

Влияние разрывных нарушений на обводнение и газоносность глубоких горизонтов трубки «Айхал» (Республика Саха (Якутия))

©2021 А. М. Янников^{1✉}, Н. С. Трифионов², О. Е. Лепокурова²

¹*Институт «Якутнипроалмаз» АК АЛРОСА (ПАО), ул. Ленина, 39, Мирный, 678174, Республика Саха (Якутия), Российская Федерация*

²*ФГБУН Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, пр. Академический, 4, 634021, Томск, Российская Федерация*

Аннотация

Введение: В процессе отработки коренного месторождения алмазов трубки «Айхал» подземными горными выработками выполнено вскрытие подмерзлотного верхнекембрийского водоносного комплекса, влияющего на обводнение очистных, капитальных и горноподготовительных выработок. Обеспечение безопасности дальнейших работ на месторождении ставит одной из основных задач – изучение гидрогеологических условий глубоких горизонтов трубки, с детальностью, позволяющей выполнять все необходимые расчёты прогнозных притоков природных рассолов и пластовых газов.

Методика: Для изучения фильтрационных параметров, расчёта основных гидродинамических и газодинамических характеристик, определения инженерно-геологических свойств вмещающих пород. В 2018 г. было проведено бурение опытных скважин, по которым выполнен весь комплекс гидрогеологических исследований. А именно: поинтервальное определение изменения расхода природных рассолов и пластовых газов, отбор проб на определение их химического состава, инженерно-геологическая документация керна. Всего по опытным скважинам было отобрано 102 пробы, природных рассолов, пластовых газов, керновых проб для определения состава каолинитов и физико-механических свойств, выполнено 53 компрессионных испытаний и 12 выпусков. Натурные эксперименты проводились поинтервально в условиях подземных горных выработок рудника «Айхал».

Результаты и обсуждение: Результатом проведенных работ явилось приведенная в данной статье информация по гидрогеологическим и газодинамическим условиям глубоких горизонтов в отг. -100/-400 м, (700–1000 м от дневной поверхности) трубки «Айхал». Дана краткая гидрогеологическая характеристика природных рассолов вскрытого подмерзлотного верхнекембрийского водоносного комплекса, доминирующего в составе дренажных вод рудника «Айхал». Определен химический состав пластовых газов, а также характер и интенсивность газовыделения. Рассмотрены аспекты и особенности влияния тектонических нарушений на гидродинамические и емкостные параметры коллекторов верхнекембрийского водоносного комплекса, а также интенсивность и продолжительность излива высокоминерализованных пластовых вод из малодебитных, сложенных трещиноватыми доломитами, коллекторов. Проведено зонирование разреза по каолинитовой насыщенности.

Заключение: Проведенные работы позволили изучить гидрогеологические условия глубоких горизонтов трубки «Айхал». Были получены необходимые для проектирования и подготовки к отработке запасов месторождения характеристики. Произведён анализ взаимосвязи между тектоническими нарушениями, газонасыщенностью и водообильностью вмещающих пород, а также коэффициентом водопроводимости. Это позволяет учесть негативные факторы при проходке подземных горных выработок и выделить зоны, потенциально характеризующиеся большими водо- и газопритоками. Учёт упомянутых факторов направлен, прежде всего, на обеспечение безопасности дальнейшей отработки месторождения и строительства подземного рудника



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Янников Алексей Михайлович, e-mail: yannikov90@mail.ru

Ключевые слова: Сибирская платформа, Алакит-Мархинское кимберлитовое поле, месторождение трубки «Айхал», подмерзлотный верхнекембрийский водоносный комплекс, малодебитные трещиноватые коллектора, насыщенные рассолы.

Для цитирования: Янников А. М., Трифионов Н. С., Лепокурова О. Е. Влияние разрывных нарушений на обводнение и газоносность глубоких горизонтов трубки «Айхал» (Республика Саха (Якутия)) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.* 2021. №1. С. 104–113. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2021.1/3342>

Введение

Трубка «Айхал» расположена в пределах Алакит-Мархинского кимберлитового поля, относящегося к Якутской алмазонасной провинции [1–5]. Сама трубка приурочена к одному из оперяющих разломов северо-восточного простирания, приуроченного к палеорифтовой системе, картирующей вдоль современной долины реки Сохсолох, совпадающей с глубинным разломом фундамента, выявленного в результате проводимой здесь во второй половине 20-го века гравиметрической съемки. До глубины 200 м она представляет собой дайкообразное тело, а на нижележащих горизонтах – распадается на три, расположенных в цепочку, диатремы с поперечным сечением как овальной, так и неправильной формы.

Месторождение приурочено к среднему течению реки Сохсолох – левого притока реки Марха [2], протекающей в 15 км южнее исследуемой трубки и являющейся левым притоком реки Вилюй [3].

Краткая характеристика коренного месторождения алмазов трубка «Айхал»

Кимберлитовая трубка «Айхал» в дотриасовом эрозионном срезе представляет собой крутопадающее сплюснуто-трубчатое тело северо-восточного простирания и имеет протяженность по длинной оси – 510 м, при ширине 50–120 м, с пропорциями осей в плане 1:6.4. На отметке +374 м, кимберлитовая трубка разделяется на два обособленных кимберлитовых тела: юго-западное и северо-восточное [3, 5]. Юго-западное тело в разрезе больше не претерпевает никаких изменений, закономерно сужаясь с глубиной. Северо-восточное тело на отметке +10 м разделяется на два подводящих столба, которые в последующем уже закономерно сужаются с глубиной (рис. 1).

Трубка «Айхал» прорывает субгоризонтально залегающие карбонатные и терригенно-карбонатные отложения нижнего палеозоя. С поверхности она была частично перекрыта толщей нижнемезозойских пород трапповой формации. Выполнена трубка разновозрастными кимберлитовыми брекчиями. Кимберлиты данного месторождения, по сравнению с породами других трубок Якутской алмазонасной провинции, характеризуются высокими содержаниями карбонатов, апатита и барита. Отличительной особенностью их является присутствие бадделейта – минерала карбонатных комплексов. [1].

