее прозрачность после газового выброса и взмучивания илстых осадков. Фото из статьи [Богоявленский, 2015]



**Рис. 26.** Один из районов п-ова Ямал с явно не «климатическим-термокарстовым» распределением озёр. Космоснимки Google

ной коры. ... Безусловно, что северное положение криолитозон поддерживается суровым климатом, поскольку здесь теплообменные реакции поверхности литосферы и атмосферы крайне замедлены...» [Бгатов, 1993].

Позднее были получены данные, по нашему мнению, неопровержимо свидетельствующие в пользу дегазационной модели образования ВМ: «Среди крупных структур аномальные мощности мерзлых толщ над газовой залежью наблюдаются в таких как Медвежья, Заполярная, Юбилейная, Русская. Увеличение мощности мерзлых пород над их сводами составляет соответственно 130–140, 100–230, 220–230 и 80–100 м по сравнению с окружающими пространствами» [Бембель и др., 1997, с. 196].

Дегазационная идея была положена в основу создания авторских теоретических моделей возникновения и завершения глобальных оледенений и сопутствующих им специфических типов осадконакопления и природных катастроф [Епифанов, 2003–2017], которые в последние годы успешно верифицируются появляющимся фактическим материалом.

Дегазационная модель способна раскрыть причины и механизмы явлений и событий не имеющих внятных объяснений в существующих «классических ледниковых» представлениях, а иногда и противоречащих их канонам. Например, следующие факты.

1. Глобальные похолодания и последующие длительные эпохи «оледенений» происходили циклично и обычно резко заканчивались, о чем свидетельствуют пики температур на верхнем графике рисунка 27 [Епифанов, 2011б]. Изменением инсоляции земной поверхности это объяснить весьма сложно. Уровень инсоляции меняется постепенно, поскольку зависит от плавно меняющегося угла наклона Земли к плоскости эклиптики (нутаии). При этом, планета наша вращается постоянно и ее ось колеблется всегда, но «великие оледенения» происходят периодически, повторяясь в фанерозое с шагом ~144 млн. лет [Епифанов, 2012].

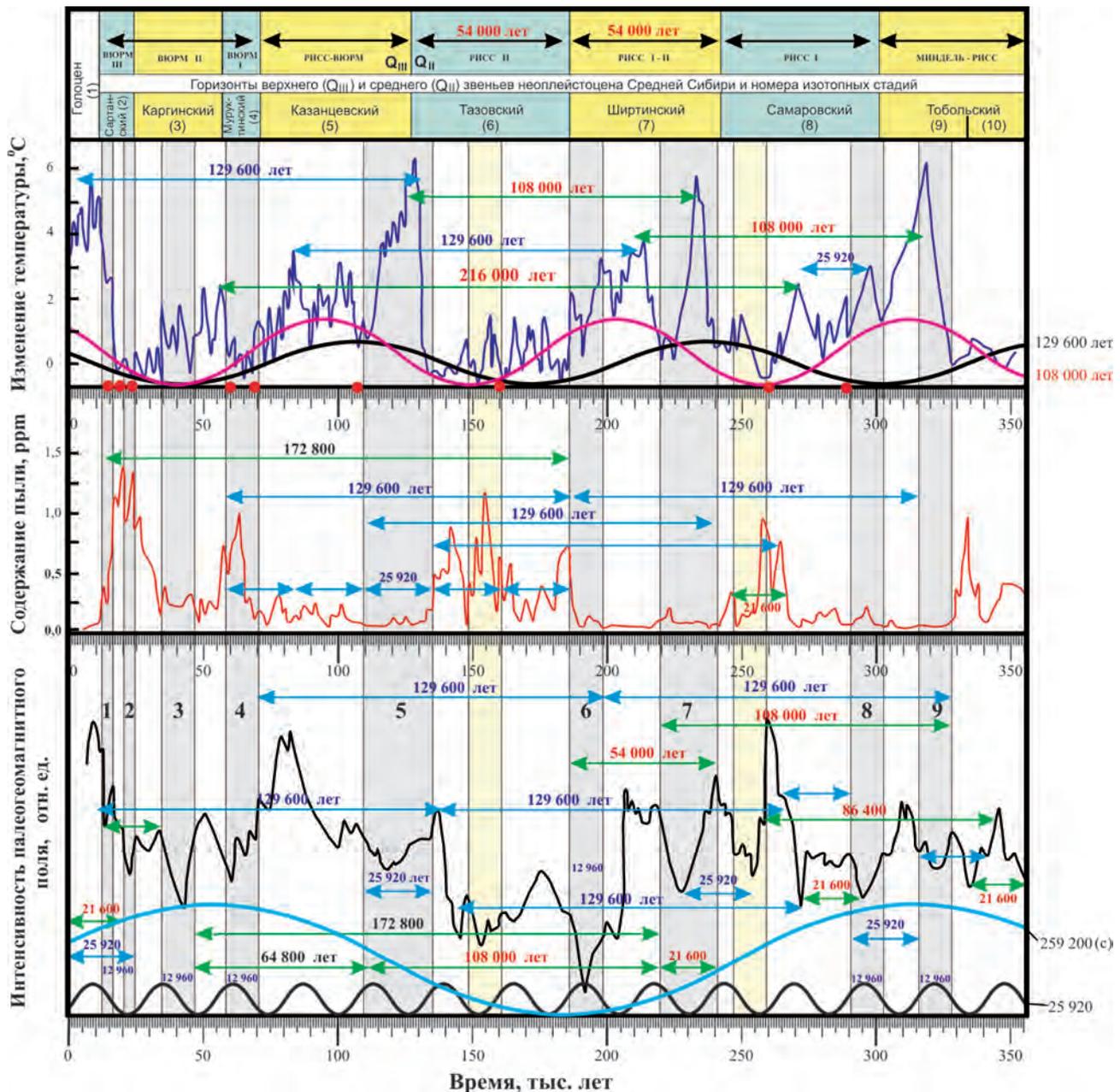
2. Пики повышающейся температуры на верхнем графике рисунка 27 часто уверенно коррелируются с периодами падения интенсивности магнитного поля Земли показанной на нижнем графике. Это указывает на наличие между глубинной жизнью планеты и климатом на ее поверхности конкретных «электромагнитных» связей и процессов, в рамках «парадигмы оледенений» в ее современной климатической модели явно не объяснимых.

3. В гляциальные эпохи *на обширных равнинных территориях* «вдруг» начиналось активное перемещение огромных масс обломочного материала размерностью от алевритов до валунов, нередко «экзотического» для этих районов. В гляциальных областях накопление материала часто имело выраженные признаки множества селевых

потоков [Лаврушин, Голубев, 1996, Епифанов, 2010а, б], что типично для территорий с высокими градиентами рельефа. При этом жизнь замирала, но не прекращалась, что невозможно представить при покрытии ледниками территории «от Скандинавии с Каниным Носом до Волгограда-Киева».

4. Одновременно с максимальным и резким похолоданием происходило затопление обширных

территорий пресными водами. В частности, в период 16–14 тыс. л.н. климат в Средней Сибири и на Таймыре менялся от субарктического до арктического (рис. 28), но именно тогда же – 16–14 тыс. л.н. – и произошел максимум хвалынской трансгрессии на Каспии. «Речной потоп проявился в виде сверхполоводий ...превосходящих по расходам воды современные в несколько (10–15)



**Рис. 27.** Изменение температуры воздуха, содержания пыли в атмосфере, и интенсивности модуляций магнитного поля Земли за последние 350 тыс. лет в контексте чередования ледниковых эпох и межледниковий. Стрелками разного цвета показаны различные по длительности повторяющиеся интервалы времени кратные прецессионному циклу (25 920, 12 960 лет) и геогалактическим пульсациям Земли (54, 108, 216 и др.). Вертикальными серыми полосами обозначены периоды резкого снижения магнитного поля планеты в периоды близкие к экскурсам: 1 – Гетенборг, 2 – Моно Лейк, 3 – Лашамп, 4 – Каргополово, 5 – Блэйк, 6 – Бива I, 7 – Ямайка, 8 – Бива II, 9 – Бива III

раз и более...их ареал простирался ... и совпадал в основном с регионом распространения многолетней мерзлоты» [Чепалыга, 2007, с. 441–442].

5. Максимальное похолодание 15–13 т.л.н. совпадает с началом первого массового цикла образования озёр в последние 24 тысячи лет (в сарганское оледенение) и коррелируется с увеличением содержания метана ( $\text{CH}_4$ ) в воздухе (рис. 29). Таким образом, *массовое образование арктических озёр началось в самый пик похолодания и сопровождалось резким ростом содержания в воздухе метана.*

6. При этом, проведенные в Западной Сибири исследования показали, что за прошедшие 30 лет при повышении среднесуточной температуры воздуха на  $1^\circ\text{C}$  и стабильном уровне выпадения атмосферных осадков, *общая площадь водной поверхности термокарстовых озёр на эталонных участках в зоне прерывистого развития ВМ уменьшилась на 20 %* (Днепровская и др., 2009). И, там же указано, что *аналогичный результат был получен* и американскими исследователями за 50 лет наблюдений на Аляске. Повышение температуры – повышение испарения и высыхания, но не образования озёр.

7. В районе Анабарского щита на Сибирской платформе наблюдается промерзание горных пород на глубину до 1,5 км, что объяснить холодным климатом невозможно даже допуская полное отсутствие снежного покрова в течение очень долгого времени.

8. Мощность ВМ по простиранию даже в одном регионе не выдержана и может меняться от первых десятков до сотен метров, «почему-то!» резко увеличиваясь над залежами углеводородов.

9. Булгуньяхи, которые должны формироваться при длительном вымораживании на месте спущенных и превратившихся в хасыреи озёр, вдруг за 1,5–2 года вырастают и взрываются и образуются не только на аласах, но и на водоразделах и их склонах.

