

# НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИУСТЬЕВЫХ ГАЗОПРОЯВЛЕНИЙ ИЗ ИНТЕРВАЛА КРИОЛИТОЗОНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

УДК 622.691.4

**Н.Р. Аветов**, ООО «Газпром добыча Ямбург» (Новый Уренгой, РФ),  
n.avetov@mail.ru

**Е.А. Краснова**, к. геол.-мин. н., Институт геохимии  
и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (Москва, РФ),  
eakrasnova@gmail.com

**В.С. Якушев**, д. геол.-мин. н., проф., Российский государственный  
университет нефти и газа (Национальный исследовательский  
университет) им. И.М. Губкина (Москва, РФ), yakushev.v@gubkin.ru

**В процессе эксплуатации газовых и газоконденсатных скважин Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ЯНГКМ) практически на всей его территории обнаруживались заколонные газопроявления различной интенсивности. Авторами представлены фотоматериалы, зафиксировавшие подобные явления, а также результаты исследования изотопного состава углерода четырех газовых проб, отобранных на территории района исследования. Сделаны выводы о возможных источниках происхождения газа грифонов на исследуемых скважинах.**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ, ГАЗОПРОЯВЛЕНИЯ, ВЫБРОСЫ ГАЗА, ГРИФОН, МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ТОЛЩИ, КРИОЛИТОЗОНА, ПРОБЫ ГАЗА, ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ИЗОТОПНЫЙ АНАЛИЗ.

Приустьевые газопроявления при оттаивании околоскважинного массива многолетнемерзлых пород являются достаточно известным явлением [1–5]. По генезису это может быть местный, внутримерзлотный биохимический газ или более глубокий, привнесенный в интервал криолитозоны катагенетический, угольный или сланцевый газ [6]. При этом внутримерзлотный газ может находиться как в свободном, так и в связанном (газогидратном) состояниях [3, 5]. Выделения этого газа носят различный характер: от слабого пробулькивания сквозь поверхностные воды до сильных газовых выбросов, особенно в первые годы эксплуатации не теплоизолированных скважин или при разбурировании интервала криолитозоны. До настоящего времени не разработана уни-

версальная методика изучения и прогноза выделений внутримерзлотного газа, что создает потенциальную опасность для обслуживающего персонала и оборудования при освоении и эксплуатации северных месторождений, однако есть методические наработки, позволяющие хотя бы установить генезис и спрогнозировать распространение того или иного типа внутримерзлотного газа [1, 6]. Кроме того, важно фиксировать динамику интенсивности газопоявлений с течением времени.

В связи с этим представляется целесообразным изучение подобных газопоявлений на скважинах месторождений, давно введенных в разработку, одним из которых является ЯНГКМ. В этом районе газопоявления из интервала криолитозоны фиксировались еще при первичном разбурировании

и испытаниях скважин [7]. Тогда же был установлен преимущественно местный, биохимический генезис газов криолитозоны [4, 5]. К настоящему времени многие скважины эксплуатируются уже более 20–25 лет и сформировали достаточно обширный ореол оттаивания мерзлых пород вокруг своих стволов. Оттаивание должно было изменить прочностные и фильтрационно-емкостные параметры пород и могло привести к просачиванию сквозь интервал криолитозоны более глубокого катагенетического газа из верхних продуктивных горизонтов. Определить это можно по изотопному составу углерода метана ( $\delta^{13}\text{C}$ ) и компонентному соотношению  $\text{C}_1/(\text{C}_2+\text{C}_3)$  [8], так как каждый газоносный горизонт имеет свои уникальные сигнатуры по этим параметрам. Учитывая, что

**Avetov N.R.**, Gazprom Dobycha Yamburg LLC (New Urengoy, RF), n.avetov@mail.ru

**Krasnova E.A.**, Ph.D. in Geological and Mineralogical Sciences, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Moscow, RF), eakrasnova@gmail.com

**Yakushev V.S.**, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (Moscow, RF), yakushev.v@gubkin.ru

### Certain peculiarities of wellhead gas shows from the interval of the cryolithic zone in the territory of the Yamburg oil and gas condensate field

During the operation of gas and gas condensate wells of the Yamburg Oil and Gas Condensate Field (YaOGCF), behind-the-casing gas showings of various intensity were found almost throughout its territory. The authors provide photo materials evidencing such events and the results of study of the isotopic composition of carbon of gas samples taken in the territory of the study area. Conclusions regarding the possible sources of gas springs in the study wells are drawn.