Месторождение находилось в открытой отработке с 1961 г., приостановлено в 1997 г. на глубине 325 м в связи с достижением дна карьера проектной глубины.

В 1999 г. введен I пусковой комплекс. Начата до-

быча руды подземным способом [1].

В настоящее время отработка месторождения производится в интервалах отг. (+105) – (-100). С последующим увеличением до отг. (-100) – (-400). Данные интервалы сложены пестроцветными толщами мергелей и алевролитов с прослоями доломитов, реже известняков.

Краткая гидрогеологическая характеристика верхнекембрийского водоносного комплекса на изучаемом интервале

По результатам скважинной геофизики в отложениях средней и нижней пачек мархинской свиты, в рамках изучаемого интервала -100/-400 м выделяется три обособленных коллектора, состоящих из отдельных пластов-коллекторов мощностью до 2–4 м. В коллекторах наблюдаются маломощные (0.1–0.2 м) прослой пород, насыщенных нефтью и битумом. Водопроницаемость горизонта низкая и составляет 0.003–0.01 м²/сут, а притоки в скважины при опробованиях достигают 7.5 м³/сут, при пластовых давлениях 40.1–60.2 МПа. Эффективная общая мощность водонасыщенных коллекторов до 40 м.

Воды комплекса высоконапорные. По химическому составу рассолы комплекса хлоридного кальциевого состава с минерализацией до 300 г/л, характеризуются кислой реакцией (рН до 4.8), высокими концентрациями брома (до 3 г/л), калия (до 5 г/л), стронция (до 377 мг/л), лития (до 16–20 мг/л), цинка (до 16 мг/л), марганца (до 4 мг/л). Рассолы являются агрессивными к бетону и металлам по величине рН и содержанию магния. В составе газов решающую роль играет метан (до 90% по объему), присутствуют тяжелые углеводороды [3, 5].

Влияние разрывных нарушений на обводнение и газоносность глубоких горизонтов трубки «Айхал»

Глубинные разломы оказывают влияние на фильтрационные свойства пород в плане и разрезе. Влияние тектонических процессов двояко. С одной стороны, тектоническая трещиноватость увеличивает фильтрационно-ёмкостные свойства пород, а с другой – залечивание дизъюнктивов приводит к возрастанию экраняющих поверхностей и зон вторичной минерализации. Проявление кимберлитового и траппового магматизма в широких масштабах сопровождалось значительным прогревом осадочного чехла, интенсивной разгрузкой подземных вод и повышением концентраций микрокомпонентов. В осадочной толще и кимберлитовых телах периодически проявлялись процессы гидротермального минералообразования. Они были

многофазными и особенно интенсивно проявлялись после различных фаз внедрения ультраосновных и основных магм.

В пределах шахтного поля рудника «Айхал» выделяется несколько региональных глубинных разломов, относящихся к структурам 6–7 порядка. Непосредственное влияние на изучаемый участок оказывает описанный ранее региональный глубинный разлом [5], и связанные с ним оперяющие разломы и блоковые дислокации, оказывающие влияние на проводимость коллекторов мархинской свиты в пределах околотру-

бочного массива месторождения трубки «Айхал», причем воздействие оперяющих разломов зачастую является определяющим.

В рамках проводимых исследований, были выполнены опытные выпуски из скважин № 2гр и 3гр, по результатам которых было выполнено определение коэффициента водопроницаемости. Расчет производился с помощью графоаналитического метода, по участкам графиков, отвечающих квазистационарному режиму фильтрации. Результаты основных гидрогеологических параметров приведены в таблице 1.

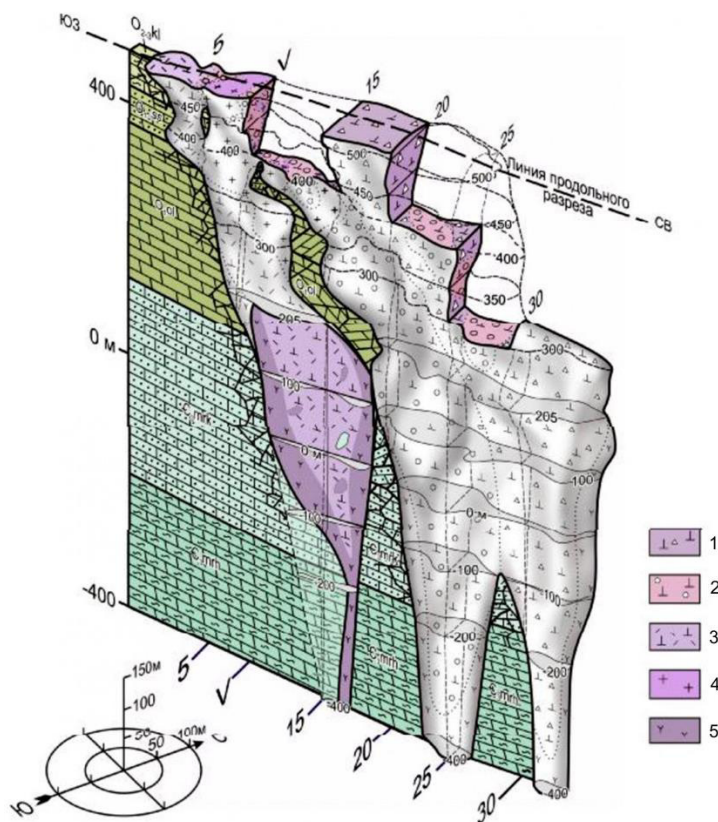


Рис. 1. Объемное изображение кимберлитовой трубки «Айхал» (по Г. С. Фондер Флаасу). Вид с юго-востока. Используются материалы Амакинской экспедиции и Айхальского ГОКа. Условные обозначения: 1 – туффиновая кимберлитовая брекчия северо-восточного тела (фаза V), 2 – автолитовая кимберлитовая брекчия центральной части (фаза IV), 3 – мелкообломочная кимберлитовая брекчия юго-западного тела (фаза III), 4 – кимберлитовая брекчия (фаза II).