*Прогресс науки вызывается не постепенным накоплением знаний, а происходит в результате резкой смены парадигм, взгляда на мир; за такой сменой следуют долгие периоды «нормального состояния науки»*

Э. Хелем об «основном тезисе» Т. Куна

#### **Краткое изложение дегазационной модели возникновения и окончания «ледниковых эпох» и связанных с ними осадконакопления и эволюции ландшафтов**

Причиной начала ледниковых эпох является связанная с космо-земными циклами активизация глубинной дегазации недр, обеспечивающая

диффузию газов в земную кору, следствием чего является глобальное проявление «дрессельного» и «парникового» эффектов.

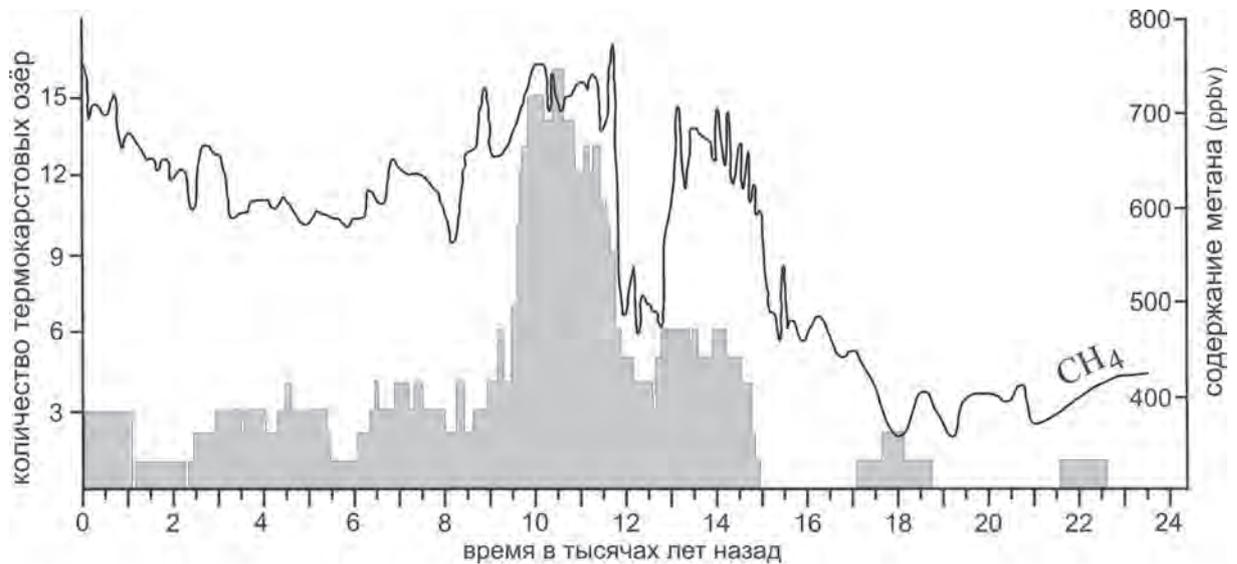
В результате первого из них дренируемые вмещающие породы и приповерхностные горизонты охлаждаются за счет адиабатического расширения просачивающихся газов и над дегазирующими источниками «по правилу опрокинутого конуса» на обширных пространствах суши и морского дна образуется криолитосфера, приповерхностная часть которой называется «вечной мерзлотой». Одновременно с этим под дном внутренних морей, на шельфах и континентальных склонах океанов формируются крупные месторождения метангидратов. На суше залежи МГ тоже образуются в обводненных толщах ВМ (газоёмкость вод по мере охлаждения растёт, и в итоге образуется «горючий лёд»), а под покрывкой мёрзлых пород или пластовых газогидратов, скапливается и «сухой» метан.

При этом на широтах со зрелыми и мощными почвенными горизонтами подток к земной поверхности и просачивание УВ-газов с высокой концентрацией углекислого кальция приводит к образованию лёссово-известковых грунтов. Факты формирования лёссов в связи с дегазацией УВ в почвы были установлены около 70 лет назад исследованиями Почвенного института АН СССР [Ковда, 1956].

Выход в атмосферу больших объемов «парниковых» газов приводит к увеличению испарения Мирового океана и увлажнению в низких широтах и экваториальных областях. Перенос теплых и влажных воздушных масс в полярные области обеспечивает обильность попутных снегопадов в средних широтах. Снежные покровы на мерзлых грунтах дольше сохраняются и испарившаяся влага в виде осадков задерживаются на континентах. Альbedo быстро возрастает, а уровень океана медленно падает. Похолодание стабилизируется, земная кора начинает реагировать на перераспределение водно-ледовых масс, биосфера средних и северных широт сменяется на хладостойкую, ландшафты начинают приобретать вид островной тундро-степи.

Водная толща менее устойчива к внешним воздействиям, чем земная кора и чутко реагирует на приливные силы, сейсмические толчки и снижение уровня моря. Поэтому нестабильные морские залежи МГ, ранее образованные на малых глубинах и на крутых склонах с оползневой опасностью, начинают активно разрушаться. Многочисленные истечения газов охлаждают водную толщу, а жидкая фаза диссоциировавших газогидратов ее опресняет. Это нарушает стабильность работы теплых морских течений, и водный обогрев Арктики прекращается,





**Рис. 29.** Динамика масштаба зарождения «термокарстовых» озёр в Арктике и изменения содержания метана в кернах льдов Гренландии. Составлено по [Walter et al, 2007]

похолодание усиливается, возникают обстановки барических антициклонов. Следствием этого является смена преобладающего движения воздушных масс на широтное направление, климат осушается, а постепенное стаивание снежников приводит к экспансии тундро-степных ландшафтов в средние широты, формированию и широкому распространению здесь биоценозов «мамонтовой фауны».

Продолжающийся подток глубинных газов в Мировой океан приводит к формированию гигантских месторождений МГ, а в газовых залежах на суше возникают аномально высокие давления (АВД). Прежде удерживавшие газы «покрышки» мерзлых пород и грунтов не выдерживают напора, и из расположенных неглубоко от земной поверхности залежей происходят напорные выбросы метана. В атмосферу выносятся большие массы перетёртого при вихревом прорыве газов тонкодисперсного породного материала. Возникают пылевые «ядерные зимы» и в эти моменты уже «внутри» гляциалов происходят резкие похолодания.

Прямая корреляция между резким увеличением запыления атмосферы и максимальным падением температуры воздуха устанавливается в самаровскую, тазовскую, муруктинскую и сартанскую эпохи похолоданий (рис. 27, средний и верхний графики). Достоверность детального сопоставления мелких пиков на графиках ограничена масштабом построений, но статистика «хороших совпадений» свидетельствует в пользу наличия таких частных связей.

Окончание гляциалов происходит в результате затухания (прекращения?) подтока глубинных газов и начала массового разрушения залежей

МГ, приводящего к быстрому росту температуры воздуха. Как видно из графика изменения температур на рисунке 27, самаровско-ширтинский приграничный пик тепла достиг максимума за 8 тыс. лет, а при завершении тазовского оледенения температуры изменились от максимально низких до самых высоких значений всего за 6 тыс. лет. В позднесартанское время рост температуры стабильно возрастал до максимума в продолжение 8 тыс. лет. Однако практически всегда вслед за этими «всплесками тепла» возникали рецидивы похолоданий, чередующиеся с локальными потеплениями. Но это уже были эпохи межледниковий.

По дегазационной модели объяснение существования «температурной пилы» может быть представлено следующей схемой последовательности явлений и вызывающих их событий.

Постепенное разрушение метастабильных залежей МГ, выход  $\text{CH}_4$  в атмосферу и его окисление до  $\text{CO}_2$  создает длительный «парниковый эффект» и приводит к потеплению, а увлажненность территорий стимулирует развитие лесных ландшафтов. Фитосфера нивелирует модуляции приземной атмосферы, интерстадиал получает дальнейшее развитие. Но распад МГ чутко реагирует на циклично повторяющиеся внешние воздействия, и периодически вновь активизируются выбросы газов и поступление в Мировой океан холодных пресных вод, «одноактно» высвобождающиеся из газогидратов. Потепление сменяется локальным похолоданием и снижением уровня Мирового океана. Шельф на мелководьях обнажается и с газоносных территорий давление морских вод снимается. На новых территориях суши снова на-

чинают разрушаться «свежие» залежи МГ, расти и взрываться булгунняхи, образовываться тундровые озёрные ландшафты. В атмосферу опять начинают поступать парниковые газы, временное похолодание вновь сменяется потеплением. Ритмично повторяясь, эти процессы все же затухают.

И с течением времени, по мере истощения газом «старых» скоплений МГ и общего потепления климата, ВМ деградирует и отступает в высокие широты, освобождая обширные пространства для почвообразования и экспансии лесов. По мере отступления ВМ заозёрные и заболоченные пространства тундры должны последовательно осваиваться черневой и темнохвойной тайгой, смешанными и лиственными лесами, лесостепью, но, даже проходя эти стадии смены ландшафтов, они сохраняют признаки «первородной» дегазации.

На более сухих степных и лесостепных территориях в районах бывшей напорной дегазации иногда сохраняются первично округлые формы дегазировавших воронок, представленные круглыми лесными полянами, аномалиями почвенно-растительного покрова на полях и лугах, залежами торфяников. Такие объекты хорошо дешифрируются на космических снимках и нередко встречаются в Центральной России и в Сибири (рис. 30).

Адаптация территорий к новым ландшафтно-климатическим условиям зависит от многих причин, в том числе от времени начала и быстроты отступления мерзлоты. В настоящее время территории юга Западной Сибири и Казахстана находятся на одной из стадий «постмерзлотной адаптации» в степных ландшафтах (рис. 31). Одна часть озёр продуцирует лечебные грязи, все еще продолжая дегазировать УВ-газами и поставлять питание

метанотрофным бактериям, другая представлена болотами, третья уже адаптируется в лесных массивах. Их округлые формы и размеры подобны «пензенским и подмосковным».

