

УДК 551.2.05

DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art61

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯМАЛЬСКИХ КРАТЕРОВ, НОВЫЕ ФАКТЫ

Титовский А.Л.¹, Синицкий А.И.², Пушкарев В.А.^{3,4}, Барышников А.В.³

1 – Департамент по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа; 2 – ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»; 3 – НП «Российский центр освоения Арктики», г. Салехард, 4 – Государственная Дума ФС РФ.
E-mail: geolosoph@gmail.com

Аннотация. В статье представлены аналитические материалы по комплексным исследованиям Ямальских кратеров за период наблюдений 2014-2017 годов. Предпринята попытка осветить ряд вопросов, связанных с изучением воронок газового выброса, а именно: интерес к природным выбросам газа на Ямале со стороны российских и зарубежных учёных; история изучения газовых кратеров, трудности и проблематика в исследованиях подобных геологических объектов; аналоги газовых кратеров в других арктических регионах мира и некоторые дискуссионные вопросы об их генезисе.

Ключевые слова: полуостров Ямал, бугры пучения, ямальские кратеры, воронки газового выброса, комплексные исследования.

THE NEW FACTS IN COMPLEX STUDIES OF YAMAL CRATERS

Titovsky A.L.¹, Sinitsky A.I.², Pushkarev V.A.^{3,4}, Baryshnikov A.V.³

1 – Department of Science and Innovation of the Yamalo-Nenets Autonomous District;
2 – GКУ YANAO «Scientific Center for the Study of the Arctic»;
3 – NP «Russian Arctic Development Center», Salekhard,
4 – State Duma of the Russian Federation Federal Assembly.
E-mail: geolosoph@gmail.com

Abstract. The article presents analytical materials on complex studies of Yamal craters for the 2014-2017 period of observations. An attempt was made to answer the key questions related to the gas emission funnels study, such as: interest in natural gas emissions on Yamal from Russian and foreign scientists; the history of the gas craters study, difficulties and challenges such geological objects investigation; analogues of gas craters in other Arctic regions of the world and some controversial questions about their genesis.

Keywords: Yamal Peninsula, hydrolaccoliths, Yamal craters, gas emission funnels, complex studies.

Интерес к природным выбросам газа на Ямале со стороны российских и зарубежных учёных за период с 2014-2018 гг.

Несомненно, интерес не только учёных, но и СМИ, в том числе и зарубежных, к теме появления кратеров газового выброса (воронок) очень высок. По прошествии времени, после ряда публикаций, в том числе и на английском языке (<http://www.mdpi.com/2072-4292/9/10/1023>), проведённого вебинара на арктик.ру (<https://arctic.ru/video/20170816/655921.html> Webinar «Yamal craters: new facts») интерес немного снизился, но всё равно, пока не будет ясен генезис этого яркого геологического явления, периодически эта тема будет «всплывать».

Не угасает внимание к таким объектам и со стороны иностранных туристов и исследователей. Обращения, с просьбой доставить, часто за собственные средства, к «месту событий» из разных стран продолжают поступать в профильный департамент по науке и инновациям ЯНАО.

Первая из известных воронок (ВГВ-1), представленная на рис.1., была обнаружена вертолетчиками в центральной части полуострова Ямал летом 2014 года. Воронка сразу привлекла к себе внимание мерзлотоведов, а также специалистов нефтегазового комплекса, поскольку образовалась в 4 км к западу от магистрального газопровода «Бованенково-Ухта» - части трубопроводной системы Ямал – Европа [1]. В ходе проведенных полевых работ в первые годы (2014-2016 гг.) группами исследователей из Института криосферы Земли СО РАН, Института проблем нефти и газа РАН, МГУ имени М.В. Ломоносова, Института нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН, ООО «Газпром ВНИИГАЗ» собраны данные о криолитологическом строении воронки, проведено опробование стенок и воды внутреннего озера, сделаны первые предположения о происхождении. Для обозначения этого образования исследователями предложен термин «воронка газового выброса» (ВГВ). Практически сразу после обнаружения ВГВ-1 стала поступать информация о новых подобных объектах в криолитозоне Западной Сибири, по которым выполнен первичный анализ данных дистанционного зондирования. Тем же летом 2014 года из новостных лент стало известно об обнаружении воронки на Гыданском полуострове.



