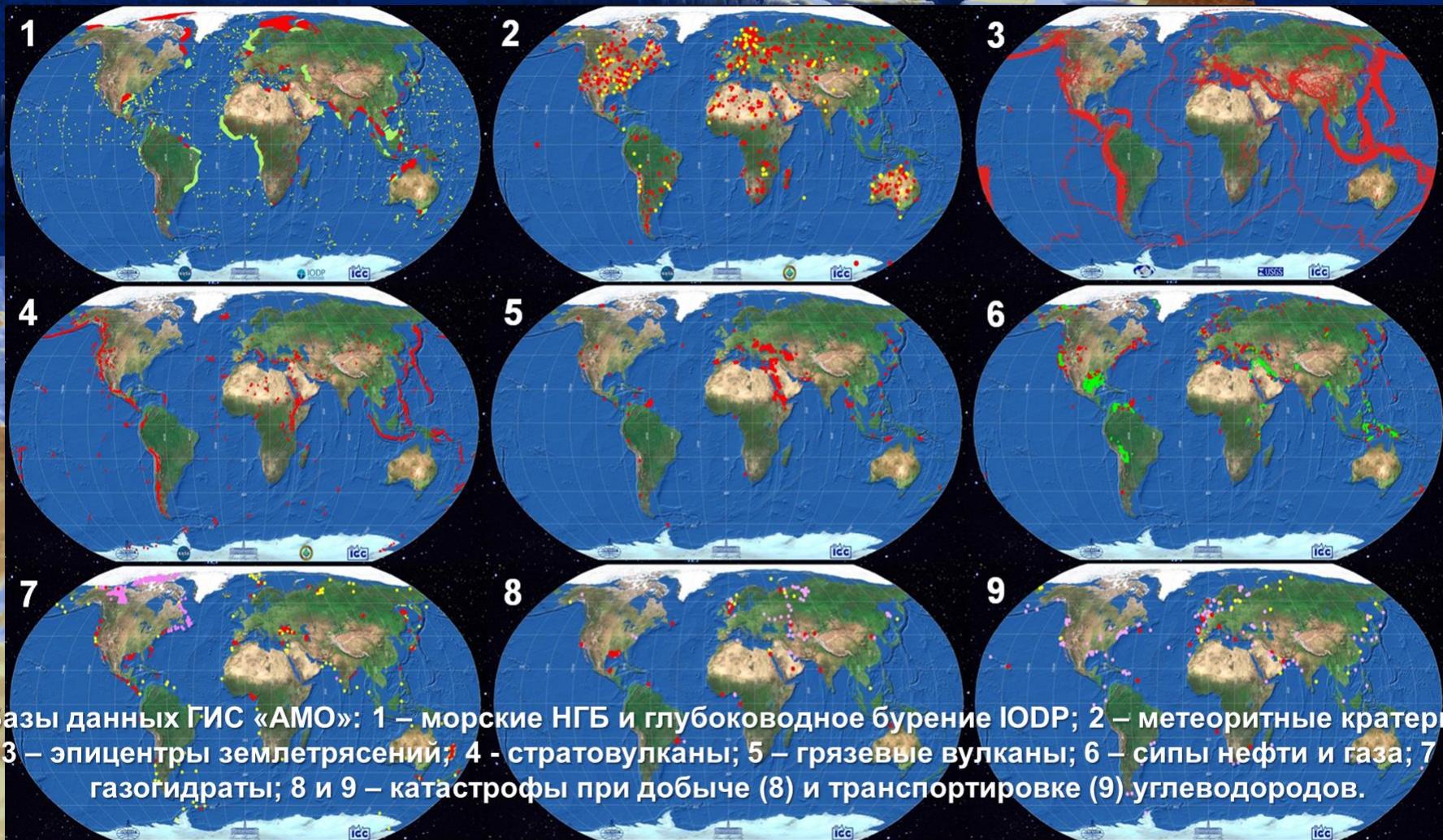




# Природные и техногенные катастрофические выбросы и взрывы газа в Арктике

*В.И.Богоявленский, И.В.Богоявленский*

**«Разум человечества – единственное средство спасения земной цивилизации от катастроф. Без его вмешательства человечество ждет деградация и вымирание». Академик В.И.Вернадский**



Триггерные цепи опасных и катастрофических событий:

1. Землетрясение, извержений вулканов, выбросы и взрывы газа, оползни, цунами ...
2. Выбросы газа, электризация, самовоспламенение и взрывы, землетрясение, оползни ...
3. Изменение климата, деградация мерзлоты, эмиссия метана, изменение климата ...
4. Добыча нефти и газа, уплотнение резервуара, проседание, землетрясение, выброс газа ...



## Катастрофа в Мексиканском заливе «Deepwater Horizon» (BP) в 2010 г.



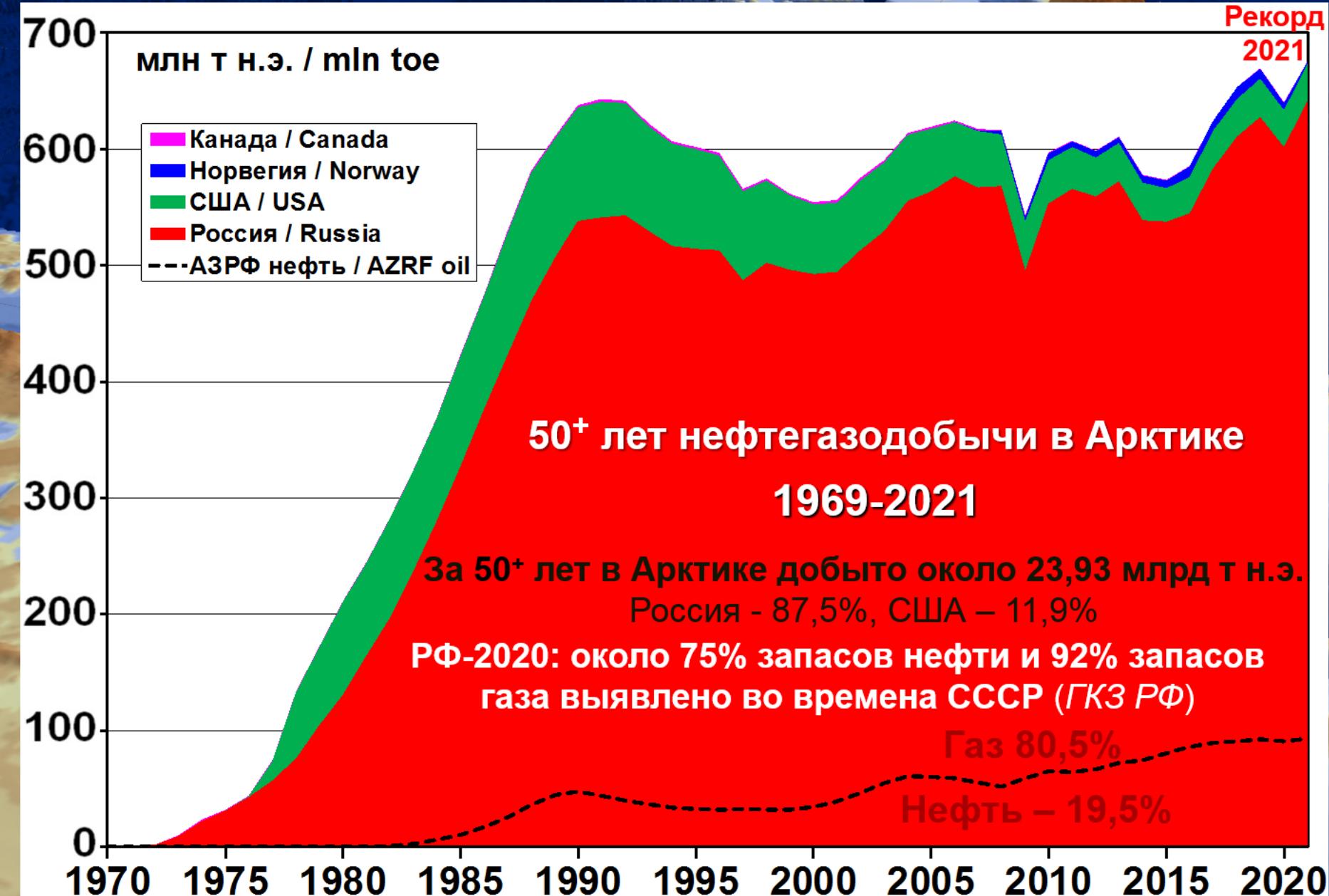
Финансовые потери компании BP к середине 2018 г. достигли 65 млрд \$.  
Ряд экспертов из США оценивает ущерб в 2,2 раза выше - 142 млрд \$.