В Подмоскowie известно 36 «астроблемовидных» округлых озёра, многие из них на дне имеют глубокие ямы, а на периферии у некоторых располагается хорошо выраженный «валик-бруствер» [Елифанов, 2015г]. Если центры дегазации становятся каналами связи между глубинными и поверхностными водами, такие озёра отличаются нестабильным положением уровня водного зеркала и могут долго не зарастать.

Иногда озёра-каналы не теряют связи с глубинными перетоками газов и продолжают периодически дегазировать струями или большими пузырями и известны случаи их самовоспламенения. Такие озёра у местного населения получают характерные названия «Адово», «Гиблое», «Чертово», «Шайтан», а если дегазация сероводородная, то «Гнилое», «Тухлое», «Смердячье». В 20 км восточнее г. Пензы расположено озеро «Мёртвое», в котором вода холодная и чистая, но рыба не водится, что очевидно связано с периодически наблюдающимися на нем выходами газа (рис. 32). Полукилометровое озеро, расположенное в лесу и недалеко от большого города, популярностью у населения явно не пользуется – ни дорог, ни тропинок к озеру на снимках обнаружить не удалось. В Сибири местные жители нередко упоминают о круглых зеленых и красивых полянках в лесу, долгое пребывание на которых вредно для здоровья и может оказаться смертельным.

В тех случаях, когда подток вод с глубин не активен, но метан постоянно просачивается, фор-



**Рис. 30.** Округлые реликты давней дегазации в Пензенской области, унаследованные разрабатываемыми торфяниками (А) и лесными опушками и переувлажненными участками сельхозугодий на ее границе с Ульяновской областью (Б). Космоснимки Google

мируются мощные торфяники. В процессе их накопления определяющую роль играют стабильность увлажнения и образование углекислоты при окислении метана. Исключительно благоприятная роль углекислоты в корневом питании растений в условиях ВМ показана в специальных геолого-экологических исследованиях [Бгатов, 1993]. Локальное сочетание в пространстве  $\text{CO}_2$  и увлажнения способствует активному развитию болотных биоценозов и накоплению больших масс органики, гнилостный распад которой резко ограничивается избытком углекислоты и подтоком метана – «болотного» газа. Автор убежден в том, что «болотный газ» лишь в малой степени генерируется самим болотом, а основное его количество связано с вялым, но постоянным подтоком глубинного метана. Естественно, что лишь достаточное увлажнение способствует образованию болот, и ее уменьшение превратит болота в «сухие» торфяники. А увеличение количества влаги приведет к их экспансии.

Такая ландшафтная ситуация характерна для юга Васюганских болот возникновение которых в Западной Сибири связывают началом голоцена. Расположенные на территориях с высоким углеводородным потенциалом, Васюганские болота к началу «Малого Ледникового периода» (около 450 лет назад) имели площадь на 75 % меньше современной, а единый ныне массив раньше состоял из 19 изолированных болот. Сейчас общая площадь Васюганья достигает 54 тысячи  $\text{km}^2$  и включает в себя ~800 тысяч мелких озер, обычно являющихся истоками для десятков малых рек и речушек. В настоящее время основная часть территории Васюганья испытывает поднятие и одновременно с этим подтапливается глубинными водами. Объяснить такое сочетание природных процессов

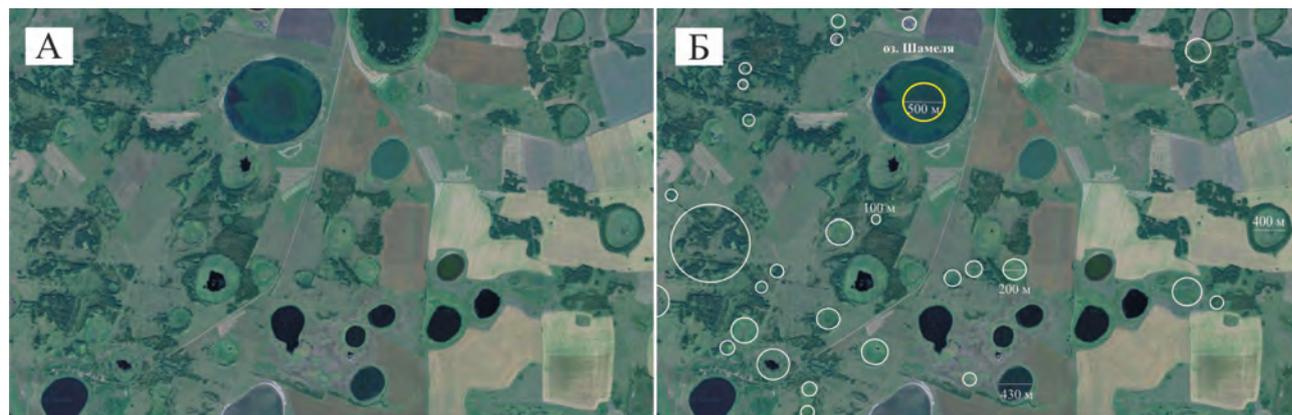
можно лишь напорным отжимом к земной поверхности больших водных масс, образованных в результате разрушения залежей газогидратов и таяния подземных льдов при отступлении ВМ.

Поскольку в итоге регулярных взрывных выбросов залежи метангидратов истощаются газом, но водная фаза остается, то последние стадии их разрушения должны сопровождаться блоуаутингом – напорным газо-водным фонтанированием с выносом на дневную поверхность больших масс водно-породной смеси (пульпы), близким аналогом которого в сейсмически активных областях является «грязевый вулканизм» [Епифанов, 2010б, 2011а, в].

Принципиально подобные этим, явления водной транспортировки, но с выбросом больших объемов артезианских напорных вод, способных выносить из земных глубин на поверхность самый разнообразный обломочный материал, в том числе, крупноразмерный весом до первых тонн, были описаны под названием «гидровулканизм» в Средней Азии [Иванчук, 1994].

Оценивая историю каспийских трансгрессий–регрессий, многие авторы приходят к выводу о не способности «климатических моделей» объяснить масштабы, а иногда и хронологию, этих событий. В одной из последних работ о гидрологических событиях на Каспии отмечается: «Длительное поступление подземных вод, процессы гидровулканизма, возникавшие явления их внезапной резкой разгрузки, видимо, способствовали пополнению разной солености водной массы Каспийской впадины» [Лаврушин и др., 2014, с. 43].

О распространенности явления отмечалось: «реальный гидровулканизм как особый вид разгрузки напорных вод, вызывающий преобразование рельефа и накопление специфических осад-



**Рис. 31.** Озёра разной степени зарастания в одном из районов юго-запада Курганской области. В центральной части крупного горько-солёного озера Шамеля видна глубоководная центральная часть, вокруг которой сформировалась кольцо отложений лечебных грязей, используемых в местной бальнеологии. Космоснимок Google



**Рис. 32.** Озеро Мёртвое в 2015 г. в момент дегазации нескольких мелких каналов (А) и оно же в 2017 г. «в момент покоя». Космоснимки Google

ков, вряд ли редчайшее, уникальное явление. По-видимому, следы его можно обнаружить в различных районах... Можно предполагать, что гидровулканы периодически проявляют активность вслед за динамикой подземных вод» [Баландин, 2009, с. 94].

Признаки былых процессов гидровулканизма были выявлены в Дагестане, Крыму, Львовской и Нижегородской областях. Указывалось что: «в эпохи тектонических активизаций ... в глубоко погруженных песчаных резервуарах создавались огромные пластовые давления. Слоистая толща не выдерживала и рвалась, ломалась. Захороненные подземные воды с огромной силой вырывались вверх, в эти разломы. Пластовые воды, попав в раздробленный разломами участок ... сдвигали с места огромные обломки породы, перетирали их и выталкивали вверх.... Подземные воды вырывались по каналу с такой силой и скоростью, что выносили обломки породы весом более тонны.... Воды, первоначально чистые, становились растворами ... наиболее крупные обломки породы и песок выпадали вблизи устья ... воды, несущие взвешенные обломки пород... это были временные потоки, и они не были похожи на современные типичные речные системы» [Иванчук, 1967, с. 56–57].

Вынесенный под большими напорами воды из промежуточных коллекторов или из зон тектонического дробления, разнообразный глубинный материал в районах с маломощным осадочным чехлом может содержать и обильную обломочную «экзотику» – магматические породы и гнейсы фундамента. Полуокатанность (валунная окру-

лость) и штриховка бороздами, неизбежно образующиеся при трении о другие выносимые водными потоками обломки пород, для них должны быть характерными и типичными. Но... Обнаружение валунной и галечной экзотики на Русской равнине рассматривается как «неопровержимое свидетельство» дальнего переноса пород движущимися ледниками.

В областях деградации ВМ выносимые из земных глубин глинисто-песчаные осадки (с галькой, гравием и щебнем) в результате напорного водногазового фонтанирования (blowout) имеют вид и вещественный состав типичных микроселевых потоков [Епифанов, 2010б]. Иногда проявления блоуаутинга могут быть локальными и короткими, как на болотных марях Васюганья, где над устьями воронок сформировались заросшие лесом каплевидные островки «суши» (рис. 33 А) тонким концом стока вод ориентированные к р. Тартас (правый приток р. Иртыш) [Епифанов, 2015в]. Характерно, что в 200 км южнее, в Барабинской степи на берегу оз. Чаны, образовались мелкие дегазационные структуры другого типа – «грязевые вулканчики» (рис. 33 Б).