[Fig. 1. 3D image of the «Aikhal» kimberlite pipe (after G. S. Von der Flaass). View from the southeast. The materials of the Amakinskaya expedition and the Aikhal GOK were used. Legend: 1 – tuffite kimberlite breccia of the northeastern body (phase V), 2 – autolith kimberlite breccia of the central part (phase IV), 3 – fine-grained kimberlite breccia of the southwestern body (phase III), 4 – kimberlite breccia (phase II).]

Табл. 1. Основные гидрогеологические параметры (абс. отм. /-100 м/ - /-400 м/)
[Table 1. Main hydrogeological parameters (abs.m. /-100 m/ - /-400 m/)]

№ скв [well]	Глубина скважины [Well depth]	Мощность выделенных коллекторов, м [Capacity of dedicated collectors, m]			Дебит пластовых газов, м ³ /сут [Flow rate of reservoir gases, m ³ /day]		Дебит пластовых рассолов, м ³ /сут [Flow rate of reservoir brines, m ³ /day]		Коэффициент Водопроницаемости (Km), м ² /сут. [Coefficient Water supply capacity (Km), m ² /day]
		«сухих» – газонасыщенных [“Dry” – gas-saturated]	водо-газонасыщенных [water-gas-saturated]	Всего [Total]	min	max	min	max	
2гр	302.8	6.5	40.1	46.6	10.1	72.0	0.17	2.0	2*10 ⁻³
3гр	300.2	1.1	30.0	31.1	2.4	28.8	0.17	1.1	1*10 ⁻³

В целом вмещающие породы моркокинской и мархинской свит северного примыкания северо-восточного рудного тела трубки «Айхал» в отм. /-100/ – /-400/ характеризуются незначительной обводнен-

ностью, и газовым фактором от 0.2 м³/м³ до 0.5 м³/м³. Изменение дебитов рассолов по стволу, в процессе бурения скважин №2гр и №3 гр происходило нелинейно – рис. 2.

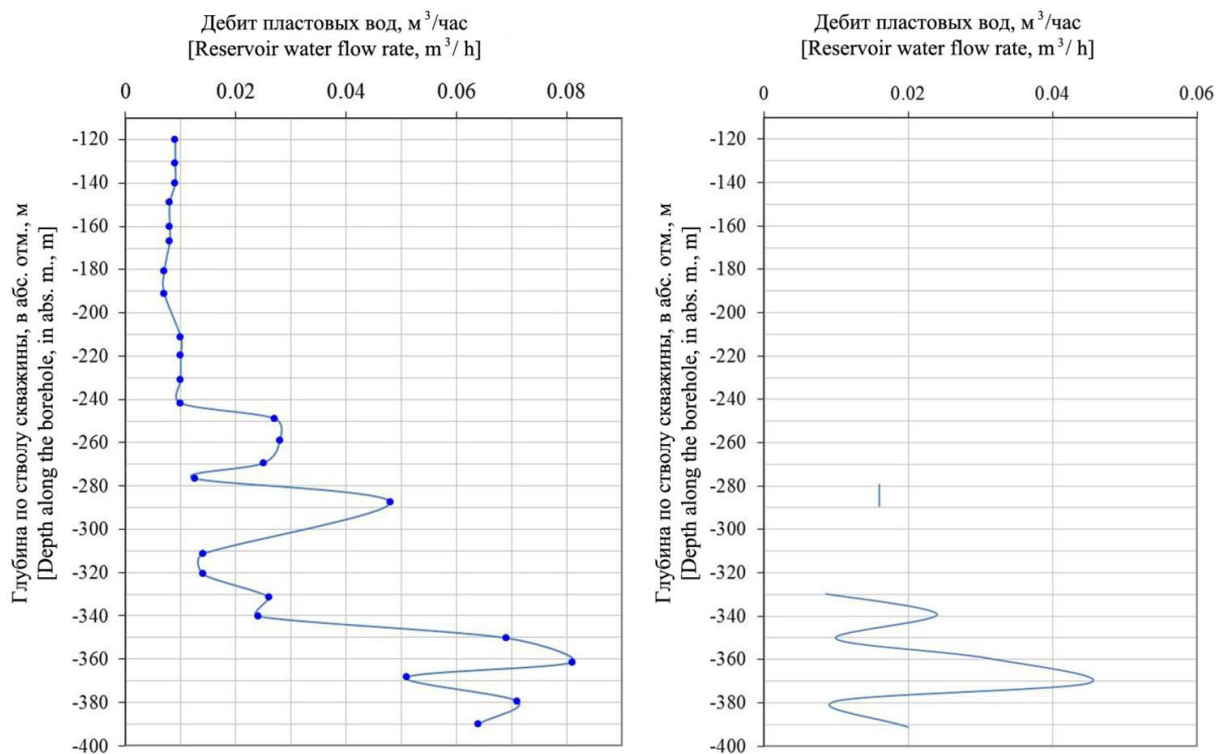


Рис. 2. Динамика изменения дебита пластовых вод в процессе бурения скважин (слева - 2гр; справа – 3гр).
[Fig. 2. Dynamics of changes in reservoir water flow rate during well drilling (left-2gr; right-3gr).]

Разведочная скважина №2гр подтвердила крайне низкую обводненность кембрийских пород в интервале -100м/-400м. Всего за 63 суток, с момента вскрытия пластовых рассолов 22.01.2019 при глубине скважины 20 м (а.о. -118.92 м) до завершения работ 26.03.2019, излилось ≈ 43 м³, с минерализацией от 205 до 230 г/л. Дебит рассолов по стволу скважины изменяется нелинейно, вариация между экстремальными значениями составляет 74 л/час, минимальный зафиксированный дебит составил 7 л/час; максимальный – 81 л/час. Изменение дебита пластовых газов в процессе бурения также происходило нелинейно. Минимальный зафиксированный дебит составил 360 л/час; максимальный – 3000 л/час. Всего за 63 суток, с момента вскрытия 22.01.2019 при глубине скважины 20 м (а.о. -120 м) до завершения работ 26.03.2019, объём выпущенных газов составил ≈ 1650 м³.