**KEY WORDS:** GAS RELEASES, GAS SHOWINGS, GAS SHOWS, SPRING, PERMAFROST SECTIONS, CRYOLITHIC ZONE, GAS SAMPLES, CHEMICAL ANALYSIS, ISOTOPIC ANALYSIS.

на ЯНГКМ разрабатываются газоносные пласты сеноманского и валанжинского возрастов, представляется целесообразным также проследить наличие приустьевых газопроявлений как на сеноманских (газовых), так и на валанжинских (газоконденсатных) скважинах.

На рис. 1 показана схема расположения скважин, на которых наблюдались газопроявления, а также номерами отмечены обследованные авторами скважины, на которых были зафиксированы приустьевые газопроявления в весенне-летний период 2016 г. Из схемы следует, что практически на всей территории ЯНГКМ распространено грифонообразование в приустьевых частях газовых и газоконденсатных скважин.

Газопроявления визуально фиксируются в приустьевых воронках протаивания, заполненных талой водой. Обычно наблюдается выход газа на дневную поверхность в виде бурления (рис. 2–4).

Как видно из рис. 2–4, газопроявления фиксируются как непосредственно около скважинной колонны, так и на удалении до 2–3 м от устья. Это может быть связано с просачиванием газа вдоль контакта «цементное кольцо – талая порода» (приколонные газопроявления) и с просачиванием газа сквозь оттаявшие породы

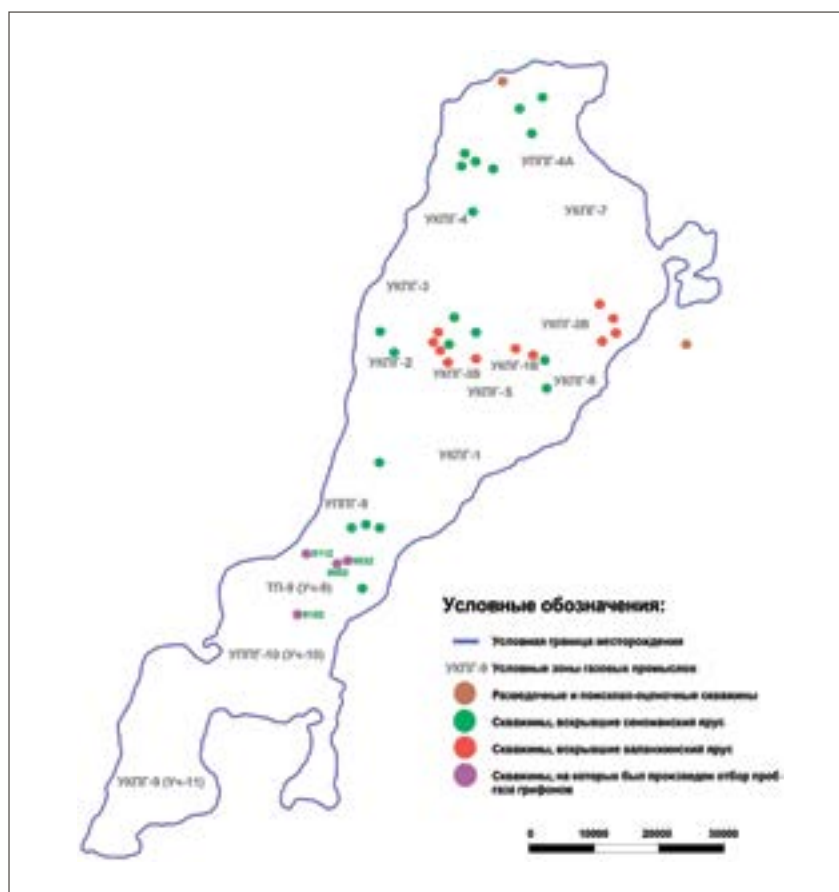


Рис. 1. Места распространения газопроявлений (грифонов) в приустьевых частях газовых и газоконденсатных скважин на территории ЯНГКМ

в ореолах оттаивания на некотором расстоянии от ствола скважины (отдаленные газопроявления).

В работе [3] были описаны возможные причины и источники заколонных газопроявлений,

но для точного их определения необходимо провести лабораторный анализ компонентного и изотопного состава углеводородов газа из грифонов. В июне 2016 г. авторами были отобраны



Рис. 2. Заколонные газопроявления (грифоны) на эксплуатационных газовых скв. 9032, 9052 ЯНГКМ (фото авторов)



Рис. 3. Заколонное газопроявление (грифон) на эксплуатационной газовой скв. 9112 ЯНГКМ (фото авторов)



Рис. 4. Заколонное газопроявление (грифон) на эксплуатационной газовой скв. 9162 ЯНГКМ (фото авторов)

четыре пробы газа на эксплуатационных газовых скважинах 9032, 9052, 9112, 9162 Харвутинской площади ЯНГКМ. Пробы были доставлены на кафедру геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, где было проведено определение изотопного состава газа.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) измерялся на масс-спектрометре изотопных отношений Delta V Advantage (Finnigan, Бремен, Германия) с пробоподготовкой на линии GC Isolink, включающей газовый хроматограф Trace GC Ultra и приставку Isolink с окислительным реактором.

Каждая проба газа закалывалась в газовый хроматограф в объеме 0,1 мл для всех образцов. Разделение компонентов газа осуществлялось на колонке CP-PoraPLOT (27,5 м x 0,32 мм, 10 мкм) в потоке газа-носителя гелия при постоянной температуре 100 °С. Из колонки хроматографа проба попадала в окислительный реактор (никелевая трубка, заполненная медной и никелевой проволокой, периодически регенерируемая в потоке кислорода), нагретый до 1030 °С, где компоненты газа окислялись

до углекислого газа. Через интерфейс ConFlo IV проба поступала в камеру масс-спектрометра, где анализировался изотопный состав углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Был определен изотопный состав углерода метана, который выражается в ‰ относительно VPDB (Vienna Peedee belemnite).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В таблице приведены результаты исследования изотопного состава углерода газовых проб. Среди изученных образцов по изотопному составу углерода в метане выделяются две группы: к первой относятся пробы со скв. 9112 и 9162, в которых наблюдаются изотопные отношения  $\delta^{13}\text{C}$ , равные -46,5 и -44,4, соответственно; вторая включает пробы со скв. 9032 и 9052 ( $\delta^{13}\text{C}$  -70,6 и -70,5, соответственно) и характеризуется значительным обогащением легким изотопом углерода по сравнению с первой. Для определения генезиса газа необходимо знать как изотопный, так и молекулярный (компонентный) составы газа. К сожалению, изучить молекулярный состав газа не удалось, но по результатам изучения отобранных проб газа было определено, что в пробе скв. 9032 метан составляет более 70,6 % от всей газовой смеси, в пробе скв. 9052 –

более 70,5 %. Для характеристики компонентного состава газа используется отношение метана к сумме этана и пропана. В связи с этим на диаграмму  $\delta^{13}\text{C} - \text{C}_1/(\text{C}_2+\text{C}_3)$  были нанесены примерные области известного из литературных источников компонентного состава биохимического внутримерзлотного, сеноманского и валанжинского газа [6] (рис. 5).