Сочетание такого типа структур не являются уникальным. Например, оно может быть обнаружено, на Атлантическом побережье США. В штате Южная Каролина существует природный парк «Заливы Каролины» (рис. 33 В) и рядом в Северной Каролине на десятки километров протягивается зона «грязевых вулканов» (рис. 33 Г), а недалеко от них на океаническом дне расположено месторождение газогидратов Аутер Блейк Ридж с запасами метана 28,4 трлн м<sup>3</sup>. Характерно, что

объекты в этих регионах сопоставимы и по размерам.

Однако при напорной дегазации недр поступление больших объемов и масс глубинного обломочного материала на дневную поверхность может быть связано не только с выбросами и излияниями. Как видно на примере газолитокластической структуры «Гнездо Огненного орла» (рис. 34), сформированной 300–500 лет назад и подновленной в 1841–1842 гг. [Исаев, 2014], залегающие на глубине горные породы могут и просто выдавливаться газами.

Отметим, что подобные дегазационные процессы могут принимать различные виды – «газового вулканизма» (термин использовал С.А. Ковалевский в 1927 г.), «газонефтяного вулканизма» (А.Д. Султанов, В.А. Горин в 1963 г.). Термин же «гидровулканизм» был введен П.П. Иванчуком

в 1964 г. [Епифанов, 2011в] для акцентирования внимания на отличии этих процессов от «грязевого вулканизма» на безусловно ведущей роли воды. Однако участия газов в «гидровулканизме» автор не исключал.

Давно известный и относительно широко распространенный, «грязевый вулканизм» рассматривается как «эталон» природных явлений связанных с поступлением больших масс глубинного вещества на поверхность. Он представлен разнообразными типами дегазации – излияниями в виде псевдоселевых потоков, фонтанированием, взрывными выбросами, и образует формы рельефа, аналоги которых можно увидеть в тундре Арктики и в Центральной России (рис. 35 А), на Патомском нагорье (рис. 35 Б) и в районах распространения классических ледниковых и водноледниковых отложений (рис. 36).



**Рис. 33.** Каплевидные островки леса в болотах Васюганья в 25 км от группы УВ месторождений (А) и поле «грязевых вулканчиков» расположенное в 200 км южнее на берегу оз. Чаны (Б). Подобные овалы, ориентированные к побережью Атлантики, известны в Южной Каролине (В), а в Северной Каролине, недалеко от гигантского месторождения МГ, вдоль побережья наблюдается протяженная зона грязевого вулканизма. Космоснимки Google

Вынос глубинного обломочного материала на дневную поверхность обычно происходит при активном участии воды и газа – агентов весьма подвижных и при больших напорах обладающих высокой транспортирующей силой.

В районах распространения ВМ залповое развитие процессов массового газо-водного фонтанирования непременно приведет к образованию намывных дамб в изгибах речных долин и произведет катастрофически быстрое затопление обширных территорий. При отсутствии перепада высот, прорывы и сбросы вод из таких подпрудных озёр имеют невысокую энергетику и могут образовывать относительно мощные, но лишь короткие и не дифференцированные псевдоселевые потоки, способные формировать локальный эрозионно-аккумулятивный ландшафт «ледникового типа» с несортированными отложениями.

Но те же водно-породные потоки, выходя в долины магистральных рек, создают для их стока серьезные препятствия и могут привести к образованию крупных подпрудных озёр, например, Мансийского, «державшего воду» в «морских» объемах.

Локальными «державшими воду» препятствиями для нормального стока северных рек в Ледовитый океан могли быть многочисленные намывные запруды и плотины, формирующиеся в речных долинах и на мелководьях дельт устьев притоков магистральных рек. Превращение намывных запруд в ледово-породные плотины происходило в результате зимних промерзаний и последующей изоляции пластов льда песчано-глинистыми грунтами, принесенными при весенних паводках, либо при очередном сбросе псевдоселевых потоков.

Массовое образование наледей, регулярно возникающих при поисках путей стока вод, и их изоляция намывными грунтами, способ-

ствовали формированию гигантских палеоплотины внеусловного стока, реликтами которых могут быть лаптевоморские острова и исчезнувшая «Земля Санникова».

Естественно, что образование крупных озёр-морей приводило к накоплению на суше гигантских объёмов пресных вод, уровень которых постепенно поднимался. И в какой-то момент сток сибирских рек переориентировался на юго-западное направление. Сброс воды в Атлантический бассейн в итоге сформировал каскад перетока проходивший по «маршруту»: Аральское – Каспийское – Азовское – Черное – Средиземное моря [Чепальга, 2007]. О таком направлении стока свидетельствует система сибирских спиллвеев – Тургайского, Касс-Кетского, Тунгусского и Верхневилуйского [Гросвальд, 1999].

Длительное прекращение поступления воды из сибирских рек в Северный Ледовитый океан привело к снижению его уровня и появлению градиента высот между океаническим базисом и системой подпрудных озёр-морей на Евразийском континенте. Вода ищет короткий путь, и наступил момент, когда северные реки «вернулись в океан». Возвращение, вероятно, спровоцированное внешними причинами, было бурным.

Прорывные выбросы (йокульлаупы) пресных вод из озёр-морей в виде суперпотоков (фладстримов) резко устремились в океан, размывая плотины в долинах и на устьях, а местами переуглубляя ложе стока в магистральных реках (например, в р. Енисей). Стремительное повышение уровня Северного Ледовитого океана привели к выходу массы холодных пресных вод в Атлантику и перекрытию потока теплых вод Гольфстрима.

Так могло происходить при последнем «рецидиве оледенения» в Западной Европе во время позднедриасового похолодания.



Рис. 34. Образованная давлением УВ-газов литокластическая структура. Известна она под названиями «Патомский кратер» и, не случайно, – «Гнездо Огненного орла». Фото В. Исаева



**Рис. 35.** «Грязевые вулканы», представленные озером-кратером на Таманском п-ове (А) и конусом-кратером с газо-грязевым «яйцом» «вулкана Локбатан» на Апшеронском п-ове (Б). Фото: [http://discoveric.ru/mesta/azerbaydzhnan/baku/mud\\_volcano\\_lokbatan](http://discoveric.ru/mesta/azerbaydzhnan/baku/mud_volcano_lokbatan)



**Рис. 36.** Рельеф районов грязевого «вулканизма» на Таманском (А, Б) и Апшеронском (В) полуостровах. Промытые от глины и сохранившие обломочный породный материал, такие формы в северных районах воспринимались бы как «ледниковые» камы, озы и пр. Фото: [http://tamagne.ru/files/apartment\\_entertainments/36/img/\\_1428.jpg](http://tamagne.ru/files/apartment_entertainments/36/img/_1428.jpg) [http://images2.mygola.com/ed3b93f9df8882f90771346bf86ca070\\_1403187726\\_1.jpg](http://images2.mygola.com/ed3b93f9df8882f90771346bf86ca070_1403187726_1.jpg) <http://azerbaijan.travel/uploads/2499c-mud-volcanoes-in-gobustan-national-park-azerbaijan-20150311.jpg>

Около 12 700 лет назад после нескольких десятилетий «климатической нестабильности» всего за 2–3 года среднегодовая температура упала на 5–7 градусов, западные теплые ветры сменились холодными северными, после чего более 1000 лет здесь существовал холодный климат. Эти реконструкции были выполнены на основе изучения осадков оз. Меерфельдер-Маар (юго-запад Германии). Получившие такие результаты исследователи затруднились их объяснить, рассмотрев и отвергнув версии падения «неизвестного» метеорита и «скоростного» таяния «неизвестного» ледяного щита как причины похолодания.

Все эти события вполне объяснимы «залповым» поступлением холодных пресных вод из Северного Ледовитого океана (по высказыванию Ю.А. Лаврушина – и раздробленными ледовыми полями) в Атлантику, которые «притопили и развернули» теплые, но соленые и более тяжелые воды Гольфстрима. Началась еще одна, очередная, короткая фаза похолодания, после которой наступил относительно теплый, но тоже нестабильный голоцен с Атлантическим оптимумом (9–5 т.л.н.) и последующим охлаждением климата.

Этот вариант описания дегазационной модели не случайно имеет форму «эссе на тему...».

Для геолого-географических наук значимость изучения последствий самопроизвольной природной дегазации уже стала очевидной, но сама проблема не исследована. И естественно, что кроме работ автора [Епифанов, 2003–2017], до сих пор моделирования разнообразных событий Квартера с позиций «дегазационной парадигмы» изменения климата еще не выполнялось, а накопленный в четвертичной геологии огромный фактический материал с этой целью практически не привлекался. Очевидно, что для Науки это обширное поле деятельности и импульс для дальнейшего развития. В научно-прикладном аспекте уже принесшего конкретный практический результат [Епифанов и др., 2015].

Для понимания и осознания руководящей роли углеводородной напорной дегазации недр в прошлых, современных и грядущих ландшафтно-климатических пертурбациях и событиях необходимо хотя бы кратко ответить на следующие принципиальные вопросы.

1. *Насколько широко метангидраты распространены в Природе?*

В 2009 году Международным энергетическим агентством сообщалось, что общие ресурсы газогидратов могут превышать Запасы традиционного природного газа в 2–10 раз, составляя от 1 000 до 5 000 трлн. м<sup>3</sup>. Сейчас известно более 230 месторождений газогидратов, которые располагаются вблизи океанических берегов США, Канады,

Коста-Рики, Гватемалы, Мексики, Японии, Южной Кореи, Индии и Китая, на шельфе Северного Ледовитого океана и в Охотском море, во внутренних морях – Средиземном, Черном, Балтийском, Каспийском и на дне озера Байкал. А также на суше в ВМ арктической зоны Северного полушария, где они распространены более широко, чем это пока известно, т.к. при существующих технологиях бурения эти соединения разрушаются еще при подъеме керна, и продуктивные горизонты метангидратов не распознаются [Якушев и др., 2014].