Данные, полученные по разведочной скважине №3гр, не противоречат информации по скважине 2гр. Всего за 42 суток, с момента вскрытия пластовых рассолов 16.11.2018 при глубине скважины 152 м (а.о. -254 м) до завершения работ 28.12.2018, излилось ≈ 14.5 м³, с минерализацией от 205 до 230 г/л. Дебит рассолов по стволу скважины изменяется нелинейно, разница между экстремальными значениями составляет 140 л/час. Минимальный зафиксированный дебит составил 10 л/час; максимальный – 150 л/час. Изменение дебита

пластовых газов в процессе бурения также происходило нелинейно. Минимальный зафиксированный дебит составил 200 л/час; максимальный – 1450 л/час. Всего за 60 суток, с момента вскрытия 29.10.2018 при глубине скважины 90 м (а.о. -192 м) до завершения работ 28.12.2018, объём выпущенных газов составил ≈ 1200 м³.

В процессе бурения скважин № 2гр и 3гр был выявлен факт наличия свободных пластовых газов во вмещающих породах, притоки пластовых газов достигали 3.0 м³/час, необходимо отметить, что ранее данный факт не выявлялся.

Фиксируемое истечение пластовых газов из устьев скважин классифицировалось как ламинарное, на некоторых интервалах был отмечен суфлярный характер выделения газа, турбулентных истечений и динамических газовых явлений (выбросов газа) по опытным скважинам №№ 2гр и 3гр зафиксировано не было. Химический состав газов по скважинам 2гр, 3гр приведен в табл. 2.

Согласно приведенным в таблице данным, зафиксированные пластовые газы относятся к углеводородным, метановым (т.к. данный газ занимает доминирующее положение до 84%, а вместе с гомологами до 97%). Характеристические диаграммы процентного состава газов по скважинам №2гр и №3гр приведены на рис. 3

Табл. 2. Химический состав пластовых газов по скважинам №2гр и №3гр
[Table 2. Chemical composition of reservoir gases for wells №2gr and №3gr]

№ скв [well]	Среднее содержание компонента в пробе, % (объемный) [Average content of the component in the sample, % (volume)]									
	УВГ	CH ₄	этан	пропан	i-бутан	n-бутан	N ₂	O ₂	CO ₂	He
2гр	94.48	82.04	9.4	2.33	0.244	0.387	5.39	0.190	0.0015	0.054
3гр	95.31	83	10	1.8	0.14	0.32	4.38	0.044	0.03	0.085
	96.62	84	10	2.1	0.14	0.33	3.88	0.17	0.033	0.08

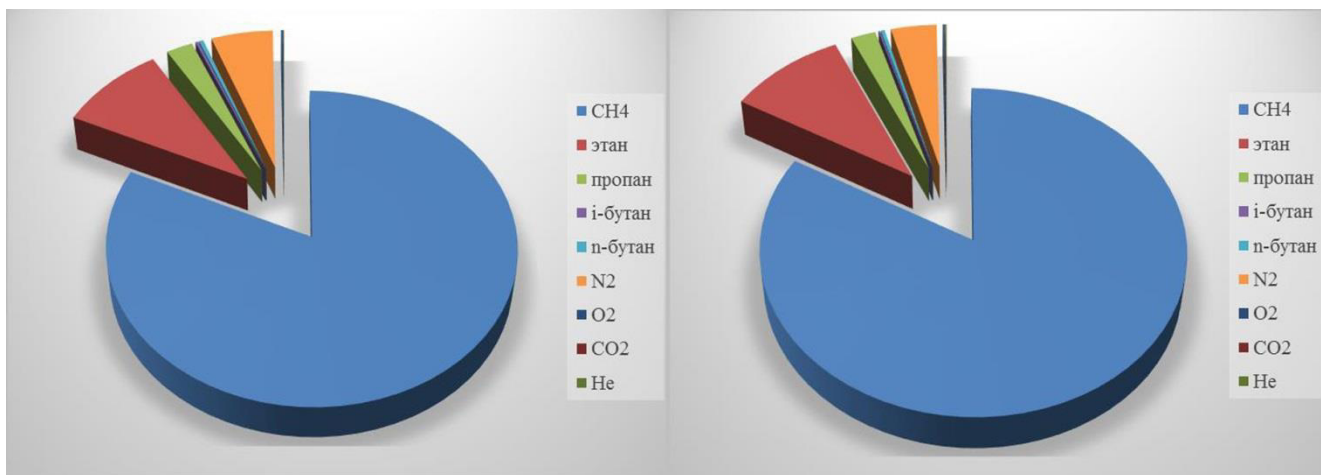


Рис. 3. Химический состав пластовых газов по опытным скважинам (слева – 2гр; справа – 3гр).
[Fig. 3. Chemical composition of reservoir gases from pilot wells (left-2gr; right-3gr).]