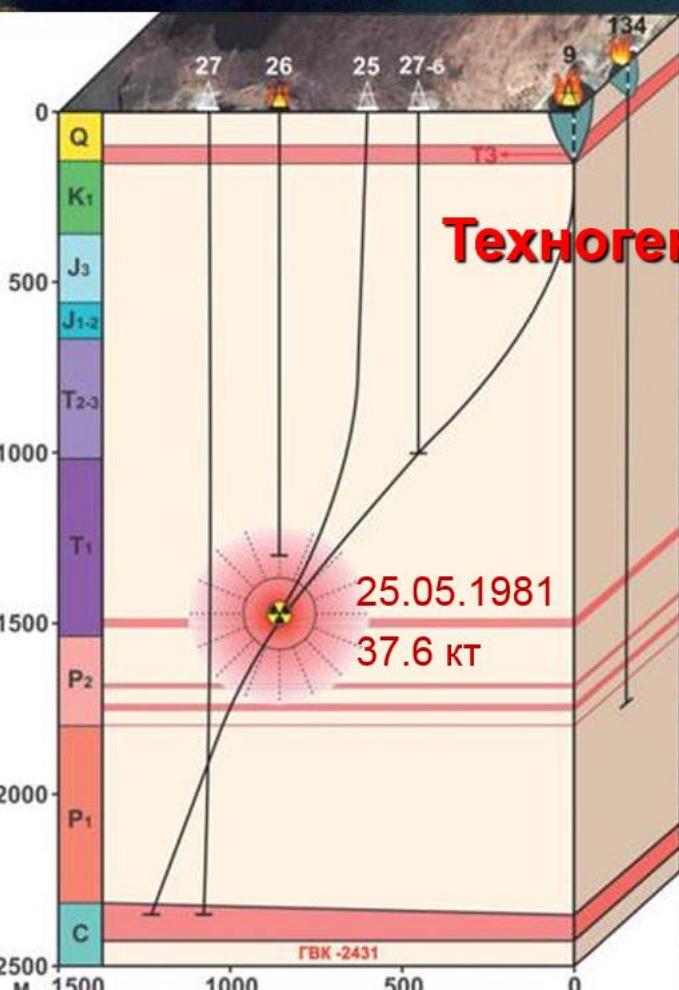
# Нефтегазодобыча в арктических зонах

## России, США, Норвегии и Канады





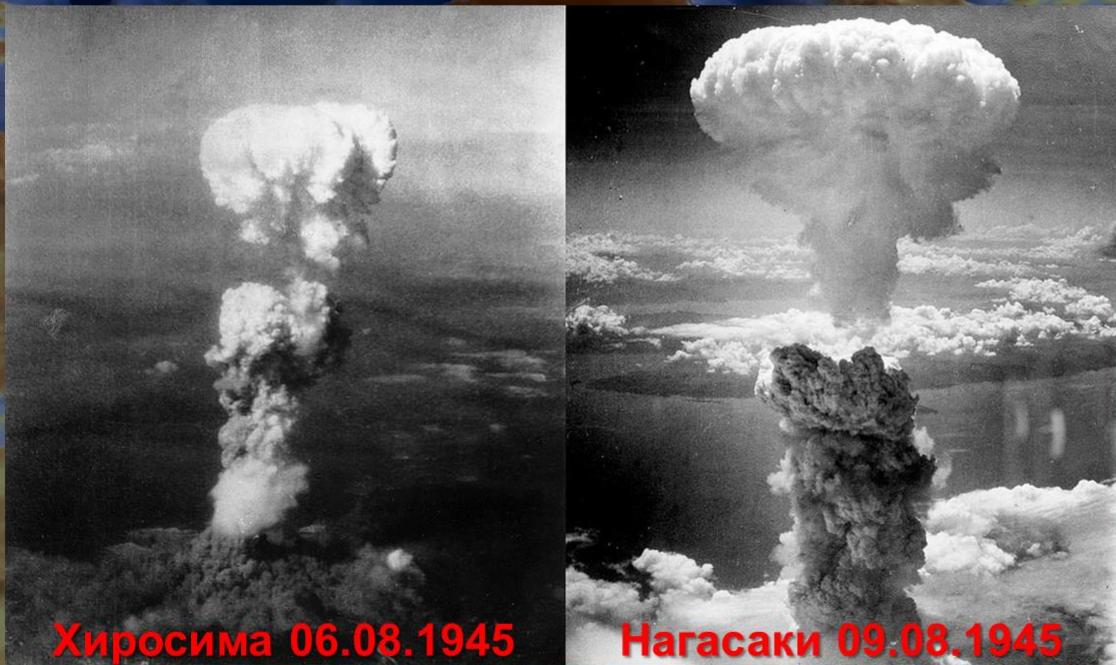
# Выброс и возгорание газа на скважине Кумжинская-9 около Печорского моря. Gas blowout in Kumzha-9 well 28.11.1980



Возгорание около 2 млн м<sup>3</sup> в сутки газа с  
конденсатом 28.11.1980 г. на скв. № 9

## Атомные взрывы для гашения факелов

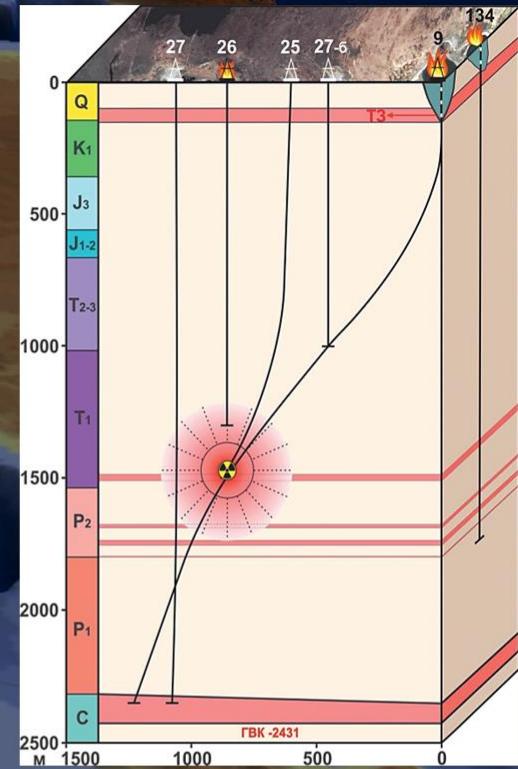
Взрыв	Регион	Дата	H, м	E, кт	M
Урта-Булак	Узбекистан	30.09.1966	1532	30	5,1
Памук	Узбекистан	21.05.1968	2440	47	5,4
Кратер	Туркмения	11.04.1972	1720	15	4,9
Факел	Украина	09.07.1972	2483	3,8	4,8
<b>Пирит</b>	<b>Ненецкий АО</b>	<b>25.05.1981</b>	<b>1511</b>	<b>37,6</b>	<b>5,5</b>



Хиросима Little Boy («Малыш») - 13-18 кт

Нагасаки Fat Man («Толстяк») - 19-21 кт

Всего 32-39 кт, погибло 150-150 тыс. человек



28.11.1980-18.05.1987 (2362 дней)





# Кумжинская катастрофа. Выводы и рекомендации



1. Учеными Российской академии наук и других организаций в ходе экспедиционных исследований и с применением дистанционного зондирования Земли из космоса накоплена однозначная информация, свидетельствующая, что на месте аварии эмиссия углеводородов продолжается до настоящего времени, то есть более 35 лет после остановки катастрофического фонтанизирования в мае 1987 г.

2. У многих ученых не вызывает сомнения необходимость снижения пластовых давлений в залежах углеводородов в северной части Кумжинского месторождения путем их извлечения (добычи), так как нарушенная атомным взрывом герметичность геологического разреза, особенно около четырех аварийных скважин, может привести к повторным мощным выбросам углеводородов.

3. Повышенный риск разработки залежей в северной части Кумжинского месторождения в ранимой экосистеме устья реки Печора требует детального учета риска проведения новых буровых работ. Снижение этого риска возможно с помощью проведения специальных исследований, включающих изучение подземного пространства с применением специальных геофизических исследований – сейсморазведки 3D высокого разрешения. Только на основании результатов новых комплексных геолого-геофизических, геоэкологических и экологических исследований можно будет сделать достаточно обоснованный проект освоения северной части месторождения.

4. Следует одобрить проводимые научными организациями Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) и учеными РАН научно-исследовательские работы в районах и регионах России, подвергнутых активному промышленному освоению.



# Кумжинская катастрофа. Выводы и рекомендации



5. Рекомендовать Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) и Федеральной службе по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор):

5.1. Рассмотреть имеющуюся информацию о повышенных рисках освоения ресурсов Кумжинского газоконденсатного месторождения и лицензионные обязательства недропользователя особенно в части «геологического изучения недр, разведки (доразведки) месторождений и пробной эксплуатации поисковых и разведочных скважин. Объектом проведения работ является месторождение в целом. Этими работами должен быть охвачен весь лицензионный участок недр, все залежи месторождения» (ГОСТ Р 55415-2013 «Национальный стандарт Российской Федерации. Месторождения газовые, газоконденсатные и нефетегазоконденсатные. Правила разработки»).

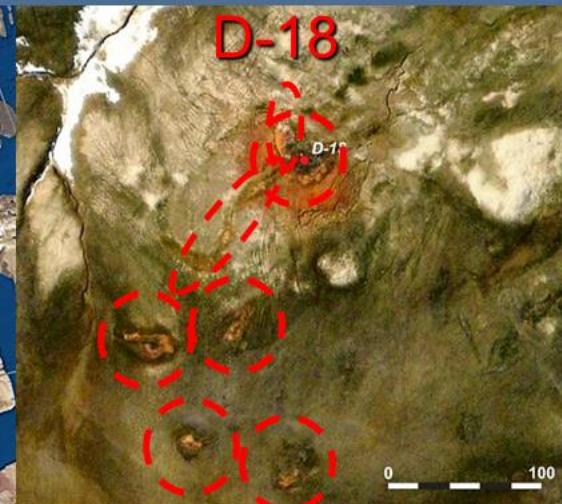
5.2. Создать специальную долговременную межведомственную комиссию, включающую представителей Минприроды России, Росприроднадзора, а также независимых экспертов организаций Минобрнауки России и РАН, основной целью работы которой будет разносторонний контроль (мониторинг) рациональной разработки северной части Кумжинского месторождения «по отдельному проектному документу - технологической схеме опытно-промышленной разработки» с обеспечением «устойчивости добычи к рискам аварий и чрезвычайных ситуаций» согласно ГОСТ Р 55415-2013. При этом должны быть определены «...характеристики пород-коллекторов, гидрогеологические, геокриологические, экологические и другие условия».