2. *Насколько масштабны развиты процессы дегазации в современную эпоху?*

О масштабах проявления дегазационных процессов в конце неоплейстоцена-голоцене свидетельствует не только изобилие арктических озер, подавляющее количество которых, по мнению автора, обусловлено выбросами газов, но и массовое развитие покмарок на шельфе Северного Ледовитого океана – до 350 на 1 км<sup>2</sup> морского дна, в Мексиканском заливе и т.д. Распространение в Мировом океане газонасыщенных придонных осадков было установлено практически повсеместно [Епифанов, 2015]

Покмарки представляют собой овальные депрессии, образующиеся в придонных грунтах в результате выбросов газа вместе с осадками в водную среду. Диаметр их составляет от 1 до 250 м, иногда до 400–800 м и более, а глубина изменяется от 0,5 до 20 м, достигая в некоторых случаях 100 м. Часть покмарок уже заполняется голоценовыми осадками, и обнаружены новые, формирующиеся в настоящее время, с активно дегазирующими сипами и факельными выбросами газа [Богоявленский, 2014а, б; Епифанов, 2015в]. Иногда «на профилях высокоразрешающей сейсморазведки (ВРС) наблюдаются подходящие к покмаркам субвертикальные разрывы сплошности сейсмических отражающих горизонтов, соответствующие каналам миграции газа – «газовым трубам» [Богоявленский, 2014а, с. 16].

Морские исследования показали разнообразие видимых следов дегазации. Зафиксированы надводные факелы, фонтаны огня из лунок и трещин, пропарины во льдах (до десятков м<sup>2</sup>), вздутия и торосирование льда. На озерах суши тоже отмечаются выбросы газа (см. рис. 3, 6, 25) вздутия, торосы, пропарины (наблюдавшиеся и на льду оз. Байкал) [Епифанов, 2015б].

3. *Как быстро могут изменяться ландшафты и образоваться озёра?*

По дегазационному сценарию – образование булгуньяха и его взрыв с образованием воронки, а затем ее превращение котлован и в типичное тундровое озеро – «на ровном месте» озеро может возникнуть всего за 5–6 лет!

Как показали события на Ямале в 2017 г., в 30 км восточнее стационара биологической базы «Ёркута» была обнаружена воронка диаметром ~ 10–12 м и глубиной около 20 м (рис. 37). При этом выяснилось, что в конце лета 2015 г. место взрыва представляло собой ровный участок тундры, на котором в 2016 г. внезапно вырос бугор. Как видно на фотографиях, расположенная в долине р. Ёркатаяха вблизи водоёма, очень скоро воронка станет частью этого озера.

Образовавшаяся при взрыве булгуньяха на берегу небольшого озерца весной 2013 г. всего за 4 года Дерябинская воронка к лету 2017 г. тоже стала частью озера (рис. 20). А найденная в 2014 г. Бованенковская воронка превратилась в озеро тоже к 2017 г. (рис. 5).

*4. Происходили ли прежде «на исторической памяти народов» связанные с напорной дегазацией недр катастрофические события?*

В связи с напорной дегазацией недр весьма показательны зафиксированные в героическом эпосе якутского народа «Нюргун Боотур Стремительный» сцены катастроф [Епифанов, 2015д, Епифанов и др., 2015]. Частой (если не основной) темой этого произведения являются пожары и процессы катастрофической дегазации: «Будто смерть дохнула – огонь вспыхнул. Из бездонной погибельной глубины клубящийся вихрь вылетел...», «Через каменный дымоход синее пламя взлетело столбом...», «... закружился, гудя, как вихрь ... и, полыхнув огнем, шумно к темным тучам взвился», «Черные там деревья росли на черной от сажи земле; взрытые глубоко, недра зияли кругом...». В сибирской тайге часто встречаются гари и в любом ее районе есть водотоки с названиями Горелый, Гаревый, Огневой, Огневка и т.д.

И вовсе не случайно, что название реки «Ангара» с санскрита переводится как «древесный

уголь». Способ получения древесного угля путем сжигания древесины в присыпанных землей ямах или кучах известен издавна. А именно такие процессы и происходят в Природе при газовых выбросах – горящие поваленные деревья присыпаются выброшенной землей и длительное время горят-глеют в условиях дефицита кислорода.

Якуты-саха прежде проживали в районе р. Ангара и на других реках-Тунгусах. И естественно предположить, что в сюжетах народного фольклора нашли отражение происходившие здесь события, связанные с выбросами метана подобными Тунгусскому газовому взрыву.

Комплексная оценка связанных с «Тунгусским метеоритом» событий и явлений позволила автору представить его в виде модели газового выброса, сравнив с работой газосварочного аппарата, и рекомендовать как «полигон» для геологического изучения специалистами [Епифанов, 2002]. В 2008–2010 гг. полевые геолого-геохимические работы провели два доцента СПб Горного университета – А.А. Савичев и Г.Т. Скублов, закартировавшие крупную газовыводящую структуру на участке «Северное Болото». Изучение и опробование многочисленных разрезов рыхлых отложений позволило выявить и датировать древние горизонты, обильно наполненные тектитами, аналогичными образованным во время катастрофы 1908 года. Эти и другие данные «... позволяют утверждать, что Тунгусскому событию предшествовало несколько аналогичных катастроф... процессы дегазации в Тунгусском районе реально существовали 15900, 7320 лет назад, активно проявились в 1908 г. и продолжают в настоящее время» [Скублов, 2012, с. 184]. Прилетать по нескольку раз в одно место метеориты явно не могут, а дегазация возобновляться может, и об этом свидетельствуют развитые здесь округлые болота,



**Рис. 37.** Виды обнаруженной в 2017 г. воронки «Ёркутаяха». На месте ее образования в 2015 г. была обычная «ровная» тундра, но в 2016 г. внезапно вырос, а в 2017 г. взорвался булгуньях. Фотоматериал А. Сеницкого

на одном из которых и была выявлена «газовыводящая структура» (рис. 38).

5. Почему разрушение ГГ не может быть следствием потепления климата, и является его причиной?

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 и пытаются объяснять распад МГ с образованием взрывных воронок и озёр. Однако это не наука, а политика. *Науке известно, что климатические изменения, в том числе резкие и глобальные, происходили в те времена, когда наши далекие предки еще не умели «портить экологию», и еще раньше, когда человекообразных в природе не существовало вовсе. До «техногенной эры» образовывались и озёра с признаками первично дегазационного генезиса.*

Рассуждение о том, что теплое лето обуславливает увеличение слоя оттайки почво-грунтов и по этой причине происходят выбросы газов (напомним, что Сеяхинская воронка образовалась 28 июня 2017 г., а в Арктике это лишь начало лета) не выдерживает проверки здравым смыслом. Отметим, что выброс газа на Дерябинской воронке произошел с глубины 100 м и оттаивают лишь 1,5–2 м грунта на поверхности.

Высказываемые мнения о том, что выбросы газов происходят на следующий год после тепло-го лета (действительно, 2016 г. на Ямале был теплым, а в 2017 г. образовались две новые воронки) лишь очередная попытка «привязать-таки» дега-

зацию к теплу и климату в качестве следствия. Однако это совпадение, поскольку имеется и иное наблюдение.

В 2012 г. автор проводил экспедиционные работы на Западном Таймыре в бассейне р. Пясины. По мнению местных жителей, рыбаков и геологов «сложно вспомнить» еще одно такое же холодное лето. А весной 2013 г. на Западном Таймыре в левобережье р. Енисей образовалась Дерябинская воронка. Выбросу газов предшествовало холодное лето.

Массовое формирование арктических озёр и рост содержания метана в атмосфере (рис. 29) совпадают по времени с похолоданием на севере Сибири (рис. 28), а это однозначно свидетельствуют против навязываемого обществу мнения о потеплении как о первопричине образования озёр. Результаты исследований отечественных и американских специалистов даже указывают на обратный процесс – потепление приводит к уменьшению площади озёр и их количества [Днепровская и др., 2004].

Распределение озёр на местности (рис. 26) тоже указывает на отсутствие связи между климатом и образованием «карстовых озёр», но свидетельствует о связи образования озёр с газоносными районами, и в частности, с некоторыми «очаговыми процессами» (рис. 20, 21).

Необходимо особо отметить, что «климатическая модель» не состоятельна не только в «теплом варианте» причины образования озёр, но и в «холодном варианте» механизма образования булгуных (пинго). Это уже отмечалось ранее, но добавим, что факты наблюдающегося образования

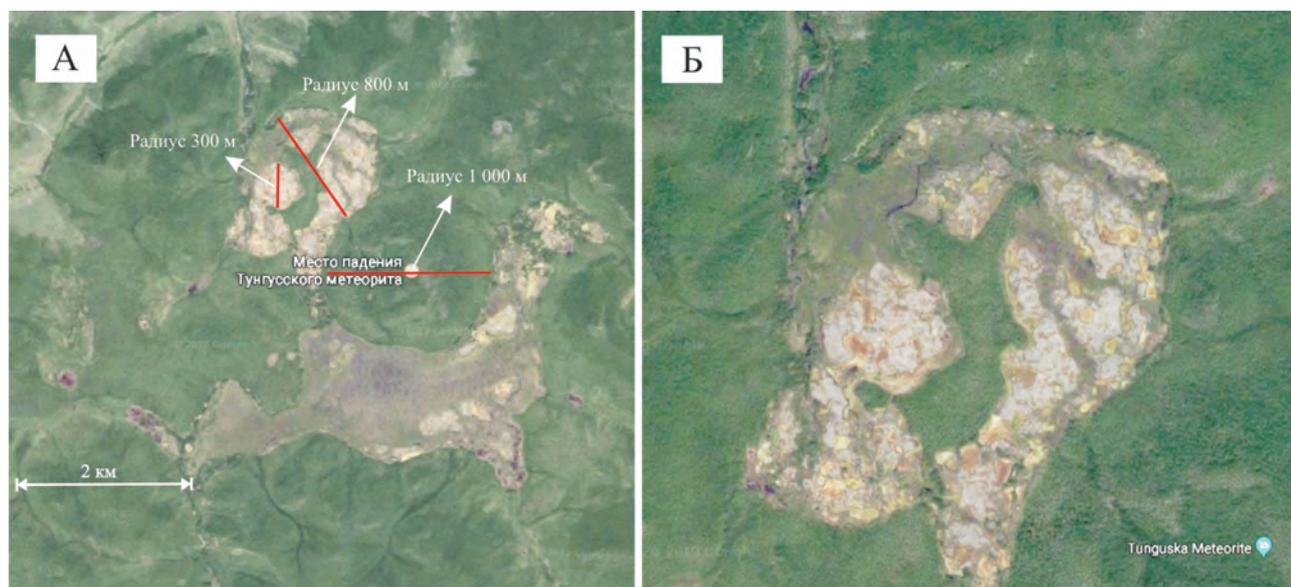


Рис. 38. Место «периодических падений Тунгусских метеоритов» и округлые болота. Космоснимок Google

булгунняхов на склонах водоразделов и на берегах озёр, а не «на хасыряях, образованных на местах спущенных озёр», опровергают один из основных постулатов климатической гляциологии.