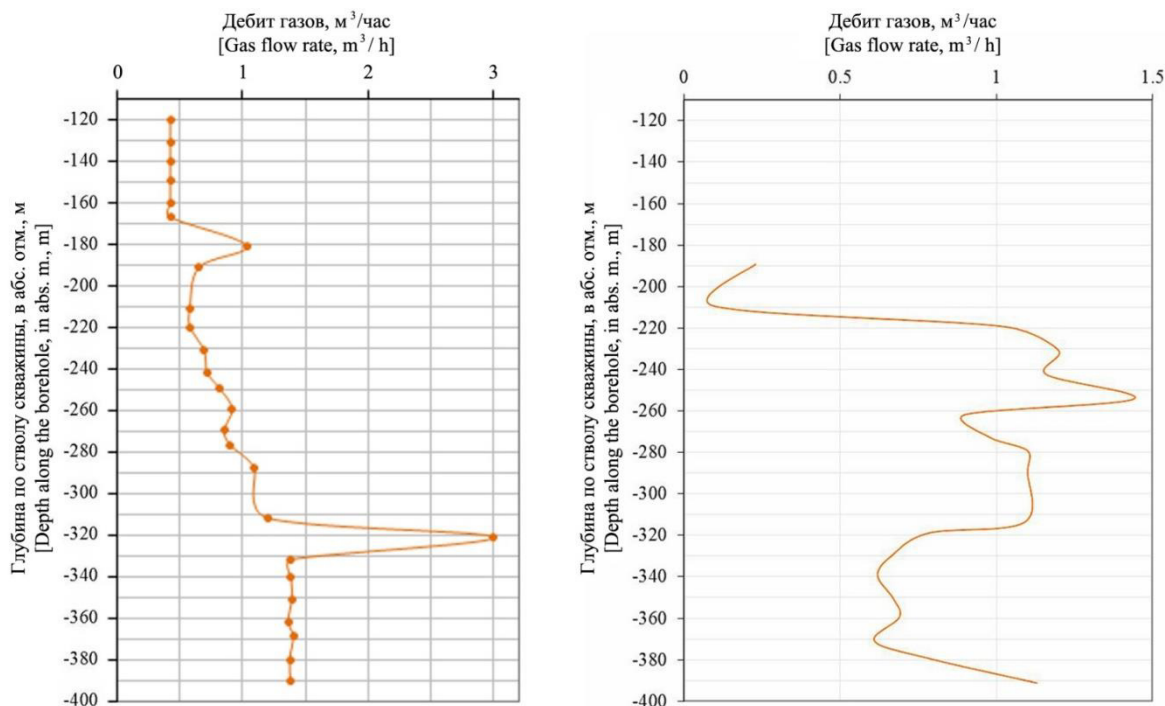


Рис. 4. Динамика изменения дебита пластовых газов в процессе бурения скважин (слева - 2гр; справа – 3гр).
[Fig. 4. Chemical composition of reservoir gases from pilot wells (left-2gr; right-3gr).]

Изменение дебитов пластовых газов по стволу скважин №2гр и №3гр в процессе бурения происходило нелинейно.

Доказательством наличия в разрезе верхнекембрийского водоносного комплекса (далее ВВК) «сухих» газо-насыщенных коллекторов являются следующие моменты:

1. Вскрытие пластовых газов по скважине 3гр произошло на отм. -189.21 м, а рассолов на отм. -279.21 м;

2. Выявлено преобладание объемов выделившегося газа над объемом пластовых рассолов: по скважине 2гр излилось 43 м³ рассола и 1650 м³ пластовых газов; по скважине 3гр – 14.5 м³ рассола и 1200 м³ пластовых газов.

3. Установлено отсутствие прямой связи между увеличением притока рассолов с увеличением выделения пластового газа (рис. 5).

При анализе динамики истечения пластовых газов и природных рассолов из скважин №2гр и №3гр, отмечено «пульсообразное» изменение истечения рассолов, на фоне достаточно стабильного истечения пластовых газов, что связано не только с литолого-фациальными

и структурно-тектоническими особенностями коллекторов ВВК, но и с достаточно значительными запасами газа.

Наличие «сухих» газо-насыщенных коллекторов в верхнекембрийских породах моркокинской и мархинской свит, связано как с особенностями формирования ВВК в предыдущие геологические периоды, так и с дегазацией битумов и мальт, наличие которых в разрезе зафиксировано в прослоях желтовато-серых до серых вторично доломитизированных известняков, по системам субвертикальных трещин. Интервалы битуминозных пород, содержащих каустобиолиты (породы, содержащие большое количество углерода органического происхождения: нефти, битумы, мальты и т.д.), приведены в табл. 3.