Рис. 1. Первая, официально зафиксированная воронка газового выброса в 40 км к югу от Бованенковского НГКМ (ВГВ-1). Фото и фрагмент модели: ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

В сентябре 2014 г. экспедиция Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (Новосибирск) при участии ООО «Газпром ВНИИГАЗ», провела комплексное геолого-геофизическое и геохимическое исследование уникального природного феномена – Ямальского кратера, сообщения о котором заполнили традиционные и электронные СМИ. Близость огромной воронки шириной около 40 м к уже действующему газовому промыслу Бованенковского месторождения объясняет отчасти тот интерес, который проявила к уникальному геологическому объекту широкая общественность и представители бизнеса и нефтегазовой промышленности [2].

История изучения газовых кратеров

Для изучения уникальных объектов природного выброса газа, некоммерческим партнерством «Российский центр освоения Арктики» (НП РЦОА), созданным в 2014 г. по распоряжениям президента России В.В. Путина и губернатора ЯНАО Д.Н. Кобылкина, рядом научных учреждений в последние годы организовано более десяти экспедиций, благодаря которым собран большой объем фактических данных.

Научная электронная библиотека eLibrary, на запрос: «Воронки газового выброса» выдаёт перечень более чем из 20-ти научных публикаций по теме.

Ниже представлены наиболее интересные ссылки на интернет-ресурсы, научные и научно-популярные статьи по теме газовых воронок:

- http://www.ikz.ru/wp-content/uploads/2017/07/Kizyakov_injenern.pdf
- [http://www.ibrae.ac.ru/docs/3\(27\)_2017_Arctic/004_017%20%D0%90%D1%80%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%203\(27\)2017.pdf](http://www.ibrae.ac.ru/docs/3(27)_2017_Arctic/004_017%20%D0%90%D1%80%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%203(27)2017.pdf)
- <http://www.siberianway.ru/Holodok2017.pdf>

Ссылки на видео по теме ВГВ:

- https://www.youtube.com/watch?v=TG__QC48N6I
- <https://www.youtube.com/watch?v=LCIbj8BR3Ng>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Y03CoIyFs-c>

Таблица 1. Представители науки и общественности, которые имеют публикации и личный опыт экспедиций к воронкам газового выброса.

Ф.И.О.	Организация, должность
1. Богоявленский Василий Игоревич	Заместитель директора Института проблем нефти и газа Российской академии наук, чл.-корр. РАН, Москва
2. Богоявленский Игорь Васильевич	Научный сотрудник Института проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва
3. Барышников Андрей Владимирович	НП «Российский центр освоения Арктики», г. Салехард
4. Волкомирская Людмила Борисовна	Директор ООО «Таймер», Троицк
5. Дворников Юрий Александрович	ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН. Отдел мониторинга криолитозоны г. Тюмень
6. Кизяков Александр Иванович	МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра криолитологии и гляциологии, г. Москва.
7. Лейбман Марина Оскаровна	ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН. Главный научный сотрудник Института криосферы Земли СО РАН, Москва
8. Никонов Роман Александрович	Научный сотрудник Института проблем нефти и газа Российской академии наук, Москва
9. Оленченко Владимир Владимирович	Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск
10. Облогов Глеб Евгеньевич	ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, Институт криосферы Земли СО РАН, Москва
11. Пушкарёв Владимир Александрович	НП «Российский центр освоения Арктики», депутат Государственной думы РФ
12. Синицкий Антон Иванович	Директор ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики», Салехард
13. Станиловская Юлия Викторовна	Специалист по взаимодействию мерзлоты и инфраструктуры «Тоталь», Париж
14. Спасенных Михаил Юрьевич	Директор Центра добычи углеводородов Сколковского института науки и технологий, Москва
15. Хомутов Артем Валерьевич	Ведущий научный сотрудник Института криосферы Земли Тюменского научного центра СО РАН, Тюмень
16. Чувилин Евгений Михайлович	Ведущий научный сотрудник Сколковского института науки и технологий, Москва

Факты, предположения и дискуссионные вопросы по теме газовых кратеров:

1. Подобные геологические объекты отмечались и ранее, только не было к ним столь пристального внимания как со стороны общественности, так и со стороны науки.