Также очевидно, что попытки определения времени формирования булгунняхов по датированию перекрывающих торфяников, как и по дендрохронологическим исследованиям произрастающих в местах газовых выбросов кустарников, реального смысла не имеют, поскольку булгуннях может вырасти на ровном месте и взорваться всего за 1,5–2 года.

Вслед за Р. Дж. Коллингвудом и Ю.Н. Авсюком заметим: «Работа над картиной или рукописью прекращается не потому что она закончена, а потому, что подошел срок ее отправки...» [Авсюк, 1996, с. 180].

### ГЛАВНЫЕ ВЫВОДЫ:

1. Современная «ледниковая парадигма» базируется на двух основных гипотезах – «инсоляционной» и «экспансии ледников», с которыми связывает кардинальные изменения климата и образование специфических форм рельефа и осадков. В рамках парадигмы ряд природных явлений не имеет объяснений, а отдельные ее «постулаты» оказываются неверны.

2. Глубинная дегазация недр и катастрофическое разрушение содержащихся в морях и в «вечной мерзлоте» суши залежей метангидратов способны прямо и непосредственно влиять на глобальные изменения климата, периодически охлаждая и согревая поверхность планеты.

3. Происходящие при процессах глубинной напорной дегазации изменения ландшафтов и накопление специфических типов отложений конвергентны действительно ледниковым, наблюдаемым в горных областях. Именно это подобие ранее позволило гипотезе «Глобальных Оледенений» игнорировать факты и доказательства оппонентов и возобладать над гипотезой «Всемирных Потопов».

4. «Дегазационная парадигма» удовлетворительно объясняет парадоксы «парадигмы ледниковой» и адаптирует основной фактический материал гипотез-предшественниц, связывая в единых природных процессах похолодания и потопы. Она требует своего дальнейшего развития – уточнения, изменения, дополнения и пр.

5. Дальнейшая разработка «дегазационной парадигмы», основанная на накопленных специалистами по Квартеру знаниях и на обширном фактическом материале, способна в новом ракурсе переоценить события последнего Ледникового периода и научно спрогнозировать грядущие изменения климата.

### Литература

- Авсюк Ю.Н. Приливные силы и природные процессы. М.: ОИФЗ РАН. 1996. 188 с.
- Баландин Р.К. Гидровулканы // Земля и Вселенная. 2009. № 6. С. 90–96.
- Бгатов В.И., Ларгин А.Ф. Происхождение многолетнемерзлых пород // Советская геология. 1990. № 8. С. 102–108.
- Бгатов В.И. Подходы к экогеологии (Жизнь и геологическая среда). Новосибирск: Изд-во Новосибирского ун-та. 1993. 222 с.
- Бембель Р.М., Бембель С.Р., Кашин А.Е. и др. Связь очагов активности нефтегазонакопления и глубинных криогенных источников // Итоги фундаментальных исследований криосферы Земли в Арктике и Субарктике: Матер. междунар. конф., Пушино, 1996. Новосибирск: Наука. 1997. С.193–199.
- Бешенцев В.А. Криолитозона и криогенные процессы Ямала // Горные ведомости. 2015. № 1. С. 68–80.
- Богацкий В.В. Механизм формирования структур рудных полей. М: Недра. 1986. 88 с.
- Богоявленский В.И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. // Бурение и нефть. 2014а. № 9. С. 13–18.
- Богоявленский В.И. Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. Часть 2. // Бурение и нефть. 2014б. № 10. С. 4–8.
- 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.
- Богоявленский В.И. Выбросы газа и нефти на суше и в акваториях Арктики и Мирового океана // Бурение и нефть. 2015. № 6. С. 4–9.
- Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К. и др. Новые данные о вариациях стабильных изотопов в ледяном ядре булгуньяха на юге Тазовского полуострова // ДАН. 2017. Т. 472. № 4. С. 466–470.
- Волкова В.С., Хазина И.В. Палеоклиматическая шкала плейстоцена Средней Сибири и Таймыра // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. VI Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2009. С. 126–128.
- Гросвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. М.: Научный мир. 1999. 120 с.
- Днепровская В.П., Брыксина Н.А., Полищук Ю.М. Изучение изменений термокарста в зоне прерывистого распространения вечной мерзлоты Западной Сибири на основе космических снимков // Исследование Земли из космоса. 2009. № 4. С. 88–96.
- Епифанов В.А. Тунгусский феномен. Взгляд геолога на земную природу явления // 30 лет на службе томской геологии. Науч. тр. ТО СНИИГиМС. Новосибирск. 2002. С. 293–306.
- Епифанов В.А. Дегазация недр и развитие оледенений в связи с вращением Земли // Проблемы геологии и

- географии Сибири: Матер. науч. конф. Т. IV. Томск: Изд-во ТГУ. 2003. С. 44–47.
- Епифанов В.А.* Дегазационная гипотеза возникновения глобальных оледенений // Вопросы географии Сибири: Сборник статей. Томск: ТГУ. 2006. Вып. 26. С. 81–90.
- Епифанов В.А.* Пульсации Земли и глобальная геоэкология // Проблемы использования и охраны природных ресурсов Красноярского края. Вып. 9. Красноярск: КНИИГиМС. 2007. С. 160–168.
- 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. участием. М.: ГЕОС. 2010а. С. 163–166.
- Епифанов В.А.* «Blowout fluid» как возможная причина формирования алмазоносных россыпей // Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения: Матер. XIV Междунар. совещ. Новосибирск: Изд-во ООО «Апельсин». 2010б. С. 234–239.
- Епифанов В.А.* Напорно-флюидная модель формирования отложений «ледникового типа» // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. VII Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. Апатиты: СПб. 2011а. Т.1. С. 191–194.
- Епифанов В.А.* Связь геолого-климатических событий среднего и позднего неоплейстоцена с прецессионными циклами и модуляциями интенсивности магнитного поля Земли как элемент прогноза природных катастроф // Квартер во всем его многообразии. Фундаментальные проблемы, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. VII Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. Апатиты: СПб. 2011б. Т.1. С. 195–197.
- 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». 2011в. Ч. 2. С. 137–142.
- Епифанов В.А.* Геогалактические пульсации, пространство-время Земли и гармония стратиграфической шкалы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2012. № 4 (12). С. 90–103.
- Епифанов В.А.* Дегазационная модель возникновения ледниковых эпох и ее фактическое подтверждение на Таймыре // Актуальные вопросы экологии Таймыра: Матер. II Таймырской музейной интер.-конф. Дудинка. 2014. С. 9–17.
- Епифанов В.А.* Геолого-геоморфологические аспекты проявления напорной дегазации в тундрово-арктических регионах Сибири // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: Матер. 2-ой науч.-практ. конф. Т.2. Новосибирск: СНИИГГиМС. 2015а. С. 39–41.
- Епифанов В.А.* Образование газогидратов в криолитосфере, деградация залежей и некоторые формы ее проявления // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: Матер. 2-ой науч.-практ. конф. Т.2. Новосибирск: СНИИГГиМС. 2015б. С. 41–43.
- Епифанов В.А.* Козволюционная модель формирования и деградации криолитосферы и скоплений газа // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: Матер. 2-ой науч.-практ. конф. Т.2. Новосибирск: СНИИГГиМС. 2015в. С. 43–45.
- Епифанов В.А.* Эволюция озёрно-болотных систем и модуляции климата как результат дегазации недр // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. IX Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. 2015г. С. 155–157.
- Епифанов В.А.* Якутский героический эпос «Олонхо» как методическая подсказка для поисков коренных алмазов на закрытых территориях Центрально-Сибирской и Тунгусской субпровинций // Матер. V полевого научн.-практ. семинара «Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов АК «АЛРОСА». Айхал. АмГРЭ. 2015д. С. 250–252.
- Епифанов В.А.* Пульсации Земли и пути решения «проблем» углеводородов и углей // Тез. докл. Всерос. конф. 5-е Кудрявцевские Чтения: Формулирование современного варианта теории глубинного абиогенно-мантийного происхождения нефти и газа (Москва. ЦКТЭ). 2016 г. <http://conference.deepoil.ru/index.php/materials?start=7>
- Епифанов В.А.* Напорная дегазация недр как причина лесных пожаров // «Экологический риск»: Матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН. 2017а. С. 68–70.
- Епифанов В.А.* Геолого-климатическая модель и геологические особенности четвертичного и других глобальных оледенений Земли // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. X Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. Москва: ГИН РАН. 2017б. С. 129–131.
- 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. 2017в. С. 131–133.
- Епифанов В.А., Лоскутов Ю.И., Минин В.А.* Напорная дегазация недр как основа ландшафтно-геоморфологического метода поиска алмазоносных кимберлитов в закрытых районах, ее экологическая значимость и отображение в якутском эпосе-олонхо // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2015. №4 (24). С. 97–109.
- Ершов Э.Д., Лебедеко Ю.П., Чувилин Е.М. и др.* Проблемы устойчивости газогидратных залежей в криолитозоне // Вестник Московского ун-та. 1992. Сер. 4. Геология. № 5. С.82–87.