5.3. Рассмотреть результаты выполнения лицензионных обязательств АО «СН Инвест», особенно в части обследования устьев скважин в пределах аварийной площади в северной части Кумжинского месторождения.

5.4. Комплексно проанализировать целесообразность и экологическую безопасность размещения проектируемого газоперерабатывающего завода с производством метанола АО «СН Инвест» именно в устье реки Печора, а не в других возможных районах, которые являются экологически менее ранимыми, например, в ранее планировавшемся районе вблизи поселка Индига.



# Катастрофические выбросы газа на островах Канадского Арктического Архипелага



N-67  
1969-1970



D-18, 1970-1971

2019



# Брошенная скважина с буровым оборудованием на полуострове Ямал



Космоснимок WV-2 18.04.17



3

Цифровизация – сейсморазведка 4D в реальном времени

«Индустирия 4.0» - роботизация, «антивыбросовые технологии»

### Природно-техногенные залежи

“По самым скромным статистическим оценкам цементный камень разрушен или полностью отсутствует в половине добывающих скважин, эксплуатирующих сеноманские залежи. Оценки сделаны ... после завершения бурения. Несомненно, к настоящему времени процент скважин с разрушенным цементным камнем гораздо выше” (ВНИИгаз, 2007).

2013-2021





# Технологии повышения эффективности и экологической безопасности освоения месторождений в Арктике.



Цифровизация – сейсморазведка 4D в реальном времени

**«Индустирия 4.0» - роботизация, «антивыбросовые технологии»**

ТРИЕДИНЫЙ ПОДХОД К ЦИФРОВИЗАЦИИ  
ИНОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,  
ГАРАНТИРУЮЩИХ БЕЗОПАСНОСТЬ ДОБЫЧИ ГАЗА.  
ИДЕОЛОГИЯ «ИНДУСТРИЯ 4.0»

УИВ 0005.5916-6-222

О.Б. Ариев, ООО «Газпром добыча Ямбург» (Новый Уренгой, РФ), газпромнефтьразведка.ru

А.К. Арабский, д.т.н., доцент, ООО «Газпром добыча Ямбург», газпромнефтьразведка.ru

Т.В. Сопкин, ООО «Газпром добыча Ямбург», газпромнефтьразведка.ru

М.И. Кущ, ООО «Газпром добыча Ямбург», газпромнефтьразведка.ru

Р.Л. Конжуханов, ООО «Газпром добыча Ямбург», газпромнефтьразведка.ru

С.И. Гунин, ООО «Газпром добыча Ямбург», газпромнефтьразведка.ru

Э.Г. Талыбов, д.х.н., ООО «Газпром добыча Ямбург», газпромнефтьразведка.ru

С.А. Кирсанов, к.т.н., ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, РФ), газпромнефтьразведка.ru

И.А. Даченко, ПАО «Газпром», газпромнефтьразведка.ru

В.И. Боголюбовский, д.т.н., чл.-корр. РАН, ФГБНУ институт проблем газа Российской академии наук (Москва, РФ), газпромнефтьразведка.ru

В.И. Бакланов, д.х.н., профессор, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Приморский научный центр Российской академии наук» институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук (Пущино, РФ), газпромнефтьразведка.ru

Р.В. Галиуллин, д.г.н., ФГБНУ Институт фундаментальных проблем биологии Российской академии наук (Пущино, РФ), газпромнефтьразведка.ru

Научные статьи: [www.gazpromneft.ru](http://www.gazpromneft.ru)

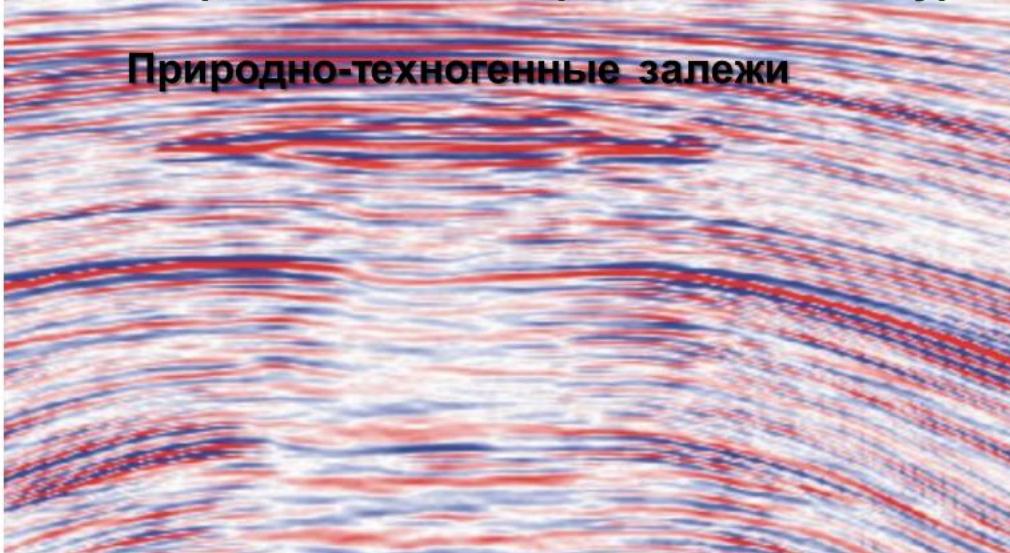
Научные статьи: [www.gazpromneft.ru](http://www.gazpromneft.ru)

В настоящее время мир входит в четвертую научно-техническую революцию, получившую название «индустрия 4.0» и упомянутую как интернет вещей. Этот процесс затрагивает все сферы, в том числе природного газа, из освоенных и новых месторождений, каждое из которых уникально по своим параметрам. Революция происходит в трех сферах – технологической (оборудование для добычи), геологической (влияние на среду) и социальной (взаимодействие с обществом и властями). Важнейшим фактором является взаимодействие с окружающей средой). Согласно принципам устойчивого развития эта деятельность требует непрерывного управляемого обеспечения технологической, геологической и экологической безопасности газопромысловых объектов, в том числе за счет повышения эффективности использования инновационных технологий. Для этого необходимо, чтобы все залежи на трех видов безопасность должно базироваться на едином, общем принципах (триединый подход). А инновационные разработки в этом направлении – соответствуют идеологии индустрии 4.0. В статье показаны выявленные за рамки установленных предложений приоритеты разработки и внедрения инновационных технологий в различных секторах нефтегазового комплекса. Приведены примеры практической реализации комплексного подхода в расширенной сфере использования имеющихся информационно-управляющих систем и решений с их помощью широкого блока инновационных технических, геологических и экологических задач на объектах газодобычи и газотранспорта. Такой подход позволяет не только способствовать собственному развитию инноваций и технологий, но и создавать новые виды услуг, которые возможно можно использовать для управления производственными процессами (сравнение параметров с базами, расчет оптимальных технологических сценарий). При некотором отклонении от нормы работы системы должно исключить возможность возникновения аварийных ситуаций и катастроф. Также необходимо учитывать и новые природные, геологические и экологические явления, с которыми сталкиваются при освоении северных месторождений РФ.

Ключевые слова: ДОБЫЧА ГАЗА, ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ГАЗОПЛАСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ИНДУСТРИЯ 4.0, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

ПАО «Газпром», ОАО «Газпром добыча Ямбург»

## Природно-техногенные залежи



2540005,  
2544948,  
2579089,  
2691630,  
2713553,  
2761052



2013-2021

Цифровизация, импортно-экспортное



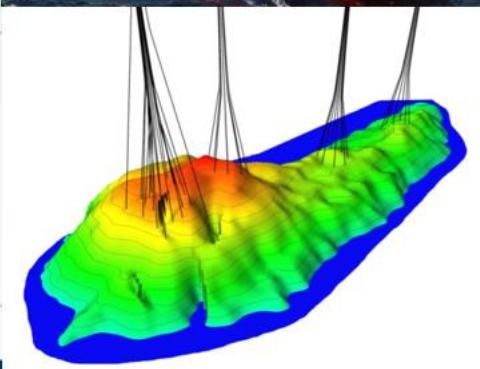
# Обустройство ГКМ Каменномысское-море. Импортозамещение и импортоопережение