2. Геологические новообразования – газовые кратеры, отмечаются только в местах распространения осадочных горных пород мощностью более 3000 м, в условиях криолитозоны.

3. Наличие взрыва, разброс обломков ледогрунта на сотни метров, следы воспламенения на Сеяхинском объекте.

4. На месте всех известных ныне кратеров были бугры пучения, которые располагались в хасыряях (термокарстовая котловина, спущенное озеро) или поймах рек. Термокарст - процесс неравномерного проседания почв и подстилающих горных пород вследствие вытаивания подземного льда; просадки земной поверхности, образующиеся при протаивании льдистых мёрзлых пород и вытаивании подземного льда.

5. Наличие пластового льда, недостаточное изучение внутреннего строения в кратерах, малое внимание учёными уделяется камерам или кавернам в жерле воронок.

6. Причинами образования кратеров могут являться:

- увеличение пластового давления в газонасыщенном горизонте из-за разрушения газогидратов;

- присутствие вертикальных каналов дегазации (глубинных флюидов); зоны разломов, разуплотнений, косвенно подтверждаются геофизическими и георадарными исследованиями.

- деградация многолетнемёрзлых пород в связи с повышенным тепловым потоком над залежью УВ.

7. Возникновение кумулятивного эффекта при образовании кратеров. В пользу этого предположения: внутренняя и внешняя форма кратеров; несоответствие объёма породы на бруствере и выброшенного ледорунта с объёмом внутри воронок; рыхлые отложения, отсутствие слоистости на дне кратера по данным георадарной съёмки.

8. Возраст бугров пучения десятки лет или даже меньше. Тёплые летние сезоны последних лет, как это повлияло на современные изменения ландшафтов территории.

По данным космического мониторинга, многие учёные отмечают колоссальное сокращение количества озёр на Ямале за последние 30 лет (Bruce C. Forbes). За 40-летний период наблюдений на большей части полуострова Ямал (до широты 68°) было выявлено около 500 озёр, спущенных в разной степени [3].

По геоморфологическим и геофизическим признакам все Ямальские кратеры расположены в зоне пересечений тектонических нарушений и на стыках структурных

элементов. Образование новых подобных объектов если и следует ожидать, то скорее всего в районах с современными ландшафтными изменениями, где, например, происходит образование новых хасыреев, спуск озёр, осушка пойм рек и другие смежные геологические процессы. Требуется непрерывный мониторинг за линейными объектами и инфраструктурой ТЭК.

Очевидно, что изучение таких геологических объектов как кратеры или воронки возможно только на стыке наук: экология, мерзлотоведение, геоморфология, геология, физика (взрывное дело), геофизика (электроразведка, магниторазведка, сейсмика, георадиолокация).