- Жуланова И.Л.* О морфологии и природе ареала алмазности на Сибирском кратоне: новая модель // Геологическое обеспечение минерально-сырьевой базы алмазов: проблемы, пути решения, инновационные разработки и технологии: Матер. IV Регионал. науч.-практ. конф. Мирный. 2014. С. 64–68.
- Земцов А.А., Мизеров Б.В., Николаев В.А. и др.* Рельеф Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука. 1988. 192 с.
- Иванчук П.П.* Гидровулканизм // Природа. 1967. № 7. С. 49–57.
- Иванчук П.П.* Гидровулканизм в осадочном чехле земной коры. М.: Недра. 1994. 158 с.
- Исаев В.П.* Патомский феномен. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2014. 95 с.
- Ковда В.А.* Изменение химико-минерального состава почвенного покрова под влиянием миграции солей и газов глубоких нефте-газовых залежей // Кора выветривания. М.: Изд-во АН СССР. 1956. Вып. 2. С. 85–91.
- Лаврушин Ю.А., Голубев Ю.К.* Особенности строения и формирования водно-ледниковых отложений // Доклады АН. 1996. Т. 346. № 5. С. 647–649.
- Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А., А. Тудрин и др.* Каспий: гидрологические события позднего Квартера // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2014. № 73. С. 19–51.
- Ларин В.Н.* Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: «Агар». 2005. 248 с.
- Мальшиев А.И.* Роль охлаждающих горизонтов в генезисе углеводородных месторождений // ДАН. 2017. Т. 476. № 4. С. 445–447.
- Сизов О.С.* Дистанционный анализ последствий поверхностных газопроявлений на севере Западной Сибири // Геоматика. 2015. № 1. С. 53–68.
- Скублов Г.Т.* Криповулканическая модель Тунгусского феномена: история вопроса и первые результаты // Феномен Тунгуски: на перекрестке идей. Сб. науч. тр. Новосибирск. 2012. С. 172–190.
- Сумгин М.* Вечная мерзлота почвы в пределах СССР (2-е дополненное издание). Изд-во АН СССР: Москва-Ленинград. 1937. 365 с.
- Хеллем Э.* Великие геологические споры: Пер. с англ. М.: Мир, 1985. 216 с.
- Хименков А.Н., Сергеев Д.О., Станиловская Ю.В. и др.* Газовые выбросы в криолитозоне как новый вид геокриологических опасностей // Геориск. 2017. № 3. С. 58–65.
- Хитаров Н.И., Войтов Г.И.* Твердые приливы и дегазация Земли // Природа. 1982. № 3. С. 6–12.
- Чепалыга А.Л.* Эпоха экстремальных затоплений (ЭЭЗ) как проявление «Всемирного Потопа» в Понто-Каспийском бассейне // Фундаментальные проблемы Квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований: Матер. V Всерос. совещ. по изуч. четвертичного периода. Москва: ГИН РАН. 2007. С. 441–443.
- 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.
- Walter K.M., Edwards M.E., Grosse G., Zimov S.A., Chapin F.S.* Thermocarst Lakes as a Source of Atmospheric CH<sub>4</sub> During the last Deglaciation // Science. 2007. V. 318. P. 633–636.
- Avsyuk Yu.N.* Prilivnyye sily i prirodnyye protsessy. M.: OIFZ RAN. 1996. 188 s.
- Balandin R.K.* Gidrovulkany // Zemlya i Vselennaya. 2009. № 6. S. 90–96.
- Bgatov V.I., Largin A.F.* Proiskhozhdeniyemnogoletnemerzlykh porod // Sovetskaya geologiya. 1990. № 8. S. 102–108.
- Bgatov V.I.* Podkhody k ekogeologii (Zhizn' i geologicheskaya sreda). Novosibirsk: Izd-vo Novosibirskogo un-ta. 1993. 222 s.
- Bembel' R.M., Bembel' S.R., Kashin A.Ye. i dr.* Svyaz' ochagov aktivnosti neftegazonakopleniya i glubinnyykh kriogennykh istochnikov // Itogi fundamental'nykh issledovaniy kriosfery Zemli v Arktike i Subarktike: Mater. mezhdunar. konf., Pushchino, 1996. Novosibirsk: Nauka. 1997. S. 193–199.
- Beshentsev V.A.* Kriolitizona i kriogennyye protsessy Yamala // Gornyye vedomosti. 2015. № 1. S. 68–80.
- Bogatitskiy V.V.* Mekhanizm formirovaniya struktur rudnykh poley. M: Nedra. 1986. 88 s.
- Bogoyavlenskiy V.I.* Ugroza katastroficheskikh vybrosov gaza iz kriolitozony Arktiki. Voronki Yamala i Taymyra. // Bureniye i nef'. 2014a. № 9. S. 13–18.
- Bogoyavlenskiy V.I.* Ugroza katastroficheskikh vybrosov gaza iz kriolitozony Arktiki. Voronki Yamala i Taymyra. Chast' 2. // Bureniye i nef'. 2014b. № 10. S. 4–8.
- Bogoyavlenskiy V.I., Mazharov A.V., Titovskiy A.L. i dr.* Vybrosoy gaza iz kriolitozony Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga // Arkticheskiye vedomosti. 2014. № 4 (10). S. 60–66.
- Bogoyavlenskiy V.I.* Vybrosoy gaza i nef'ti na sushe i v akvatoriyakh Arktiki i Mirovogo okeana // Bureniye i nef'. 2015. № 6. S. 4–9.
- Vasil'chuk Yu.K., Budantseva N.A., Vasil'chuk A.K. i dr.* Novyye dannyye o variatsiyakh stabil'nykh izotopov v ledyanom yadre bulgunnyakha na yuge Tazovskogo poluostrova // DAN. 2017. T. 472. № 4. S. 466–470.
- Volkova V.S., Khazina I.V.* Paleoklimaticheskaya shkala pleystotsena Sredney Sibiri i Taymyra // Fundamental'nyye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. VI Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. 2009. S. 126–128.
- Grosval'd M.G.* Yevraziyskiye gidrosfernyye katastrofy i oledneniye Arktiki. M.: Nauchnyy mir. 1999. 120 s.
- Dneprovskaya V.P., Bryksina N.A., Polishchuk YU.M.* Izucheniye izmeneniy termokarsta v zone preryvistogo rasprostraneniya vechnoy merzloty Zapadnoy Sibiri na osnove kosmicheskikh snimkov // Issledovaniye Zemli iz kosmosa. 2009. № 4. S. 88–96.
- Yepifanov V.A.* Tungusskiy fenomen. Vzgl'yad geologa na zemnyuyu prirodu yavleniya // 30 let na sluzhbe tomskoy geologii. Nauch.tr. TO SNIIGGIMS. Novosibirsk. 2002. S. 293–306.
- Yepifanov V.A.* Degazatsiya nedr i razvitiye oledneniy v svyazi s vrashcheniyem Zemli // Problemy geologii i geografii Sibiri: Mater. nauch. konf. T. IV. Tomsk: Izd-vo TGU. 2003. S. 44–47.