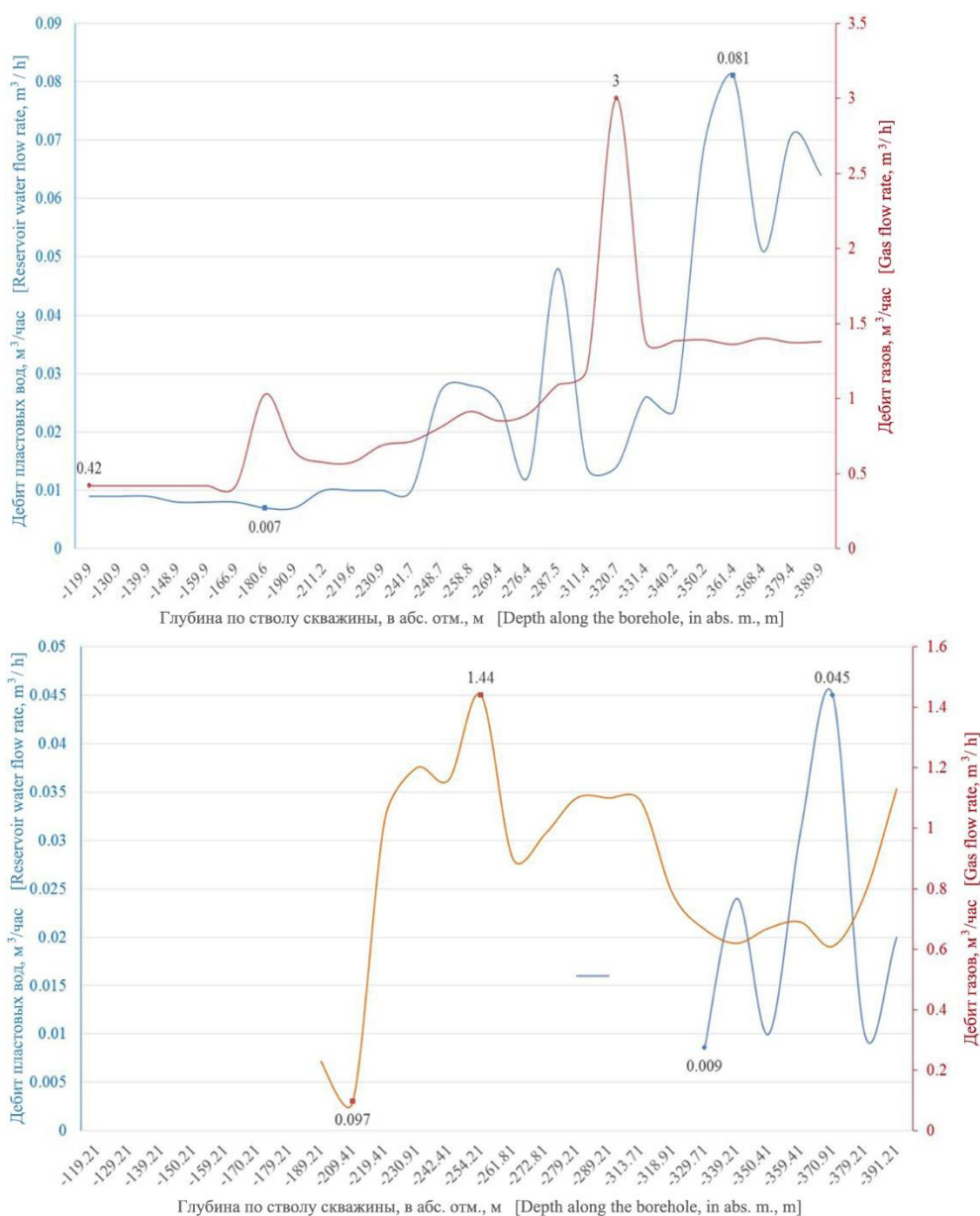


Рис. 5. Динамика изменения дебита газа и рассола на заданных глубинах (абс. отм.) в процессе бурения опытных скважин (скважина № 2гр – верхний график; скважина № 3гр – нижний график).

[Fig. 5. Dynamics of changes in the flow rate of gas and brine at specified depths (abs.m.) during drilling of pilot wells (well № 2gr-upper graph; well № 3gr-lower graph).]

Табл. 3. Интервалы битуминозных пород по скважинам №2гр и №3гр
 [Table 3. Intervals of bituminous rocks for wells №2gr and №3gr]

Зона насыщения каустобиолитами [Area saturation kaustobiolit]	скважина 2гр [well 2gr]		скважина 3гр [well 3gr]	
	по стволу скважины, м	в абс. отм., м	по стволу скважины, м	в абс. отм., м
Зона №1	71.9–75.4	-170.82/-174.32	75.4–90.4	-174.61/-189.61
	96.4–99.2	-195.32/-198.12	90.4–112.2	-189.61/-211.41
			114.3–116.0	-213.51/-215.21
Зона №2	188.2–192.8	-287.12/-291.72	142.2–156.2	-241.41/-255.41
	201.2–203.4	-300.12/-302.32	194.3–201.7	-293.51/-300.91
	216.4–225.0	-315.32/-323.92		
Зона №3	234.3–238.4	-333.22/-337.32	230.2–237.0	-329.41/-336.21
	291.0–294.7	-389.92/-393.62	258.7–268.9	-357.91/-368.11
Суммарная мощность битуминозных пород, м	29,5		76,9	

Анализируя приведенную в таблице информацию, можно заметить, что породы, слагающие пристволовую зону скважины 3гр, находящейся на большем удалении от кимберлитового тела «Айхал», характеризуются меньшими параметрами, чем аналогичные породы, в зоне скважины 2гр. Такая существенная неоднородность, по всей видимости, объясняется влиянием структурно-тектонических нарушений, разбивающих вмещающие породы системой субширотных и субме-

ридиональных разломов сбросового типа. Зафиксированные на гор. -100 рудника «Айхал», разрывные нарушения приведены на рис. 6. Необходимо отметить, что разломы, нанесенные на структурно-тектонической схеме, фиксировались ранее на вышележащих горизонтах, но по причине отсутствия флюидонасыщенных пород в отметках отработки, оценить их влияние на водообильность и газонасыщенность отложений не представлялось возможным.