Как видно из рис. 5, пробы, отобранные на скв. 9032 и 9052, соответствуют внутримерзлотному биохимическому газу, как это и наблюдалось в первых исследованиях проявлений внутримерзлотного газа на ЯНГКМ в начале его освоения [4, 5]. Однако изотопный состав углерода на скв. 9112 и 9162 соответствует сеноманскому газу [9], что говорит о просачивании более глубинного газа сквозь оттаявший контур в мерзлых породах вокруг работающих эксплуатационных скважин.

Результаты исследования изотопного состава углерода метана в изученных пробах газа

Образец (№ скв.)	$\delta^{13}\text{C}$ метана
9032	-70,6
9052	-70,5
9112	-46,5
9162	-44,4

Результаты работы получены с помощью оборудования «Программы развития МГУ» (согласно Приказу от 7 июня 2012 г. № 589).

## ВЫВОДЫ

1. Приустьевые газопроявления широко распространены на всей территории ЯНГКМ и присущи как газовым (сеноманским), так и газоконденсатным (валанжинским) скважинам.

2. Просачивание газа может иметь место как вдоль контакта «цементное кольцо – талая порода» (приколонные газопоявления), так и сквозь оттаявшие породы в ореолах оттаивания вокруг скважин (отдаленные газопоявления).

3. Изотопный состав углерода метана показал, что газ в приустевых газопоявлениях может иметь как местный биохимический генезис, так и глубинный, катагенетический генезис.

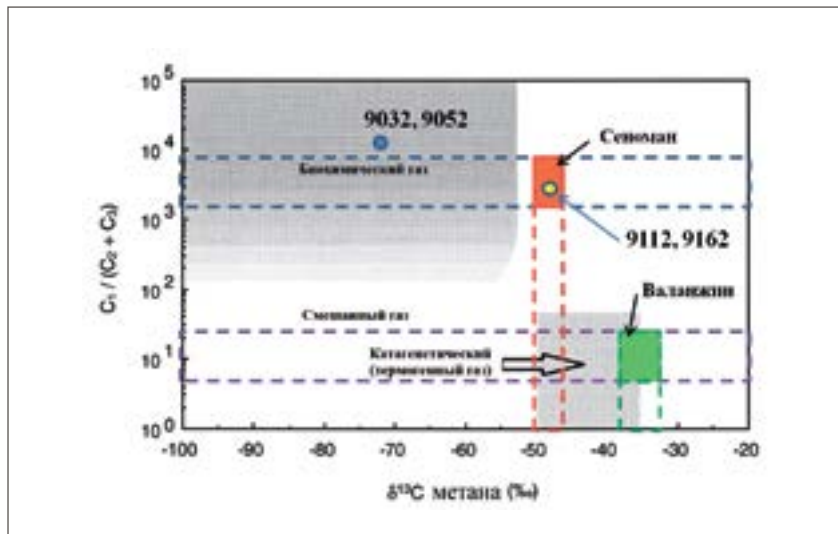


Рис. 5. Компонентный состав газа относительно изотопного состава углерода метана. Изотопные данные показаны в ‰ относительно VPDB (Vienna Pee Dee belemnite) [10]. Закрашенные прямоугольники показывают геохимические сигнатуры сеноманского (оранжевый) и валанжинского (зеленый) продуктивных пластов

4. Источниками глубинного газа могут быть отложения сеномана или вышележащие породы нижнего палеогена, где газ

идентичен по компонентному составу сеноманскому, но может залежать в гидратной форме [10]. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев В.Л., Миротворский М.Ю., Зверева В.Б. и др. Газогеохимическая характеристика надсеноманских отложений полуострова Ямал (на примере Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 5. С. 22–34.
2. Курчатова А.Н., Мельников В.П., Рогов В.В. Газосодержащие кристаллиты льда в глинистых породах // Доклады Академии наук. 2014. Т. 459. № 6. С. 717–720.
3. Леонов С.А. Перспективы гидратности надсеноманских отложений севера Западной Сибири: дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ВНИИГАЗ, 2010. 124 с.
4. Мельников П.И., Мельников В.П., Царев В.П. и др. О генерации углеводородов в толщах многолетнемерзлых пород // Известия АН СССР. 1989. № 2. С. 118–128.
5. Якушев В.С., Истомин В.А. Причины газовых выбросов в мерзлых породах Ямбургского ГКМ // Особенности освоения газовых скважин в сложных геокриологических условиях: Сб. статей. М.: ВНИИГАЗ, 1987. С. 119–127.
6. Якушев В.С. Генетические типы углеводородных газов в многолетнемерзлых толщах // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX. № 3. С. 71–76.
7. Российская газовая энциклопедия. М.: Большая Российская энциклопедия, 2004. 527 с.
8. Whiticar M.J. Correlation of Natural Gases with Their Sources. In: Dow W.G. The Petroleum System – from Source to Trap. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, 1994. P. 261–283.
9. Дворецкий П.И., Гончаров В.С., Есиков А.Д. и др. Изотопный состав природных газов севера Западной Сибири. М.: ИРЦ «Газпром», 2000. 81 с.
10. Якушев В.С., Басниев К.С., Адзынова Ф.А. Признаки наличия регионального газоносного горизонта нового типа на севере Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2014. № 11. С. 100–101.

## REFERENCES

1. Bondarev V.L., Mirovtorsky M.Yu., Zvereva V.B., et al. Gas and Geochemical Characteristic of Over-Cenomanian Deposits of Yamal Peninsula (as Exemplified by the Bovanenkovsky Oil and Gas Condensate Field). *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy = Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 2008, No. 5, P. 22–34. (In Russian)
2. Kurchatov A.N., Mel'nikov V.P., Rogov V.V. Gas Containing Ice Crystallites in Clay Rock. *Doklady Akademii nauk = Lectures of the Academy of Sciences*, 2014, Vol. 459, No. 6, P. 717–720. (In Russian)
3. Leonov S.A. Prospects of Hydrate Bearing Capacity of Over-Cenomanian Deposits of the North of Western Siberia: Ph.D. Thesis in Geological and Mineralogical Sciences. Moscow, VNIIGAZ, 2010, 124 pp. (In Russian)
4. Mel'nikov P.I., Mel'nikov V.P., Tsarev V.P., et al. On the Generation of Hydrocarbons in Permafrost Rock. *Izvestiya AN SSSR = Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*, 1989, No. 2, P. 118–128. (In Russian)
5. Yakushev V.S., Istomin V.A. Reasons for Gaseous Emissions in Frozen Rock of the Yamburg Oil and Gas Condensate Field. In *Collection of Articles: Peculiarities of the Development of Gas Wells in Complex Permafrost Conditions*. Moscow, VNIIGAZ, 1987, P. 119–127. (In Russian)
6. Yakushev V.S. Genetic Types of Hydrocarbon Gases in Permafrost Sections. *Kriosfera Zemli = Earth's Cryosphere*, 2015, Vol. XIX, No. 3, P. 71–76. (In Russian)
7. Russian Gas Encyclopedia. Moscow, Large Russian Encyclopedia, 2004, 527 pp. (In Russian)
8. Whiticar M.J. Correlation of Natural Gases with Their Sources. In: Dow W.G. *The Petroleum System – from Source to Trap*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists, 1994, P. 261–283.
9. Dvoretzky P.I., Goncharov V.S., Esikov A.D., et al. Isotopic Composition of Natural Gases of the North of Western Siberia. Moscow, Gazprom Information and Advertising Center, 2000, 81 pp. (In Russian)
10. Yakushev V.S., Basniev K.S., Adzynova F.A. Indications of the Regional Gas Bearing Horizon of a New Type in the North of Western Siberia. *Neftyanoe khozyaistvo = Oil Business*, 2014, No. 11, P. 100–101. (In Russian)