■ ЛСП

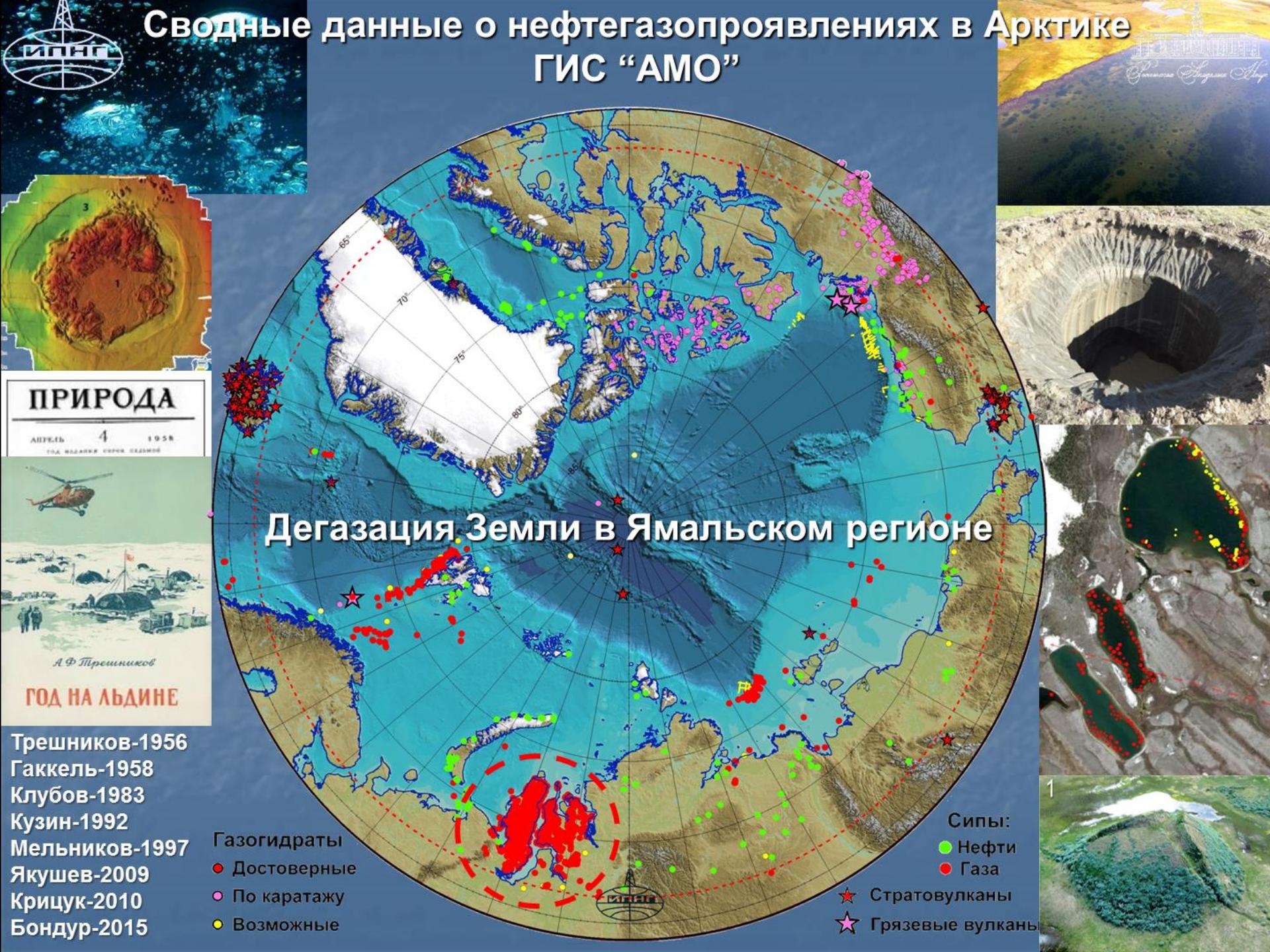
● ЛБК

■ УКПГ



Каменномыское-море – 555 млрд м<sup>3</sup> газа





# Опасные газонасыщенные объекты на шельфе Арктики: море Лаптевых



## ИССЛЕДОВАНИЯ

Опасные газонасыщенные объекты на акваториях Мирового океана:  
море Лаптевых

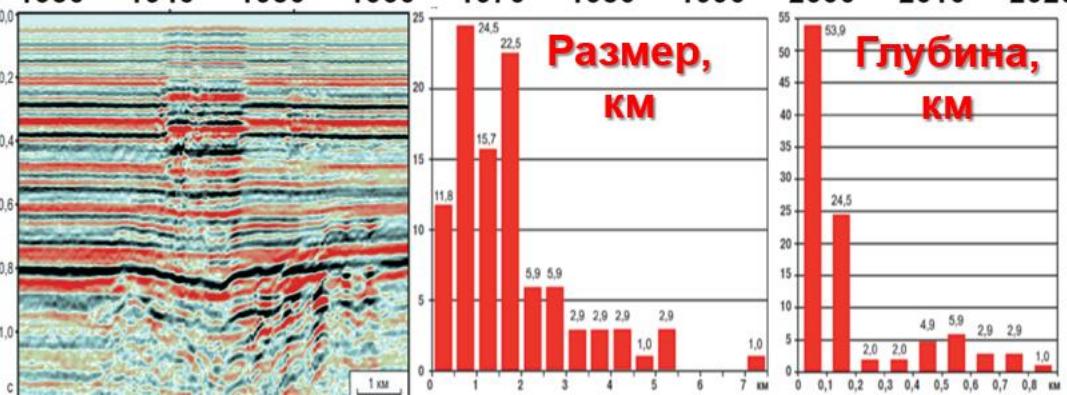
Грузопоток по СМП  
2021 г. - 34,85 млн т

ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2021, том 500, № 1, с. 83–89

## ОКЕАНОЛОГИЯ

МЕРЗЛОТА, ГАЗОГИДРАТЫ И СИПЫ ГАЗА  
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

© 2021 г. Член корреспондент РАН В. И. Боговиденский<sup>1,\*</sup>, А. В. Кипиаков<sup>1</sup>, А. Г. Казанин<sup>2</sup>  
Поступило 21.05.2021 г.  
После доработки 10.06.2021 г.  
Принято к публикации 11.06.2021 г.





# НП "Российский центр освоения Арктики" (2014 г.). Экспедиции ИПНГ РАН на Ямале в 2014-2021 гг.





# Кратер выброса газа С1 на Ямале



Кратер С1 на Ямале

Эндогенные процессы - Газодинамика (+ Климат?) - Выброс газа –  
Электризация – Взрыв газа – Термоденудация - Оползни



Российский центр освоения Арктики  
Russian Center of Arctic Development

Photo 25.08.14  
V.Bogoyavlensky

# Кратер выброса газа С1 на Ямале Gas Blowout Crater C1 in Yamal



2014-2016



# Строение полостей в массивах подземного льда в кратерах выбросов газа.

1 - С1, 2 - С12, 3 - С17 (фото В. Богоявленского 2014, 2017 и 2020 гг.), 4 - С3 (фото М. Лапсуй, 2014 г.)





# Сеяхинский кратер выброса газа С11.

28.06.17

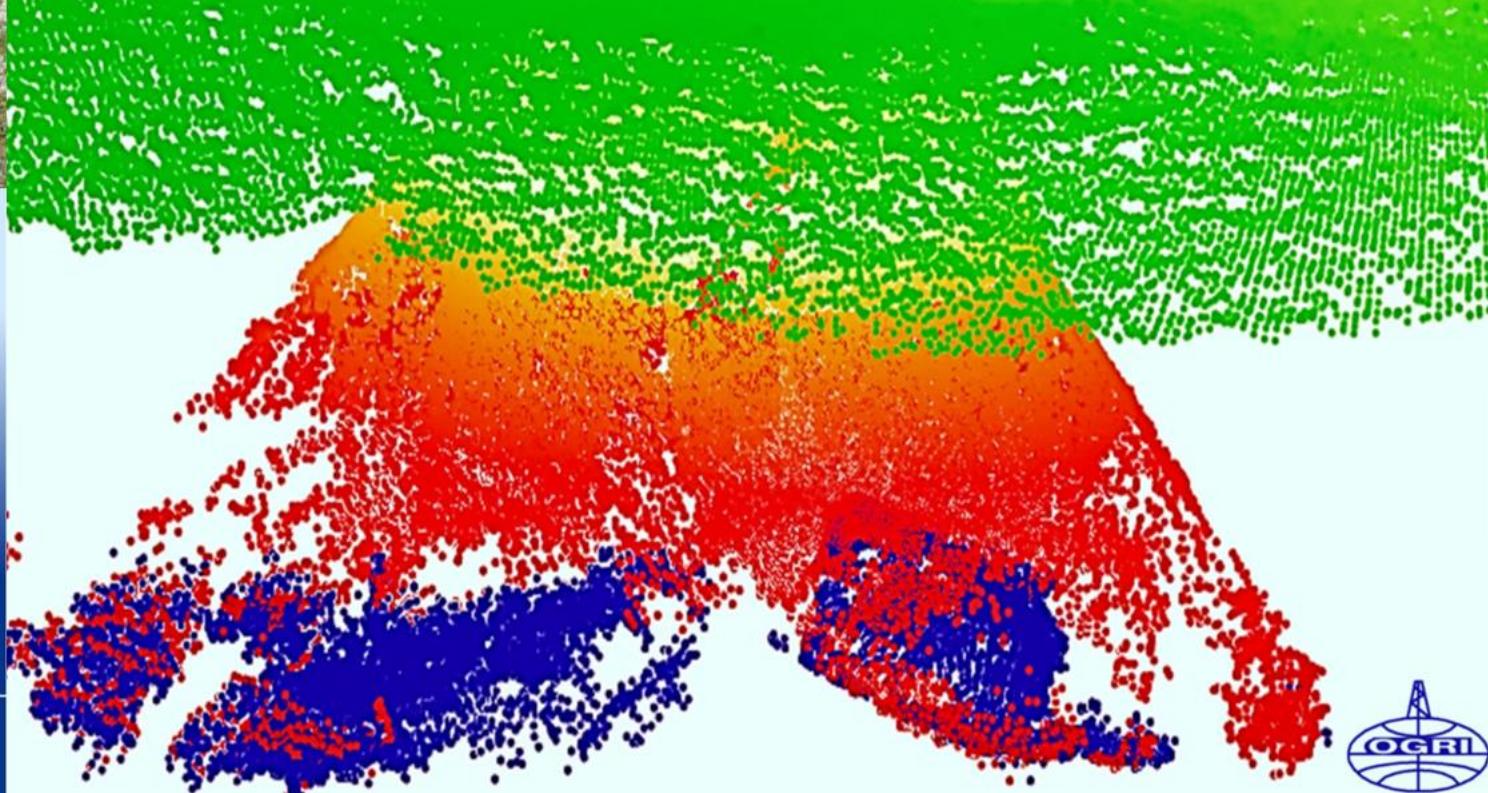
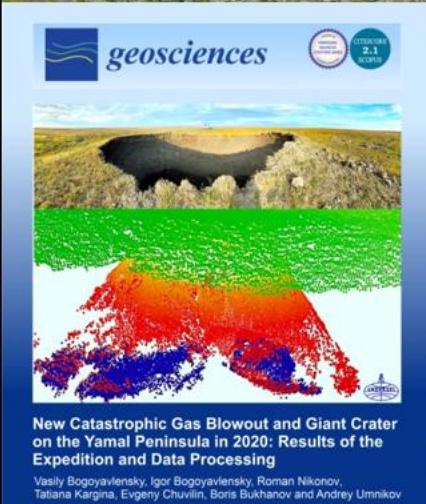