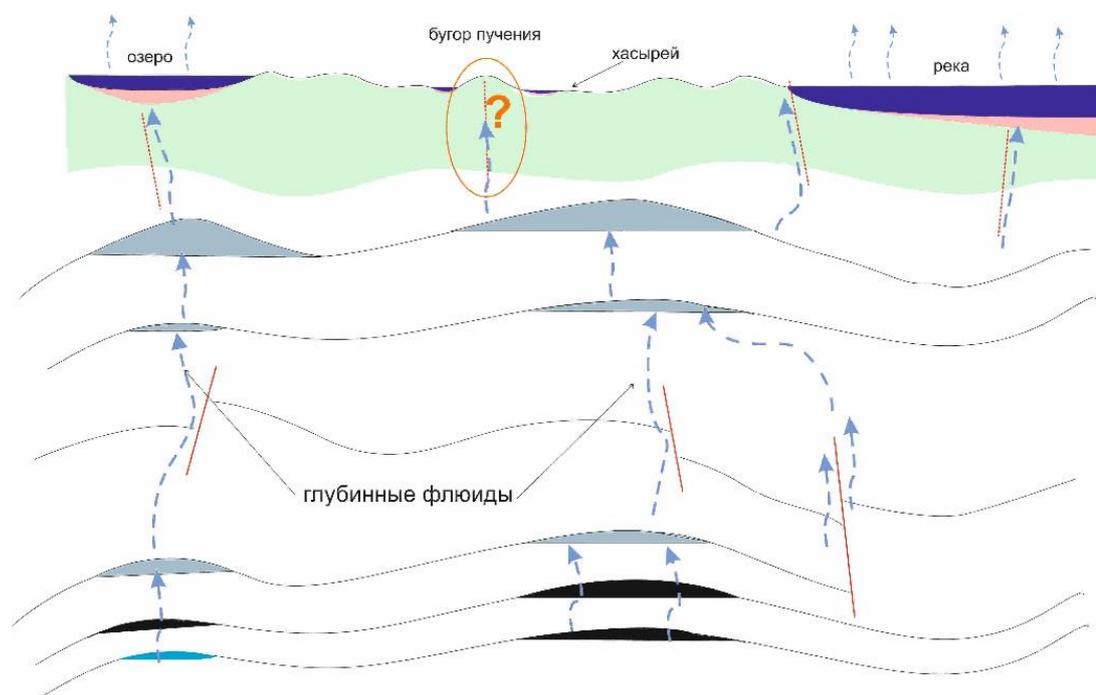


Рис. 3. Предположительная схема образования кратеров газового выброса, Сеницкий А.И.

Рекомендации для оперативного реагирования на новых газовых кратерах:

- Единый алгоритм полевых работ на новых объектах утверждённый научным сообществом.
- Минимальный набор технических средств, состав полевой лаборатории для оперативного реагирования.
- Перечень лабораторий, которые готовы в кратчайшие сроки принять образцы газа, ледогрунта, пластового льда, поверхностной воды из воронок для более детального и глубокого анализа.

Интерес к газовым кратерам проявляет академическая наука, в лице научно-исследовательских институтов РАН, с точки зрения фундаментальных исследований этого геологического феномена. Вместе с этим, предприятия ТЭК, обеспокоены появлением новых воронок газового выброса на промышленных объектах.

Несмотря на это, по теме воронок газового выброса, совместных комплексных исследований с участием «большой науки» и недропользователей до сих пор не проводилось. В первую очередь это связано с отсутствием опыта организации такого вида работ, должного финансирования у компаний ТЭК и тем более у РАН, со сложной логистикой к месту проведения исследований, с необходимостью дорогостоящего бурения и авиамониторинга, с дефицитом полевого и лабораторного оборудования (газоанализаторы и др.).

Аналоги газовых кратеров в других арктических регионах мира

Информации о наличии подобных современных «газовых воронок» в других сухопутных арктических регионах мира отсутствуют. Связано это с тем, что только здесь природой созданы такие уникальные условия. ВГВ или кратеры, отмечаются только в местах распространения осадочных горных пород мощностью более 3000 м, в условиях мощной толщи криолитозоны (150-300 м), где развиты «молодые» бугры пучения. Ни где в мире подобных природных условий на суше не наблюдается.

При этом В.И. Богоявленский в своих публикациях отмечает, что на акваториях морей России и в Мировом океане обнаружено огромное количество неглубоких залежей газа (gas rockets) и покмарок (rockmarks) - округлых углублений в рельефе дна нередко с брустверами, сформированными выброшенной потоком газа породой [4].

Такие объекты привлекают большое внимание многих ученых, подробно описаны в широко известной монографии А. Judd и М. Novland и в ряде других работ. При высокочастотных геоакустических исследованиях над покмарками нередко наблюдаются струи газа, получившие название «газовые факелы» (gas flares).

