

УДК 551.2.05  
DOI 10.29222/ipng.2078-5712.2018-23.art60

## **СВЯЗЬ ФОРМИРОВАНИЯ ВОРОНОК ГАЗОВОГО ВЫБРОСА С ЭМИССИЕЙ МЕТАНА НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Лейбман М.О.<sup>1,2</sup>, Дворников Ю.А.<sup>1</sup>, Стрелецкая И.Д.<sup>3</sup>, Хомутов А.В.<sup>1,2,4</sup>, Кизяков А.И.<sup>3</sup>,  
Ванштейн Б.Г.<sup>5</sup>, Семенов П.Б.<sup>5</sup>

1 – ИКЗ ТюмНЦ СО РАН; 2 – ТюмГУ; 3 – МГУ им. М.В. Ломоносова; 4 – ТИУ; 5 – ФГБУ  
ВНИИОкеангеология им. академика И.С. Грамберга  
E-mail: moleibman@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты исследования газопроявлений в озерах и воронках газового выброса севера Западной Сибири. Полевое опробование и лабораторные анализы показали существенное превышение содержания растворенного метана в озерах, образованных на месте воронок по сравнению с обычными тундровыми озерами, которые в свою очередь характеризуются значительной дифференциацией по этому показателю. Изотопными анализами установлено бактериальное происхождение метана, образовавшего воронки.

**Ключевые слова:** воронки газового выброса, озера, многолетнемерзлые породы.

## **CONNECTION BETWEEN THE GAS EMISSION CRATERS FORMATION AND METHANE EMISSION IN THE NORTH OF WESTERN SIBERIA**

Leibman M.O.<sup>1,2</sup>, Dvornikov Yu.A.<sup>1</sup>, Streletskaya I.D.<sup>3</sup>, Khomutov A.V.<sup>1,2,4</sup>, Kizyakov A.I.<sup>3</sup>,  
Vanshtein B.G.<sup>5</sup>, Semyonov P.B.<sup>5</sup>

1 – Earth Cryosphere Institute of Siberian Branch of RAS Tyumen Science Center; 2 – Tyumen  
State University; 3 – Lomonosov Moscow State University; 4 – Tyumen Industrial University;  
5 – VNIIOkeangeologiya.  
E-mail: moleibman@mail.ru

**Abstract.** The article discusses the results of the of gas manifestations study in lakes and gas emission craters in the north of Western Siberia. Field testing and laboratory studies showed a significant excess of the dissolved methane content in lakes, formed at the sites of craters compared to conventional tundra lakes, which, in turn, are characterized by significant differentiation in this indicator. Isotopic analyzes have established the bacterial origin of methane, which formed the crater.

**Keywords:** gas emission craters, lakes, permafrost rocks

Воронки газового выброса появились на севере Западной Сибири в 2012–2013 годах. Последняя воронка появилась в 2017 г. С момента обнаружения воронок ведется мониторинг их изменения по различным параметрам: по площади, глубине, химическому и изотопному составу вмещающих пород и воды, заполнившей воронку, и окрестных озер.

Все исследователи отмечают, что воронкам предшествовал бугор. Однако, происхождение бугров трактуется по-разному. С нашей точки зрения бугор имеет газовое происхождение, не имеет отношения к булгунням, которые образуются вследствие промерзания подозерных таликов и взрываются при понижении температуры пород. Образование же ВГВ как следствие пневматического удара, который никем не оспаривается, явно связано с повышением температуры мерзлых пород, высвобождением газов, включенных в мерзлые породы и подземный лед, вероятно, в форме клатратов, с давлением расширившихся газов на пластический горизонт пластового льда с образованием бугра. Время образования такого бугра по нашим данным составляет несколько десятков лет и его вскрытие связано, видимо, с превышением предела прочности перекрывающих «газовый пузырь» пород.

С самого первого визита на воронку центрального Ямала 16 июля 2014 г. было установлено повышенное содержание метана (до 9,8% вблизи дна воронки, [1]). Несмотря на то, что последующие наблюдения 25 августа 2014 г. показали фоновые значения метана в жерле воронки [2], изменение этого показателя во времени представляется важным для понимания механизма формирования этого объекта.

Воронки заполняются водой и породой, которые неизбежно промерзают за счет бокового и донного охлаждения. В связи с этим, измерение газового состава воздуха внутри воронки в последующие годы не проводилось, но отбиралась вода из внутреннего озера воронки, из которой выделялся метан. Измерялось его количество и изотопный состав углерода, а в отдельных образцах и изотопный состав водорода.

Измерение содержания растворенного метана проведено в трех воронках – ВГВ-1 и ВГВ-2 на центральном Ямале южнее Бованенковского месторождения и АнТВГВ на Гыдане в 106 км от поселка Антипаюта. Для сравнения измерялась концентрация метана в пластовом подземном льду, составляющем значительную часть разреза всех известных воронок и в окрестных озерах разного происхождения. Пластовый лед стенок ВГВ-1 в контурах исходного бугра имел вертикальную облегающую жерло воронки слоистость, что свидетельствует о пластических изменениях льда под действием давления газа, при

этом нижние горизонты залежи находились выше их нормального залегания. Из озера воронок и окрестных озер отбирались пробы воды с поверхности и максимально доступной глубины или только с поверхности, если не было возможности взять пробы с глубины. Пластовый лед отбирался из стенок воронки в верхней части (к моменту опробования она частично заполнилась) и из береговых обнажений озер вблизи ВГВ-1. Кроме того, привлекались данные по пластовому льду и другим видам льда из других обнажений севера Западной Сибири.