Russian Center of Arctic Development

Photo 2.07.17  
V.Bogoyavlensky



# Гигантский кратер выброса газа С17 на Ямале - открытие 2020 г.

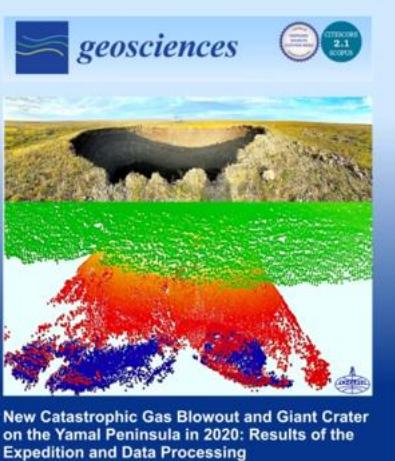


mdpi.com/journal/geosciences

ISSN 2076-3263



# Гигантский кратер выброса газа С17 на Ямале - открытие 2020 г.

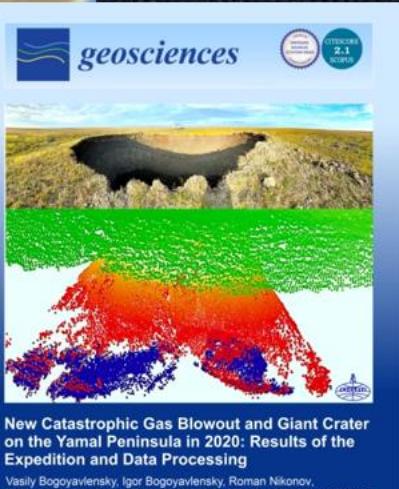
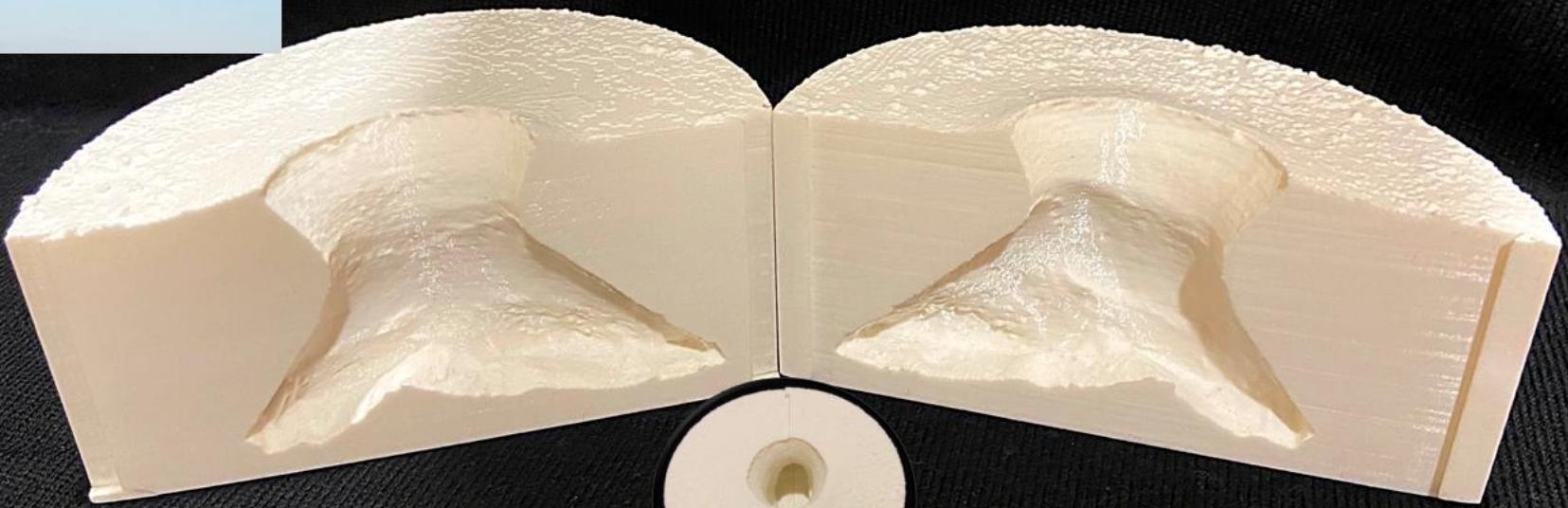