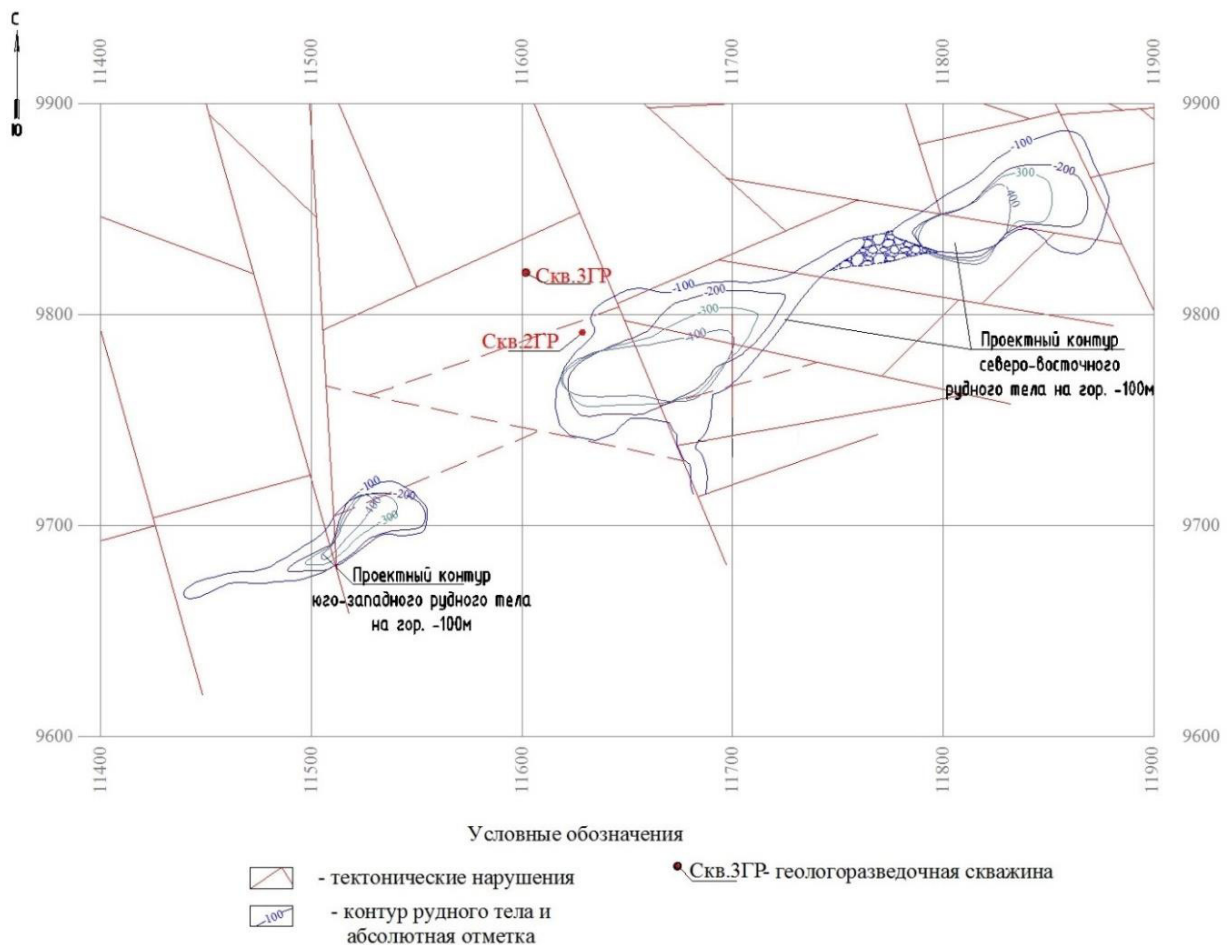


Рис. 6. Тектонические нарушения, зафиксированные на гор. -100 рудника «Айхал».
 [Fig. 6. Tectonic disturbances recorded on the mountain -100 of the «Aikhal» mine.]

При сопоставлении зафиксированных тектонических нарушений и планового расположения скважин № 2гр и 3гр, можно определить, что скважины располагаются в отдельных блоках, что позволяет говорить, не только об анизотропности толщи осадочных пород, но и о существенном влиянии структурно-тектонического фактора (наряду с литолого-фациальным) на насыщенность пород каустобиолитами.

Необходимо отметить, что, несмотря на выявленную плановую неоднородность распределения битуминозности в изучаемой толще гор. -100/-400 м, процент битуминозных пород по скважине №2гр составил 9.8% (суммарная мощность битуминозных пород 29.5 м), а по №3гр – 25.6% (суммарная мощность битуминозных пород 76.9 м), выявлены некоторые закономерности распределения по глубине. Было выделено 3 зоны пород, насыщенных каустобиолитами.

Рассмотрим каждую зону отдельно:

– Зона №1 выделяется в интервале -170.82/-215.21 м, суммарной мощностью от 6.3 до 38.5 м. Состоит из 2–3 интервалов, содержащих прослой битуминозных пород, зафиксированный приток пластовых газов составлял от 4.8 до 24.7 м³/сут;

– Зона №2 выделена в интервале -241.41/-323.92 м, суммарной мощностью от 15.4 до 21.4 м. Состоит из 2–3 интервалов, содержащих прослой битуминозных пород, зафиксированный приток пластовых газов составлял от 18.7 до 72.0 м³/сут;

– Зона №3 в интервале -329.41/-393.62 м, суммарной мощностью от 7.8 до 17.0 м. Состоит из 2 интервалов, содержащих прослой битуминозных пород, зафиксированный приток пластовых газов составлял от 14.9 до 36.0 м³/сут.

Отдельно стоит остановиться на том, что каждая из выделенных зон характеризуется слоистым, ритмичным строением, т.е. битуминозные породы встречаются в виде отдельных прослоев и пропластков, разделенных прослоями пород, не содержащих каустобиолиты. Между собой зоны разделены толщами глинистых разностей карбонатных пород.

Выводы

Произведённый анализ наличия корреляции между тектоническими нарушениями, газонасыщенностью и водообильностью, а также коэффициентом водопроницаемости, однозначно указывает на существенное влияние структурно-тектонического фактора. Таким образом, можно сделать вывод, что на глубоких горизонтах повышенная трещинная нарушенность пород, сопряженная с многочисленными опережающими тектоническими нарушениями сбросового и несбросового типа, соответствующая узлам разломных структур, приводила к формированию линейных зон, мощностью до 20 м, характеризующихся повышенными параметрами водообильности, из-за наличия дополнительной «свободной емкости» коллекторов.

Выявленная закономерность должна учитываться при проходке подземных горных выработок различного назначения, в части опережающего бурения, а именно определения количества пилотных скважин, их конструкции, подбора противовыбросового оборудования.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрогеология СССР. Том XX. Якутская АССР. М.: Недра, 1970. 384 с.
2. Дроздов А. В., Иост Н. А., Лобанов В. В. Криогидрогеология алмазных месторождений Западной Якутии. Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2008. 507 с.
3. Климовский И. В., Готовцев С. П. Криолитозона Якутской алмазонасной провинции. Новосибирск: Наука, 1994. 167 с.
4. Гладков А. С., Дроздов А. В., Кошкарев И. А., Потехина И. А., Афонькин А. М. Оценка структурно-тектонического строения глубоких горизонтов трубки Айхал для постановки гидрогеомеханического мониторинга // *Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*. 2015. №2. С. 46–56.
5. Колганов В. Ф., Акишев А. Н., Дроздов А. В. Горно-геологические особенности коренных месторождений алмазов Якутии. Мирный, Мирнинская типография, 2013. С.96–121.
6. Янников А.М. Особенности формирования зон разгрузки рассолов НоБК в подземных горных выработках рудника Айхал. *Геология в развивающемся мире*. Сборник научных трудов по материалам XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Пермь. 2020. С. 502–504.

The impact of faults on the water inflow and gas content of the deep levels of the Aikhal pipe (Republic of Sakha (Yakutia))

©2021 A. M. Yannikov^{1✉}, N. S. Trifonov², O. E. Lepokurova²

¹*The Yakutniproalmaz Institute of PJSC ALROSA, 39 Lenina st., 678174 Mirny, the Republic of Sakha (Yakutia), Russian Federation*

²*Tomsk Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the RAS, 4 pr. Academic pr., 634021 Tomsk. Russian Federation*

Abstract

Introduction: During the development of the primary diamond deposit of the Aikhal pipe using underground mine workings, the sub-permafrost upper Cambrian water-bearing complex was opened, which influences the water inflow of treatment, permanent, and mining operations. Ensuring the safety of further work at the deposit sets one of the main tasks which is the study of the hydrogeological conditions of the deep levels of the pipe, conducted in such detail that allows performing all the necessary calculations for the forecast of inflows of natural brines and crude gases.