Содержание метана в воде внутреннего озера ВГВ, как и предполагалось, исходя из гипотезы образования воронок и исходного содержания метана в воздухе ВГВ-1 до её заполнения водой, значительно превышает значения в озерной воде обычных озер (примерно 500-900 ppm в воде внутреннего озера ВГВ-1 по сравнению с 15 ppm в среднем для прочих озер). Более высокие значения концентрации метана получены весной 2017 г., когда внутреннее озеро ВГВ-1 покрылось льдом, препятствуя эмиссии метана в атмосферу. Содержание метана в воде за первые 3 года наблюдений остается весьма высоким (рис. 1А) и свидетельствует о наличии источника под дном внутреннего озера. Изотопный состав метана из озера ВГВ-1 (рис. 1Б) свидетельствует о бактериальном происхождении. Одна проба, оказавшаяся по изотопному составу (рис. 1Б) в зоне термогенного метана, требует подтверждения дополнительными аналитическими исследованиями, которые в настоящее время проводятся на образцах, отобранных в 2017 г.

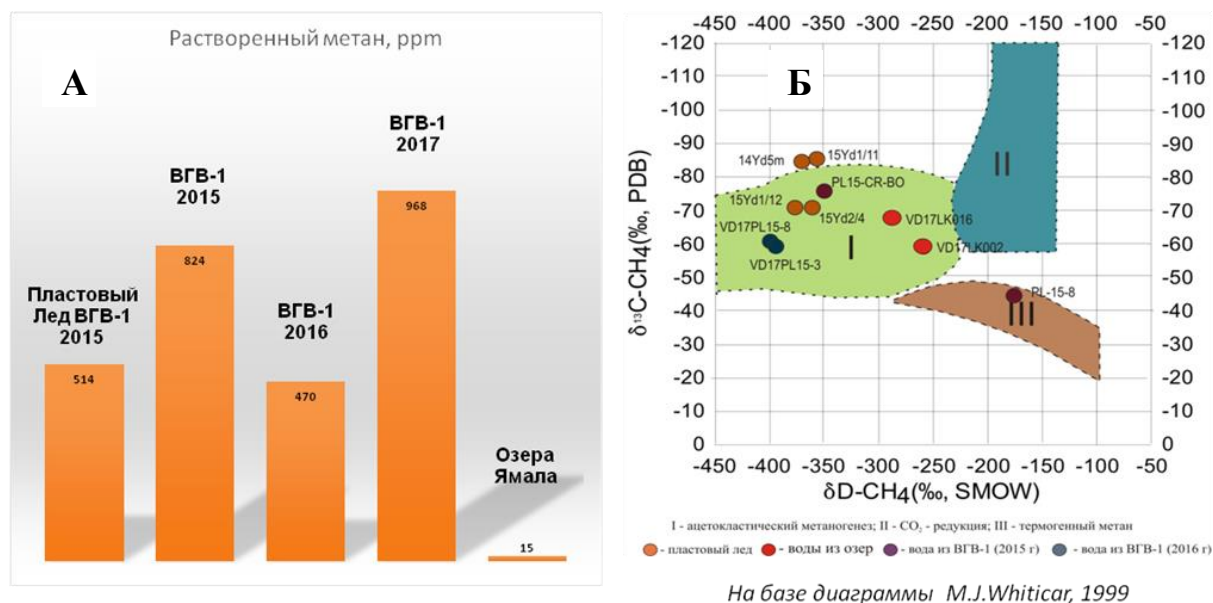


Рис. 1. Содержание (А) и изотопный состав (Б) метана в подземном льду, воде внутреннего озера ВГВ-1 и озерах Ямала.

Некоторые и мелкие, и глубокие озера в районе исследований также характеризуются высоким содержанием метана в воде вблизи дна. Закономерности такого распределения метана в озерной воде пока достоверно не установлены. Сбор данных продолжается. Если мониторинг содержания метана в озерной воде покажет сохранение высокой концентрации во времени, возможно, это можно будет считать признаком происхождения озера заполнением ВГВ, а не в результате термокарста.

*Исследование проводится в рамках проектов РНФ 16-17-10203 (исследование разрезов ВГВ), и РФФИ 16-05-00612 (исследование пластовых льдов Ямала) при поддержке Департамента по науке и инновациям Ямало-Ненецкого автономного округа и НП «Российский центр освоения Арктики».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лейбман М.О., Плеханов А.В. Ямальская воронка газового выброса: результаты предварительного обследования // Холодок, 2014. №2 (12). С. 9–15.
2. Богоявленский В.И., Угроза катастрофических выбросов газа из криолитозоны Арктики. Воронки Ямала и Таймыра. Ч. 2 // Бурение и нефть, 2014. № 10. С. 4–8.