Geosciences 2021, 11(2), 71  
mdpi.com/journal/geosciences  
ISSN 2076-3263

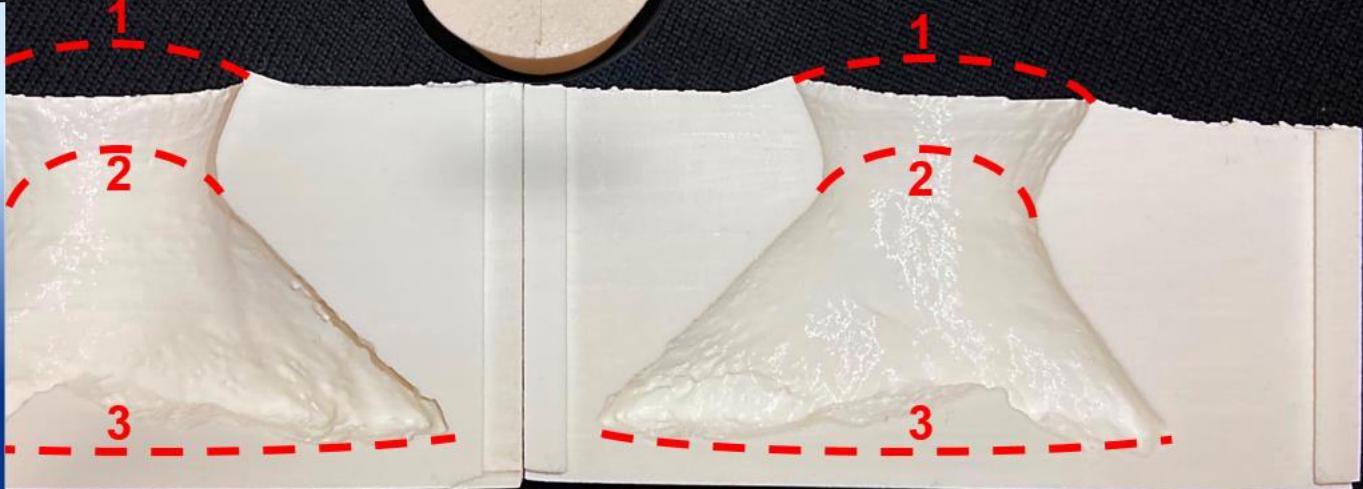




# Гигантский кратер выброса газа С17 на Ямале - открытие 2020 г.: 3D-модель

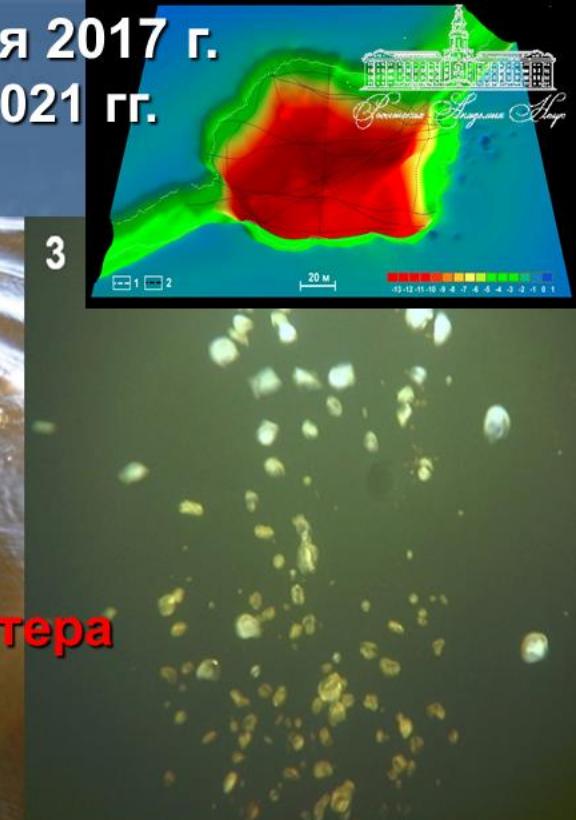


Geosciences 2021, 11(2), 71

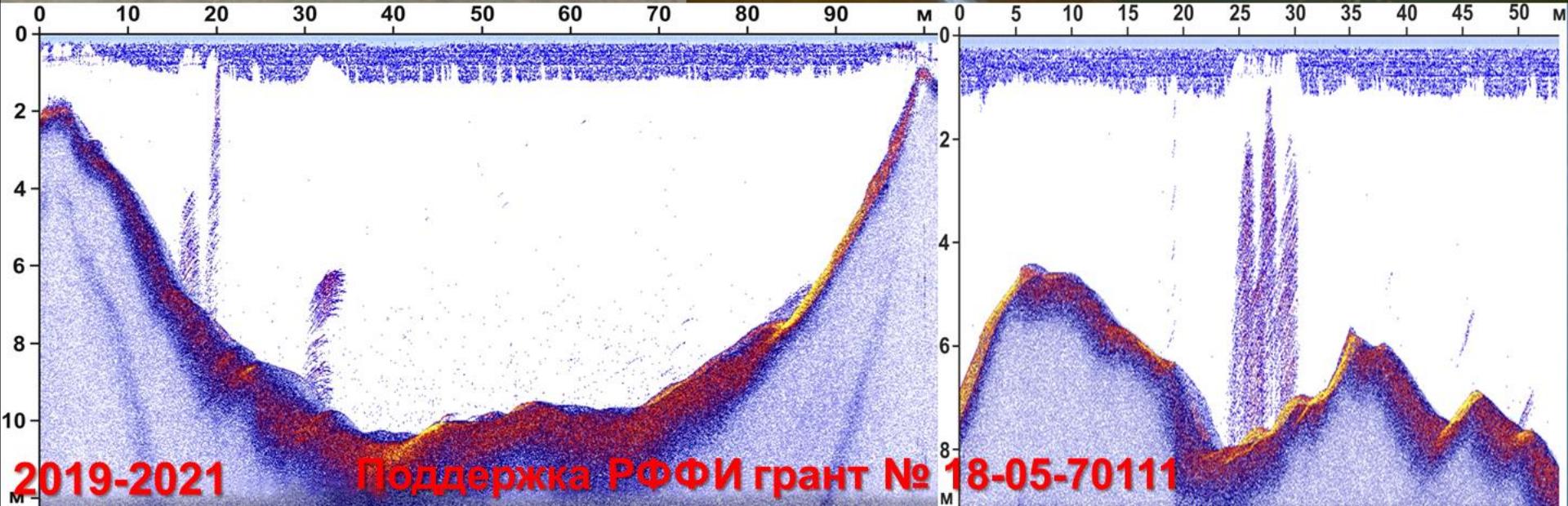




# Сеяхинский выброс газа С11 28 июня 2017 г. Непрерывная эмиссия газа в 2017-2021 гг.



5 лет мониторинга развития кратера  
2017-2021





# Сеяхинский выброс газа С11 28 июня 2017 г.

## Непрерывная эмиссия газа в 2017-2021 гг.



**energies**

MDPI

Article

### Permanent Gas Emission from the Seyakha Crater of Gas Blowout, Yamal Peninsula, Russian Arctic

Vasily Bogoyavlensky <sup>1,\*</sup>, Igor Bogoyavlensky <sup>1</sup>, Roman Nikonen <sup>1</sup>, Vladimir Yakushev <sup>2</sup> and Viacheslav Sevastyanov <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Oil and Gas Research Institute, Russian Academy of Sciences (OGRI RAS), 3, Gubkina St., 119333 Moscow, Russia; vbg@yandex.ru; vayakushev@gmail.com (<sup>2</sup> N.; <sup>3</sup> V.S.)

Gas Production Company, Gobkin Russian State University of Oil and Gas, 55, Leningradskiy Prospekt, 119991 Moscow, Russia; yakushev.vg@kpk.ru

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, 19, Kosygina St., 119334 Moscow, Russia; vsevast@igac.ac.ru

\* Correspondence: Gas-ecology17@gmail.com; Tel.: +7-499-1350683

**Abstract:** The article is devoted to the four-year (2017–2020) monitoring of gas emissions from the bottom of the Seyakha crater of gas blowout in the Yamal Peninsula, a part of Western Siberia. The crater was formed on 28 June 2017 due to a powerful blowout, soil ignition and explosion of gas (mainly methane) at the site of a heating mound in the river channel. On the basis of a comprehensive analysis of expeditionary geological and geophysical data (a set of geophysical equipment, including echo sounders and GPR was used) and remote sensing data (from space and with the use of UAVs), the continuing nature of the gas emissions from the bottom of the crater was proven. It was revealed that the area of gas seep in 2019 and 2020 increased by about 10 times compared to 2017 and 2018. Gas in the cryosphere of the Arctic exists in free and hydrated states, but also in hydrate composition, whereas methane is of a biochemical, thermogenic and/or mixed type. It was concluded that the cryosphere of Yamal has a high level of gas saturation and is an almost inexhaustible unconventional source of energy resources for the serving of local needs.

**Keywords:** Yamal Peninsula; permafrost; gas hydrates; methane; pingo; pingo-like feature (PLF); crater; gas blowout; gas emission; remote sensing (RS)

Received: 29 June 2020  
Accepted: 17 August 2021  
Published: 27 August 2021

**Academic Editor:** Richard Collins

Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland.  
This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The reserves of near-surface free gas pools can contain tens or hundreds of millions,  
  
In recent decades, studies of the near-surface gas content (shallow gas—depth of a few hundred meters) in the land and offshore areas of the Arctic, as well as gas emissions into the hydrosphere and atmosphere [1–56] have been actively developing. This emission is caused mainly by the climate warming in the postglacial period (the last century) and the resulting degradation of the cryosphere, which leads to the destruction of permafrost (PF) [7,18,22,43,44,46,57,58]. At the same time, large volumes of gas (mainly methane) are released from or contained within the PF strata, as well as being found under it in a free or hydrated state [3,5–10,12,22,27,28,31,38,41–59]. Furthermore, near-surface gas pools pose threats for the drilling of oil and gas prospecting wells—blowouts and fires often lead to the wreckage of drilling rigs and the deaths of people [14,15,16,18,20,21,23,24,26,27,29,30,32,33,34,36,37,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52]. These processes indicate the need to account for a new unconventional potential source of energy for the Arctic territories and offshore areas—near-surface intrapermafrost natural gas pools [11,52]. Their resources can help in the development of hard-to-reach Arctic territories.

[Energies 2021, 14, 5345. <https://doi.org/10.3390/ens14175345>](https://doi.org/10.3390/ens14175345)