Methodology: To study the filtration parameters, calculate the main hydrodynamic and gas-dynamic characteristics, and determine the engineering-geological properties of the host rocks, test boring was performed in 2018 to conduct an entire set of hydrogeological studies. The studies included the selective determination of changes in the consumption of natural brines and crude gases, selection of samples to determine their chemical composition, and engineering-geological core documentation. In total, over 102 samples of natural brines, crude gases, and core were taken from the test wells to determine the composition of caustobiolites and their physical and mechanical characteristics. 53 compression tests and 12 admissions were also made. Full-scale experiments were conducted selectively in the underground mine operations of the Aikhal mine.

Results and discussion: The result of the conducted work was the information presented in this article on the hydrogeological and gas-dynamic conditions of the deep levels at lev. -100/-400 m, (700–1000 m from the daylight surface) of the Aikhal pipe. A brief hydrogeological description of natural brines of the opened sub-permafrost upper Cambrian aquifer complex, which is dominant in the composition of the drainage waters of the Aikhal mine, is presented. The chemical composition of crude gases and the nature and intensity of gas emissions were determined. The aspects and special features of the influence of tectonic disturbances on the hydrodynamic and capacity properties of the reservoirs of the upper Cambrian aquifer complex, as well as the intensity and duration of the outflow of highly mineralised formation waters from low-density fractured reservoirs. The section was zoned by caustobiolite saturation.

Conclusions: The conducted work allowed studying the hydrogeological conditions of the deep levels of the Aikhal pipe. The characteristics required for the design and preparation for the development of the resources of the deposit were obtained. The correlation between tectonic disturbances, gas saturation, and host rock abundance of water, as well as the water transmissivity coefficient, was analysed. This allows taking into account negative factors during the headway of the underground mine workings and identifying the areas which are potentially characterised by large water and gas inflows. Consideration of the above-mentioned factors is primarily aimed at ensuring the safety of further development of the deposit and the construction of an underground mine.

Keywords: Siberian platform, Alakit-Markhinsky kimberlite field, Aikhal pipe deposit, sub-permafrost upper Cambrian aquifer complex, low-density fractured reservoirs, saturated brines.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Aleksey M. Yannikov, e-mail: yannikov90@mail.ru

For citation: Yannikov A. M., Trifonov N. S., Lepokurova O. E. The impact of faults on the water inflow and gas content of the deep levels of the Aikhal pipe (Republic of Sakha (Yakutia)). Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology. – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology. 2021, no.1, pp. 104–113. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology.2021.1/3342>

Conflict of interests: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article).

REFERENCES

1. *Gidrogeologiya SSSR* [Hydrogeology of the USSR]. V.XX. Yakut ASSR. Moscow, Nedra publ., 1970, 384 p.
2. Drozdov A. V., Iost N. A., Lobanov V. V. *Kriogidrogeologiya almaznykh mestorozhdeniy Zapadnoy Yakutii* [Cryohydrogeology of diamond deposits in Western Yakutia]. Irkutsk, IG TU Publ., 2008, 507 p.
3. Klimovsky I. V., Gotovtsev S. P. *Kriolitozona Yakutskoy almazonosnoy provintsii* [Cryolithozone of the Yakut diamond-bearing province]. Novosibirsk, Nauka publ., 1994, 167 p.
4. Gladkov A. S., Drozdov A.V., Koshkarev I. A., Potekhina I. A., Afonkin A. M. Otsenka strukturno-tektonicheskogo stroeniya glubokikh gorizontov trubki Aykhal dlya postanovki gidrogeomekhanicheskogo monitoringa [Assessment of the structural and tectonic structure of the deep horizons of the Aikhal tube for

- hydrogeomechanical monitoring]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdeniy.* = *News of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences. Geology, prospecting and exploration of ore deposits.* 2015, no. 2, pp. 46–56.
5. Kolganov V. F., Drozdov A. N., Akishev A. V. Mining and geological features of indigenous diamond deposits in Yakutia. Mirny, Mirny printing house, 2013, pp. 96–121.
6. Yannikov A. M. Osobennosti formirovaniya zon razgruzki rassolov NoVK v podzemnykh gornykh vyrabotkakh rudnika Aykhal [Features of formation of zones of discharge brines Novk in underground excavations of Aikhal mine]. *Geologiya v razvivayushchemsya mire* [Geology in the developing world]. Collection of scientific papers on the materials of the XIII International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, Perm, 2020, pp. 50

Янников Алексей Михайлович – к. г.-м. н., Заведующий лабораторией горно-геологических проблем разработки месторождений, Институт «Якутнипроалмаз», АК «АЛРОСА» ПАО, г. Мирный, республика Саха-Якутия; Российская Федерация; E-mail: yannikov90@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2169-123X>

Трифонов Николай Сергеевич – к. г.-м. н., с. н. с. лаборатории гидрогеохимии и геоэкологии, ФГБУН Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Томск, Российская Федерация; E-mail: TrifonovNS@ipgg.sbras.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4884-7193>

Лепокурова Олеся Евгеньевна – д. г.-м. н., Заведующая лабораторией гидрогеохимии и геоэкологии, ФГБУН Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Томск, Российская Федерация; E-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0252-197X>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Aleksey M. Yannikov – PhD in Geol.-Min., Head of the laboratory of mining and geological problems of field development, Yakutniproalmaz Institute, PJSC ALROSA, Mirny, Republic of Sakha-Yakutia, Russian Federation; E-mail: yannikov90@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2169-123X>

Nikolay S. Trifonov – PhD in Geol.-Min., Senior researcher at the laboratory of hydrogeochemistry and Geoecology, Tomsk Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the RAS, Tomsk, Russian Federation; E-mail: yannikov90@mail.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2169-123X>

Olesya E. Slepokurova – PhD, Dr. habil. in Geol.-Min., Head of the laboratory of hydrogeochemistry and Geoecology, Tomsk Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the RAS, Tomsk, Russian Federation; E-mail: LepokurovaOY@ipgg.sbras.ru; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0252-197X>

All authors have read and approved the final manuscript.