- Yepifanov V.A.* Degazatsionnaya gipoteza vozniknoveniya global'nykh oledeneniy // *Voprosy geografii Sibiri: Sbornik statey.* Tomsk: TGU. 2006. Vyp. 26. S. 81–90.
- Yepifanov V.A.* Pul'satsii Zemli i global'naya geokologiya // *Problemy ispol'zovaniya i okhrany prirodnykh resursov Krasnoyarskogo kraya.* Vyp. 9. Krasnoyarsk: KNIIGiMS. 2007. S. 160–168.
- Yepifanov V.A.* Degazatsionno-vodnaya gipoteza obrazovaniya lednikovyykh otlozheniy i landshaftov // *Degazatsiya Zemli: geotektonika, geodinamika, geoflyuidy; nef' i gaz; uglevodorody i zhizn': Mater. Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiyem.* M.: GEOS. 2010a. S. 163–166.
- Yepifanov V.A.* «Blowout fluid» kak vozmozhnaya prichina formirovaniya almazonosnykh rossypey // *Rossypi i mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya: sovremennyye problemy issledovaniya i osvoyeniya: Mater. XIV Mezhdunar. soveshch.* Novosibirsk: Izd-vo OOO «Apel'sin». 2010b. S. 234–239.
- Yepifanov V.A.* Naporno-flyuidnaya model' formirovaniya otlozheniy «lednikovogo tipa» // *Kvarter vo vsom yego mnogoobrazii. Fundamental'nyye problemy, itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. VII Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda.* Apatity: SPb. 2011a. T.1. S. 191–194.
- Yepifanov V.A.* Svyaz' geologo-klimaticheskikh sobytiy srednego i pozdnego neopleystotsena s pretssionnymi tsiklami i modulyatsiyami intensivnosti magnitnogo polya Zemli kak element prognoza prirodnykh katastrof // *Kvarter vo vsom yego mnogoobrazii. Fundamental'nyye problemy, itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. VII Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda.* Apatity: SPb. 2011b. T.1. S. 195–197.
- Yepifanov V.A.* Obrazovaniye form mezo- i mikrorel'yefa v rezul'tate naporno-flyuidnoy degazatsii nedr // *Teoreticheskiye problemy sovremennoy geomorfologii. Teoriya i praktika izucheniya geomorfologicheskikh sistem: Mater. XXXI Plenuma Geomorf. Komissii RAN. Astrakhan': «Tekhnograd».* 2011v. CH. 2. S. 137–142.
- Yepifanov V.A.* Geogalakticheskiye pul'satsii, prostranstvo-vremya Zemli i garmoniya stratigraficheskoy shkaly // *Geologiya i mineral'no-syr'yevyye resursy Sibiri.* 2012. № 4 (12). S. 90–103.
- Yepifanov V.A.* Degazatsionnaya model' vozniknoveniya lednikovyykh epokhi yeye fakticheskoyepodtverzhdeniye na Taymyre // *Aktual'nyye voprosy ekologii Taymyra: Mater. II Taymyrskoy muzeynoy inter.-konf. Dudinka.* 2014. S. 9–17.
- Yepifanov V.A.* Geologo-geomorfologicheskkiye aspekty proyavleniya napornoy degazatsii v tundrovo-arkticheskikh regionakh Sibiri // *Geologiya, geofizika i mineral'noye syr'ye Sibiri: Mater. 2-oy nauch.-prakt. konf. T.2.* Novosibirsk: SNIIGiMS. 2015a. S. 39–41.
- Yepifanov V.A.* Obrazovaniye gazogidratov v kriolitosfere, degradatsiya zalezhey i nekotoryye formy yeye proyavleniya // *Geologiya, geofizika i mineral'noye syr'ye Sibiri: Mater. 2-oy nauch.-prakt. konf. T.2.* Novosibirsk: SNIIGiMS. 2015b. S. 41–43.
- Yepifanov V.A.* Koevolutsionnaya model' formirovaniya i degradatsii kriolitosfery i skopleniy gaza // *Geologiya, geofizika i mineral'noye syr'ye Sibiri: Mater. 2-oy nauch.-prakt. konf. T.2.* Novosibirsk: SNIIGiMS. 2015v. S. 43–45.
- Yepifanov V.A.* Evolyutsiya ozorno-bolotnykh sistem i modulyatsii klimata kak rezul'tat degazatsii nedr // *Fundamental'nyye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. IX Vseros. soveshch. po izucheniyu chetvertichnogo perioda.* Irkutsk: Izd-vo IG SO RAN. 2015g. S. 155–157.
- Yepifanov V.A.* Yakutskiy geroicheskiy epos «Olonkho» kak metodicheskaya podskazka dlya poiskov korennykhalmazov na zakrytykh territoriyakh Tsentral'no-Sibirskoy i Tungusskoy subprovintsiy // *Mater. V polevogo nauch.-prakt. seminara «Geologicheskoye obespecheniye mineral'no-syr'yevoy bazyalmazov AK «ALROSA».* Aykhal. AmGRE. 2015d. S. 250–252.
- Yepifanov V.A.* Pul'satsii Zemli i puti resheniya «problem» uglevodorodov i ugley // *Tez. dokl. Vseros. konf. 5-ye Kudryavtsevskiyeh Chteniya: Formulirovaniye varianta teorii glubinnogo abiogenno-mantiynogo proiskhozhdeniya nef'ti i gaza (Moskva. TSKTE).* 2016 g. <http://conference.deepoil.ru/index.php/materials?start=7>
- Yepifanov V.A.* Napornaya degazatsiya nedr kak prichina lesnykh pozharov // «*Ekologicheskii risk*»: *Mater. IV Vseros. nauch. konf. s mezhdunar. uchastiyem.* Irkutsk: Izd-vo IG SO RAN. 2017a. S. 68–70.
- Yepifanov V.A.* Geologo-klimaticheskaya model' i geologicheskkiye osobennosti chetvertichnogo i drugikh global'nykh oledeneniy Zemli // *Fundamental'nyye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. X Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda.* Moskva: GIN RPAN. 2017b. S. 129–131.
- Yepifanov V.A.* Katastroficheskaya degazatsiya nedr kak vedushchiy faktor global'nykh izmeneniy klimata v Kvartere. Prichiny yeye vozniknoveniya, kharakter i masshtaby proyavleniya // *Fundamental'nyye problemy kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. X Vseros. soveshch. po izuch. chetvert. perioda.* Moskva: GIN RAN. 2017. S. 131–133.
- Yepifanov V.A., Loskutov Yu.I., Minin V.A.* Napornaya degazatsiya nedr kak osnova landshaftno-geomorfologicheskogo metoda poiska almazonosnykh kimberlitov v zakrytykh rayonakh, yeye ekologicheskaya znachimost' i otobrazheniye v yakutskom epose-olonkho // *Geologiya i mineral'no-syr'yevyye resursy Sibiri.* 2015. №4 (24). S. 97–109.
- Yershov E.D., Lebedenko Yu.P., Chuvilin Ye.M. i dr.* Problemy ustoychivosti gazogidratnykh zalezhey v kriolitozone // *Vestnik Moskovskogo un-ta.* 1992. Ser. 4. Geologiya. № 5. S. 82–87.
- Zhulanova I.L.* O morfologii i prirode areala almazonosnosti na Sibirskom kratone: novaya model' // *Geologicheskoye obespecheniye mineral'no-syr'yevoy bazyalmazov: problemy, puti resheniya, innovatsionnyye razrabotki i tekhnologii: Mater. IV Regional. nauch.-prakt. konf. Mirnyy.* 2014. S. 64–68.
- Zemtsov A.A., Mizerov B.V., Nikolayev V.A. i dr.* *Rel'yef Zapadno-Sibirskoy ravniny.* Novosibirsk: Nauka. 1988. 192 s.
- Ivanchuk P.P.* *Gidrovulkanizm // Priroda.* 1967. № 7. S. 49–57.

- Ivanchuk P.P.* Gidrovulkanizm v «osadochnom chekhle zemnoy kory. M.: Nedra. 1994. 158 s.
- Isayev V.P.* Patomskiy fenomen. Irkutsk: Izd-vo IGU. 2014. 95 s.
- Kovda V.A.* Izmeneniye khimiko-mineral'nogo sostava pochvennogo pokrova pod vliyaniem migratsii soley i gazov glubokikh nefte-gazovykh zalezhey // Kora vyvetrivaniya. M.: Izd-vo AN SSSR. 1956. Vyp. 2. S. 85–91.
- Lavrushin Yu.A., Golubev Yu.K.* Osobennosti stroyeniya i formirovaniya vodno-lednikovyykh otlozheniy // Doklady AN. 1996. T. 346. № 5. S. 647–649.
- Lavrushin Yu.A., Spiridonova Ye.A., A. Tudrin i dr.* Kaspiy: gidrologicheskiye sobytiya pozdnego Kvartera // Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda. 2014. № 73. S. 19–51.
- Larin V.N.* Nasha Zemlya (proiskhozhdeniye, sostav, stroyeniye i razvitiye iznachal'no gidridnoy Zemli). M.: «Agar». 2005. 248 s.
- Malyshev A.I.* Rol' okhlazhdayushchikh gorizontov v genezise uglevodorodnykh mestorozhdeniy // DAN. 2017. T. 476. № 4. S. 445–447.
- Sizov O.S.* Distantionnyy analiz posledstviy poverkhnostnykh gazoproyavleniy na severe Zapadnoy Sibiri // Geomatika. 2015. № 1. S. 53–68.
- Skublov G.T.* Kriptovulkanicheskaya model' Tungusskogo fenomena: istoriya voprosa i pervyye rezul'taty // Fenomen Tunguski: na perekrestke idey. Sb. nauch. tr. Novosibirsk. 2012. S.172–190.
- Sumgin M.* Vechnaya merzlota pochvy v predelakh SSSR (2-ye dopolnennoye izdaniye). Izd-vo AN SSSR: Moskva-Leningrad. 1937. 365 s.
- Khellem E.* Velikiye geologicheskiye spory: Per. s angl. M.: Mir, 1985. 216 s.
- Khimenkov A.N., Sergeyev D.O., Stanilovskaya Yu.V. i dr.* Gazovyye vybrosy v kriolitozone kak novyy vid geokriologicheskikh opasnostey // Georisk. 2017. № 3. S. 58–65.
- Khitarov N.I., Voytov G.I.* Tverdyye prilivy i degazatsiya Zemli // Priroda. 1982. № 3. S. 6–12.
- Chepalyga A.L.* Epokha ekstremal'nykh zatopeniy (EEZ) kak proyavleniye «Vsemirnogo Potopa» v Ponto-Kaspiyskom bassejne // Fundamental'nyye problemy Kvartera: itogi izucheniya i osnovnyye napravleniya dal'neyshikh issledovaniy: Mater. V Vseros. soveshch. po izuch. chetvertichnogo perioda. Moskva: GIN RAN. 2007. S. 441–443.
- Yakushev V.S., Gafarov N.A., Karnaukhov S.M. i dr.* Gazovyye gidraty v Arktike i Mirovom okeane. M.: OOO «Izdatel'skiy dom Nedra». 2014. 251 s.

**V.A. Epifanov**

**EXPLOSIVE FUNNEL-WELLS AND THE URGENCY OF STUDYING THE ROLE OF SUBSOIL DEGASSING IN CLIMATIC EVENTS AND LANDSCAPE TRANSFORMATIONS OF THE QUATERNARY PERIOD**

A description of the funnel-wells formed in Siberia in 2013-17 at spontaneous emissions of methane is provided and illustrated with photographs. The diameter of the objects is 4–26 m, the depth is up to 100 m. It is shown that in 3–4 years the funnels become indistinguishable from the typical tundra lakes, millions of which are found in the Russian Arctic. The mechanism of the influence of deep degassing on the formation of «permafrost» and deposits of gas hydrates is described. With their development and degradation, climate, landscape, biocenoses changes are associated. A number of facts are indicated, the explanation of which is impossible within the framework of modern models of glaciations in the Quaternary. The solving «degassing paradigm» is proposed.

Keywords: degassing, methane hydrates, explosions, funnels, lakes, climate, models.