N



5 лет мониторинга развития кратера  
2017-2021



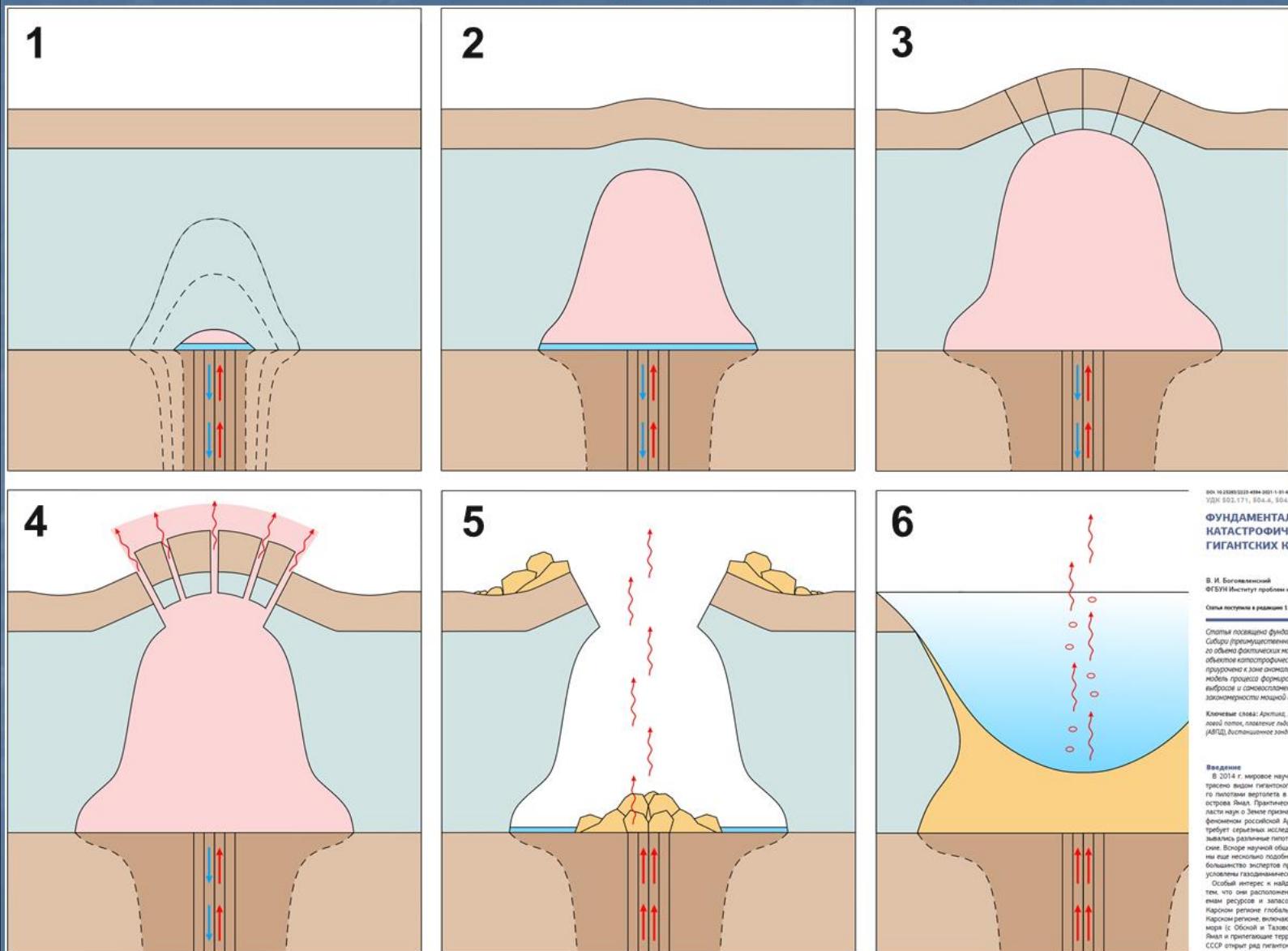
1-2017, 2-2018,  
3-2019, 4-2020

0 10 20 m

0  
-1  
-2  
-3  
-4  
-5  
-6  
-7  
-8  
-9  
-10  
m

2019-2021

# Модель формирования полостей в массивах подземного льда, бугров пучения и выбросов газа с образованием гигантских кратеров в криосфере Земли



DOI 10.3390/2324494 ISSN 2073-4425 2021-01-01  
УДК 553.171, 504.4, 504.7

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕЗИСА КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ВЫБРОСОВ ГАЗА И ОБРАЗОВАНИЯ ГИГАНТСКИХ КРАТЕРОВ В АРКТИКЕ**

В. И. Бегловский  
ФГБНУ Институт проблем нефти и газа РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 1 декабря 2020 г.

Статья посвящена фундаментальным аспектам мощной взрывной дегазации Земли на севере Западной Сибири (применительно к Ямалу). Приведены результаты комплексных научно-исследований, выполненных в 2014–2020 гг., по объему космогеофизических выбросов газа. Показано, что большая часть выявленных на Ямале кратеров проявлено в зоне аквариумного теплового потока в районе Бованенковского месторождения. Обоснована модель процесса формирования газогенезионных полостей в массивах подземного льда, бугров пучения, выбросов и сопровождающий газом полости с формированием гигантских кратеров. Сформулированы основные закономерности мощной взрывной дегазации в Арктике.

**Ключевые слова:** Арктика, Ямал, Бованенковское месторождение, криолитозефера, термокарст, гигантские, тепловой поток, плывущий лед, газогенезионные полости, газовые гидры, акустическое давление, АВГД, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ).

**Введение.**  
В мировом научном сообществе было построено видоизмененное представление об образовании гигантских кратеров в центральной части полуострова Ямал. Практически все специалисты в области наук о Земле пришли к единому мнению о том, что гигантские кратеры Арктики, газовые гидры требуют серьезных исследований. При этом высказываются различные гипотезы, включая фантастические. Вскоре научной общественности стала известна новость о том, что в Арктике Ямала, где большинство энтузиастов признавало, что выбросы обусловлены газодинамическими процессами [1–29].

Особый интерес к нахождению кратеров привлекли тем, что они расположены в северной части Ямало-Карского региона (головного значения в Южно-Карском регионе, включающем антарктиду Карского моря (с Обской и Таймырской губами) и Бованенковский район). Впервые такие кратеры были обнаружены в 1960 г. в ходе геологической экспедиции СССР, которая открыла путь к западным месторождениям газа (Уренгойское, Амбарское, Бованенковское, Русско-Северное, Ленинградское и др.), введенная в промышленную эксплуатацию в 1964 г. В последние годы на шельфе открыты еще кратеры С9 расположены вблизи железнодорожной линии. Разброс высоты местного грунта и льда достигает 200–400 м, что соответствует 900–1200 м в глубине. На территории севера Ямало-Ненецкого автономного округа и Красногорского края обнаружено около 20 объектов, которые с учетом различной степени изученности



# Термокарстовые озера с кратерами выбросов газа на Ямале (ТОКВГ)



17.08.15

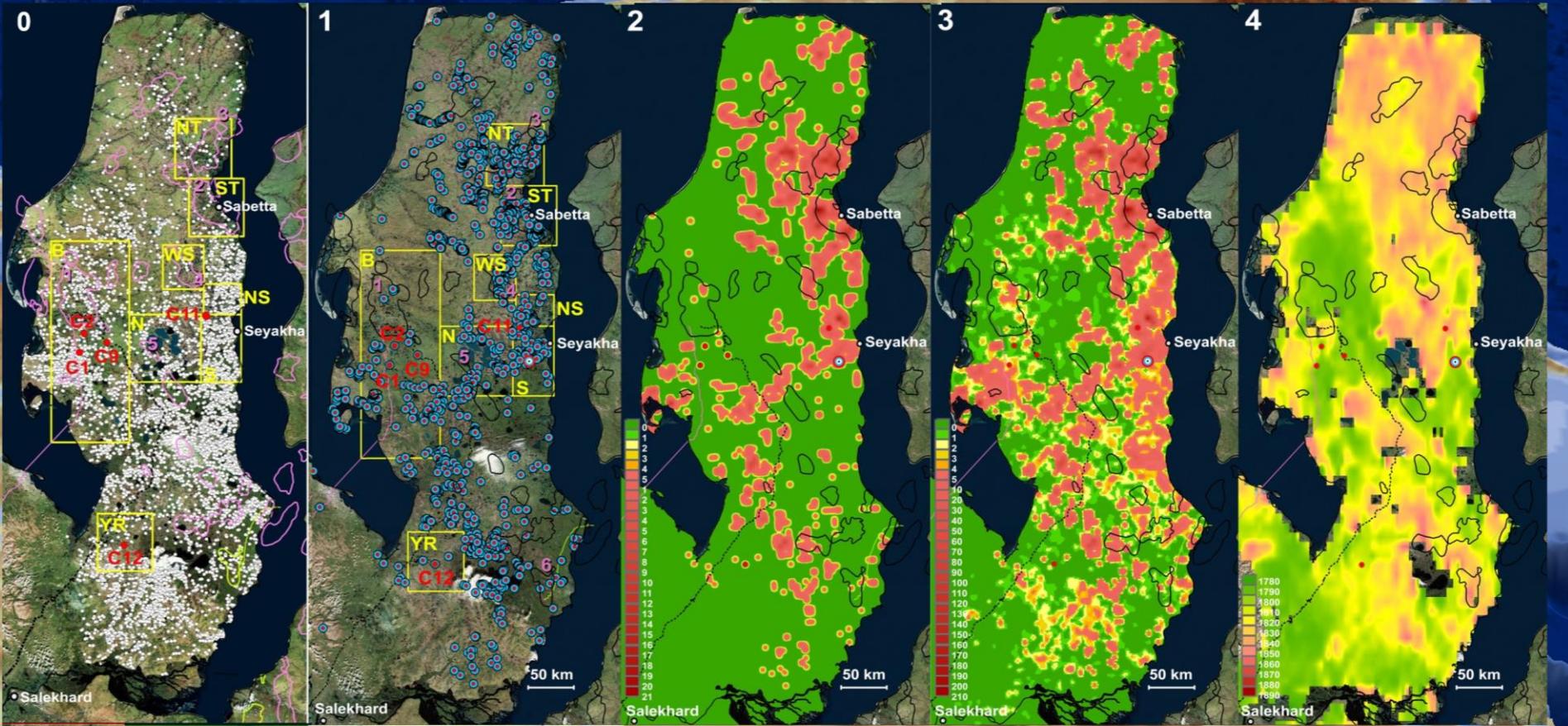
2015

Russian Center of Arctic Development

*Photo from helicopter  
by V.Bogoyavlensky*

# Ямал. Многолетние бугры пучения (МБП) и термокарстовые озера с кратерами выбросов газа (ТОКВГ). Схема риска выбросов газа и концентрации метана в атмосфере (КМА)