В институте проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН), собрана информация о более чем 20 тыс. природных и техногенных сипов нефти и газа. Очевидно, что абсолютное большинство этих сипов имеет природное происхождение, не зависит от временных изменений климата, особенно на дне Мирового океана, но, возможно, в значительной степени связано с голоценовым потеплением (особенно на суше и мелководье Циркумарктического региона). В заполярных зонах Ямало-Ненецкого автономного округа

(ЯНАО) и Красноярского края на полуостровах Ямал и Гыданский выявлено около десяти гигантских воронок кратеров газового выброса.

На основе дешифрирования аэрокосмических данных на Ямале В.И. Богоявленским и его коллегами выявлено около 7 тысяч бугров и более 250 термокарстовых озер с многочисленными крупными подводными кратерами выбросов газа, большей частью расположенными в пределах Южно-Тамбейского и Северо-Тамбейского участков исследований. В ряде озер количество кратеров измеряется многими сотнями и даже тысячами [<https://elibrary.ru/item.asp?id=30053021>].

В зимний сезон 2017-го года реализован первый этап по созданию сейсмической сети на Ямале. НП «Российский центр освоения Арктики» были установлены станции в районах посёлков Сабетта, Харасавэй и Бованенково.

Созданная сейсмическая сеть позволила уже в июле зарегистрировать сейсмическое событие, вероятно связанное с выбросом газа. Результат предварительной локации практически совпал (расхождение около 20 км) с фактическим новым выбросом газа, расположенного в 30 километрах к северо-западу от п. Сеяха. Запись события и место локации по 2 станциям приведены на Рис. 4.

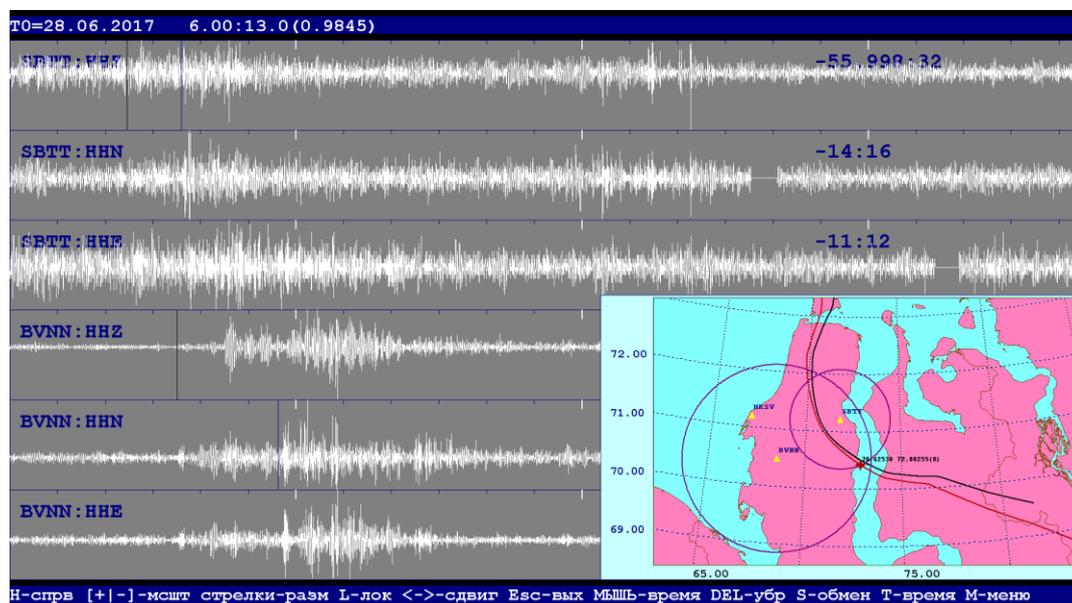


Рис. 4. Волновые формы по станции Сабетта (3 верхние компоненты) и Бованенково (3 нижние компоненты) с моментами вступлений P и S-волн (черные и синие вертикальные линии), карта-схема с результатом автоматической локации по 2 станциям (врезка в правом нижнем углу).

Всё это позволяет надеяться, что новая информация по аналогичным объектам, связанным с выбросом газа, будет оперативно обрабатываться в кратчайшие сроки.

Как уже отмечалось, в июле 2017 года, местными жителями тундры были обнаружены две новые воронки газового выброса в окрестностях п. Сеяха и в районе научного стационара Еркута на южном Ямале. Уже через два дня правительством ЯНАО была организована экспедиция на эти объекты с участием научных кадров из Салехарда, Сабетты и Москвы. Произведено геоморфологическое описание территории, зафиксированы размеры кратеров, канал дегазации, ареал разброса ледогрунта и др. Изучение материалов, предоставленных участниками экспедиции к Сеяхинской воронке позволили заключить, что новый объект также соответствует гипотезе формирования воронок газового выброса, поскольку и после затопления речной водой она продолжала газировать, а в составе газа, как было измерено участниками экспедиции, преобладал метан [5].

Что же дальше?

Сообщество молодых мерзлотоведов России (PYRN), https://vk.com/pyrn_russia, в 2014 и 2016 годах провело два научных семинара по исследованиям Ямальской воронки, где приняли участие все ведущие учёные, занимающиеся этой тематикой. С видеозаписями докладов и выступлений можно ознакомиться здесь:

Часть 1 (28.11.2014 г.)

https://www.youtube.com/watch?time_continue=2&v=zejzoV2FI_I

Часть 2 (16.12.2016 г.)

<https://www.youtube.com/watch?v=ld2C1StMcqk>

Вместе с этим, 12 марта 2018 года, в Представительстве Ямало-Ненецкого автономного округа при Правительстве Российской Федерации в г. Москве, состоялось рабочее совещание по теме: «Комплексные исследования Ямальских кратеров».

В ходе совещания, под председательством директора департамента по науке и инновациям ЯНАО, А.Л. Титовского, были представлены доклады представителей научных центров, Сколковского института науки и технологий, академических институтов, университетов и газовых компаний.

По итогам совещания, его участники постановили назначить координатором проекта НП «Российский центр освоения Арктики», а также определить направления дальнейшего сотрудничества.

На совещании обсуждались предложения по проведению комплексной экспедиции в район Еркутинского кратера и созданию объединённых рабочих групп: консорциум;

геологическое строение, геоморфология; бурение и отбор образцов; геофизические методы; дистанционные методы; моделирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А.И. Кизяков, М.А. Лейбман, М.В. Зимин.* Применение космических снимков для изучения воронок газового выброса // Инженерные изыскания в строительстве. Материалы Тринадцатой Общероссийской конференции изыскательских организаций. М.: ООО «Геомаркетинг». 2017. С. 259.

2. *Эпов М.И., Ельцов И.Н., Оленченко В.В., Потапов В.В., Кушнарченко О.Н., Плотников А.Е., Синицкий А.И.* Бермудский треугольник Ямала // Наука из первых рук: Из Сибири – всегда новое, том 59, № 5. 2014. С. 1.

3. *С.Г. Корниенко, Л.Н. Крижук, К.И. Якубсон.* Исследование динамики озер и процессов новообразования многолетнемерзлых пород на полуострове Ямал на основе данных *аэрокосмических наблюдений*. Георесурсы. Геоэнергетика. Геополитика. № 1(9). 2014. С.4.

4. *В.И. Богоявленский, И.В. Богоявленский, Р.А. Никонов.* Результаты аэрокосмических и экспедиционных исследований крупных выбросов газа на Ямале в районе Бованенковского месторождения // Арктика: экология и экономика. 2017. №3(27). С. 4.

5. *А.В. Хомутов, А.И. Кизяков, М.О. Лейбман, Ю.А. Дворников.* Воронки газового выброса: в процессе изучения условий их формирования // Холод'ок. 2017. №1(15) 2017. С. 9.