Дегазация Земли в Арктике: генезис природной и антропогенной эмиссии метана  
DOI 10.2117/1604.2019.2917  
В. И. Богоявленский, О. С. Сизов, Р. А. Никонов, И. В. Богоявленский, Т. К. Корнина  
ФГБНУ Институт природных наук и полигонов ИПН (Институт Российской Федерации)  
Получено в рецензию 20.07.2020 г.  
Редактор: Е. В. Григорьев  
Рецензент: А. А. Борисов  
Компьютерная верстка: А. А. Борисов  
Лицензия на право использования: №0347 от 15.01.2019 г.  
© ФГБНУ Институт природных наук и полигонов ИПН (Институт Российской Федерации), 2020  
В результате анализа концентраций метана в спутниковых изображениях газоиздателя TROPOMI, полученных Sentinel-5P ESE системой солнечной спиральной антенны в Арктической зоне России и спутниковыми изображениями промышленных областей. Для второй части Сабетта, изображение было получено из спутниковых изображений, полученных в 2019 году. Для первого изображения были использованы спутниковые изображения, полученные в 2022 году. Для изображения ТОКВГ было получено из спутниковых изображений, полученных в 2019 году. Анализ второго изображения (2019) показал, что количество выбросов газа не более 1657 измерений газа, что в 2 раза меньше, чем в 2022 году. Для изображения ТОКВГ было получено из спутниковых изображений, полученных в 2019 году. Анализ изображения ТОКВГ показал, что количество выбросов газа не более 415 измерений газа, что в 2 раза меньше, чем в 2022 году. Для изображения КМА было получено из спутниковых изображений, полученных в 2019 году. Анализ изображения КМА показал, что количество выбросов газа не более 185 измерений газа, что в 4 раза меньше, чем в 2022 году. Для изображения МБП было получено из спутниковых изображений, полученных в 2019 году. Анализ изображения МБП показал, что количество выбросов газа не более 7185 измерений газа, что в 7 раз больше, чем в 2022 году.



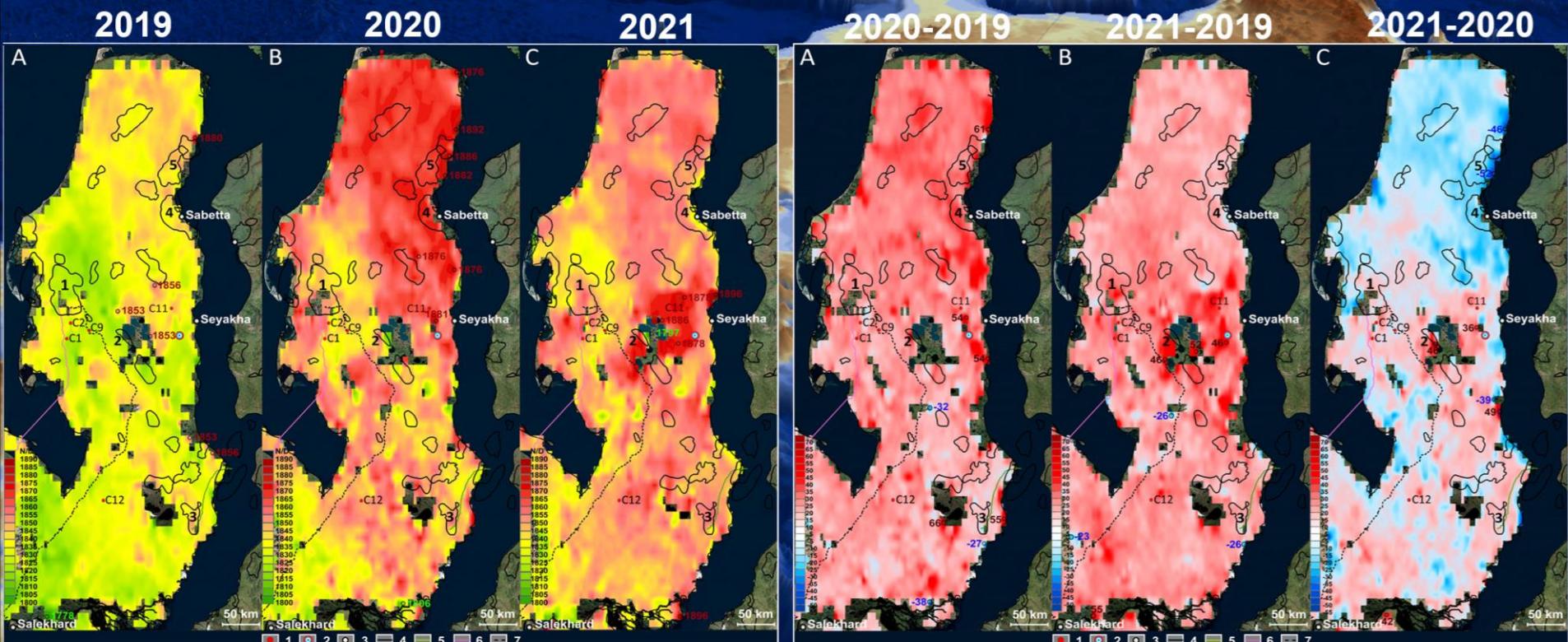
**МБП**  
7185 в 2019  
7539 в 2022

**ТОКВГ**  
415 в 2019  
2564 в 2022

**Схемы плотности распространения ТОКВГ (2),  
риска выбросов газа (3) и КМА Sentinel-5P  
TROPOMI (4)**



# Мониторинг изменений концентрации метана в атмосфере Ямала в 2019-2021 годах по данным спектрометра TROPOMI



**Среднегодовые температуры на Ямале:**  
1 - Салехард, 2 - Новый Порт, 3- Марре-Сале,  
4 – Сяяха, 5 - остров Белый

**Изменения аномалий годовых температур  
в приземном воздушном слое**

Научные исследования в Арктике

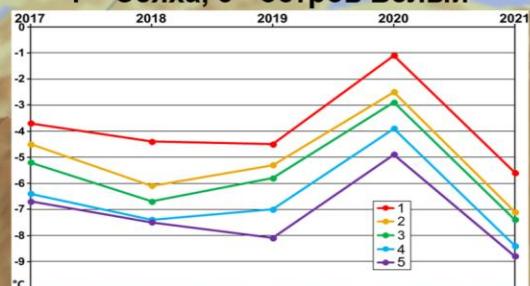
DOI: 10.26236/2223-4984-2020-5-104-319  
УДК 502.171, 504.7

**МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИИ  
МЕТАНА В АТМОСФЕРЕ АРКТИКИ В 2019–2021 гг.  
ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРА TROPOMI**

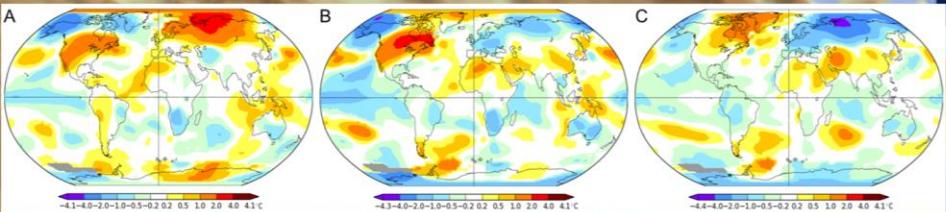
В. И. Богоявленский, О. С. Сизов, Р. А. Никонов, И. В. Богоявленский  
ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН (Москва, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 10 июня 2022 г.

Впервые выполнен комплексный анализ изменений концентрации метана в атмосфере (КМА) над газо-  
щуриногеологическими месторождениями Ямала по данным спектрометра TROPOMI из 2019–  
2021 гг. Установлено, что средняя КМА в мезотропе всех трех лет была примерно на 40–50% ниже  
глобальной, а также ниже средней для полюсов Ямала на 2–12 град. Выявлены региональные осо-  
бенности изменений КМА, в основном зависящие от температуры воздуха и биомассы земной поверхности,  
влияющей на процессы эмиссии метана. Несмотря на снижение КМА на большей части Ямала в отме-  
ченный годовой цикл 2021 г., в его центральной части было обнаружено значительное повышение КМА, видимо  
влияющее на формирование аномальных явлений в районе газо-щуриногеологических месторождений базы в районах залежей Нефтяного месторождения. Несмотря на падение расширения  
освоенных ресурсов углеводородов на полуострове Ямал, доля антропогенного вклада в изменения КМА  
превышает прецедентные наработки.



**2020-2019      2021-2019      2021-2020**



NASA

Богоявленский В. И., Сизов О. С., Никонов Р. А., Богоявленский И. В. Мониторинг изменений концентрации метана в атмосфере Арктики в 2019–2021 гг. по данным спектрометра TROPOMI // Арктика: экология и экономика, 2022, т.12, № 3, с.304-319.

2022



Российская академия наук  
Институт проблем нефти и газа РАН  
**Природные и техногенные катастрофические  
выбросы и взрывы газа в Арктике**  
**В.И.Богоявленский, И.В.Богоявленский**



**Признательны за поддержку и сотрудничество:**  
Правительство ЯНАО, ПАО «Газпром», ПАО «НОВАТЭК»,  
ООО «Ямал СПГ», НП «Российский центр освоения Арктики»,  
ГК «Роскосмос», АО «МАГЭ», АО «АКИН», ГЕОХИ РАН,  
ГК «ГЕОТЕХ», АО «Газпром ВНИИГаз», ОАО «Южморгеоргология»,  
ООО «СИ Технолоджи», Московский физико-технический институт,  
БФУ имени И.Канта, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина