

*На правах рукописи*



**Янников Алексей Михайлович**

**ГИДРОГЕОЛОГИЯ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ВМЕЩАЮЩИХ ТОЛЩ ТРУБКИ  
«ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНАЯ» (РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ))**

Специальность 25.00.07 – Гидрогеология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Воронеж 2019

**Работа выполнена** в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет»

**Научный руководитель:** **Бочаров Виктор Львович**  
доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж)

**Официальные оппоненты:** **Лепокурова Олеся Евгеньевна**  
доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией гидрогеохимии и геоэкологии, ФГБУН Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (г. Томск)

**Корзун Анна Вадимовна**  
кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова» (г. Москва)

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН (г. Якутск)

Защита состоится **4 декабря 2019 г. в 14<sup>00</sup> часов** на заседании диссертационного совета Д 003.022.01 при ФГБУН Институте земной коры СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, конференц-зал

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института земной коры СО РАН и на сайте <http://www.crust.irk.ru/images/upload/newsfull179/1882.pdf>

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направить по вышеуказанному адресу ученому секретарю диссертационного совета к.г.-м.н. Акуловой Варваре Викторовне

Тел: 8(3952) 426133, e-mail: [akulova@crust.irk.ru](mailto:akulova@crust.irk.ru)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета, к.г.-м.н.

Акулова В.В.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Добыча алмазов на территории Якутской алмазодобывающей провинции осуществляется АК АЛРОСА (ПАО), по группе коренных и россыпных месторождений. На настоящий момент отработка многих месторождений осуществляется на больших глубинах подземным способом, в сложных горно-геологических, гидрогеологических и газодинамических условиях. Одним из флагманов подземной отработки по группе компании является рудник «Интернациональный». На настоящий момент глубина отработки данного месторождения превысила 1200 метров. По той причине, что дальнейшая отработка известных уникальных алмазных месторождений, таких как «Интернациональная», «Мир», «Айхал», «Удачная», «Юбилейная» уже производится или будет производиться в ближайшем будущем подземным способом, изучение гидрогеологических условий является очень важной составляющей. Вмещающий массив упомянутых месторождений на данных глубинах сложен нижнепалеозойскими терригенно-карбонатными отложениями. Большинство выделенных коллекторов, как правило, приурочены к карбонатным разностям: известнякам, доломитам. Несмотря на некоторые литологические отличия, есть ряд общих черт, а именно: 1) карбонатные породы, характеризуются как трещинно-пористые и трещинно-карстовые коллектора; 2) выделяемые водоносные комплексы находятся в зонах затруднённого и весьма затруднённого водообмена, что является определяющим для перечисленных ниже особенностей; 3) выделяемые горизонты и комплексы относятся к высоконапорным; воды к высокоминерализованным, насыщенным хлоридно-кальциевым рассолам, с минерализацией от 300 до 520 г/л; 4) выделяемые комплексы, как правило, характеризуются низкими значениями коэффициентов проводимости.

**Цель работы** – определение основных параметров и характеристик толщи вмещающих пород в околотрубном пространстве трубки «Интернациональная» в а.о. -660 до -1250 м, а также выявление основных факторов, влияющих на интенсивность излива и продуктивность вскрываемых коллекторов.

**Задачи исследований.** Для достижения поставленной цели автору потребовалось решить следующие задачи:

1. Систематизировать и критически проанализировать имеющиеся материалы по гидрогеологическим и газодинамическим условиям месторождения трубки «Интернациональная».

2. Изучить строение, вещественный состав и условия формирования коллекторов отложений толбачанской, эльгянской, нелбинской и юрегинской свит.

3. Выявить, изучить и охарактеризовать закономерности излива и газодинамических явлений.

4. Выявить, изучить и охарактеризовать факторы, влияющие на интенсивность излива природных рассолов и изменения дебита пластовых газов.

5. Рассчитать коэффициент проводимости и характер его площадного распространения в околотрубочном массиве, как основного гидродинамического параметра.

**Объект исследования** – нижнекембрийские породы толбачанской, эльгянской, нелбинской и юрегинской свит, слагающие вмещающую толщу околотрубочного пространства на заданных отметках.

**Фактический материал, методы исследований.** В основу диссертации легли результаты работы автора в качестве рядового, а затем, и ведущего гидрогеолога Западно-Якутской геологоразведочной партии Мирнинской ГРЭ АК «АЛРОСА» ПАО в 2013-2017 гг.; а также в качестве руководителя проекта Октябрьской геологоразведочной партии Вилюйской ГРЭ АК «АЛРОСА» ПАО в 2017 году. Работы, выполнявшиеся автором, включали:

- документацию керна по сети опытных скважин, сооружаемых из подземных горных выработок и по скважине №307 (автором лично в полевых условиях задокументировано и изучено более 2 тыс. погонных метров керна по данным скважинам);

- проведение режимных наблюдений по сети опытных скважин: замеры расходов рассолов, газов, компрессионные испытания; автором лично в полевых условиях и в подземных горных выработках выполнено более 17 тыс. замеров.

- в качестве ведущего гидрогеолога и руководителя проекта автор являлся ответственным исполнителем производственных отчетов, по проведенным работам и исследованиям, в том числе глав о гидрогеологических, инженерно-геологических и газодинамических условиях месторождения трубки «Интернациональная» для отчетов с подсчетом запасов алмазов и защитой их в ГКЗ МПР РФ;

Анализы выполнялись в специализированных сертифицированных лабораториях аккредитованных организаций – ОАО НПП ВНИИГИС и «Якутнипроалмаз» АК АЛРОСА (ПАО).

**Научная новизна и практическая значимость** результатов исследований заключается в следующем:

1. В работе впервые проанализированы гидрогеологические и газодинамические условия трубки «Интернациональная», обосновано и доказано, что основным в отметках добычных X, XI, XII, XIII, XIV и XV блоков является толбачанский водоносный комплекс, состоящий из 15 пластов-коллекторов.

2. Впервые выявлены, изучены и охарактеризованы закономерности излива и газодинамических явлений по сети опытных скважин, сооруженных в подземных горных выработках на горизонте -790 рудника «Интернациональный».

3. Выявлены и охарактеризованы техногенные и природные факторы, влияющие на интенсивность излива природных рассолов и изменения дебита пластовых газов. Доказано их прямое или опосредованное влияние на режим и интенсивность излива природных рассолов.

4. Рассчитано и изучено площадное распространение коэффициента проводимости в околотрубочном массиве, как основного гидродинамического параметра, характеризующего толбачанский водоносный комплекс.

Необходимость изучения пород данных свит продиктована безопасной отработкой данного месторождения, и накопления опыта для последующей отработки других месторождений (в том числе алмазоносных трубок).

**Апробация работы.** Результаты и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на совещаниях и конференциях: VIII-й Всероссийской научно-практической конференции для студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире» Мирный, 2017 г.), 20-х чтениях памяти П.Н. Чирвинского (Пермь, 2018 г.), Региональной научно-практической конференции «Современные проблемы и опыт гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследований на территории Центрально-Черноземного региона» (Воронеж, 2018 г.), V Всероссийской научно-практической конференции «Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: прогнозно-ресурсные, методические и инновационно-технологические направления её повышения» (Мирный, 2018 г.), XXVIII Всероссийской молодежной конференций «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2019 г.).

#### **Структура и объём диссертации.**

Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения и списка литературы, насчитывающего 114 наименований отечественных и зарубежных изданий. Материал диссертации изложен на 178 страницах, иллюстрирован 38 рисунками, содержит 46 таблиц.

#### **Защищаемые положения:**

1. Толбачанский водоносный комплекс, состоящий из 15 пластов-коллекторов, является основным водоносным комплексом и влияет на обводнение месторождения трубки «Интернациональная» в а.о. от -660 до -1250 м.

2. Водопроницаемость коллекторов толбачанской свиты в пределах околотрубочного пространства, а также режим и интенсивность излива насыщенных природных рассолов по сети опытных скважин, контролируется малоамплитудной складчатой тектоникой, проявленной в виде: кимберлитовых жил, ступенчатых сбросов и флексурным перегибом слоёв вмещающих пород.

3. Ведение буровзрывных работ и изменение барометрического давления влияет на интенсивность излива природных насыщенных рассолов из коллекторов толбачанской свиты, причем техногенный фактор является доминирующим.

#### **Благодарности.**

Автор выражает глубокую благодарность за постоянное внимание и консультации своему научному руководителю д.г.-м.н. профессору В.Л. Бочарову. За ценные замечания и помощь при подготовке работы автор благодарит д.г.-м.н. С.В. Алексеева, д.г.-м.н. А.В. Толстова. За помощь и поддержку автор благодарен и признателен д.г.-м.н., профессору В.М. Ненахову.

## ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

### Обоснование первого защищаемого положения

Толбачанский водоносный комплекс, состоящий из 15 пластов-коллекторов, является основным водоносным комплексом и влияет на обводнение месторождения трубки «Интернациональная» в а.о. от -660 до -1250 м.

Геологическое строение Мало-Ботуобинского района определяется принадлежностью его к зоне сочленения восточной части Тунгусской, западной части Вилюйской синеклиз и Мирнинского выступа Непско-ботуобинской антеклизы. Зона сочленения этих структур определяет специфичность геологического строения, выразившаяся в широком развитии пликативных и дизъюнктивных дислокаций, проявлений основного и ультраосновного магматизма [Геологическое строение СССР..., 1987]. В геологическом строении разреза выделяются два структурных этажа. Нижний структурный этаж соответствует кристаллическому фундаменту архейского и раннепротерозойского возраста и сложен гранитогнейсами [Бобров, 1962]. Образования осадочного чехла представлены карбонатно-терригенными отложениями венда, галогенно-карбонатными, терригенно-карбонатными осадками кембрия. Общая мощность осадочной толщи изменяется от 2114 до 2206 м. Структурные этажи разделены между собой перерывами в осадконакоплении, угловыми и стратиграфическими несогласиями (рис. 1).

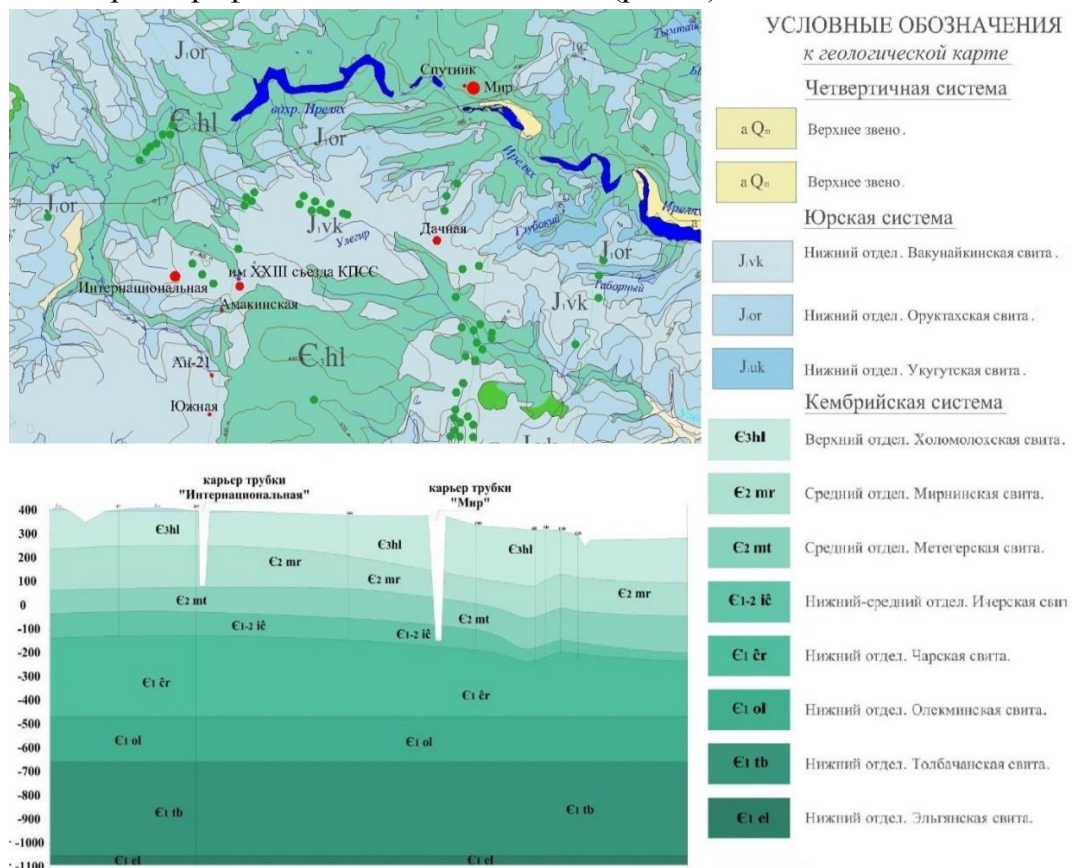


Рис.1. Геологическая карта изучаемого участка (по материалам Мирнинской ГРЭ)

Структурная позиция района определяется нахождением его в пределах Мирнинского свода, разбитого на блоки Вилюйско-Мархинской зоной глубинных

субмеридиональных разломов, контролирующих трапповый магматизм. В пределах свода выделяются разноплановые типы пликтивных и дизъюнктивных дислокаций. В южной части площади преобладают пликтивные структуры: Буардахское, Хаттатское и Нелбинское поднятия (межразломные блоки) субмеридионального простирания, контролируемые глубинными разломами. Ко второму типу относятся наложенные линейные отрицательные и положительные линейные морфоструктуры, контролируемые сколовыми разломами северо-восточного простирания: Маччобинское и Иреляхское поднятия (Рис. 2) [Геологическое строение СССР..., 1987].

Изучение пород толбачанской и эльгянской свит было выполнено в достаточном объёме, позволяющем оценить и охарактеризовать гидрогеологические и газодинамические условия отработки добычных X, XI, XII, XIII, XIV и XV блоков, месторождения трубка «Интернациональная». Результатом изучения явилось подтверждение главенствующей роли коллекторов толбачанской свиты, в формировании сложных условий отработки добычных X, XI, XII, XIII, XIV и XV блоков, месторождения трубка «Интернациональная».

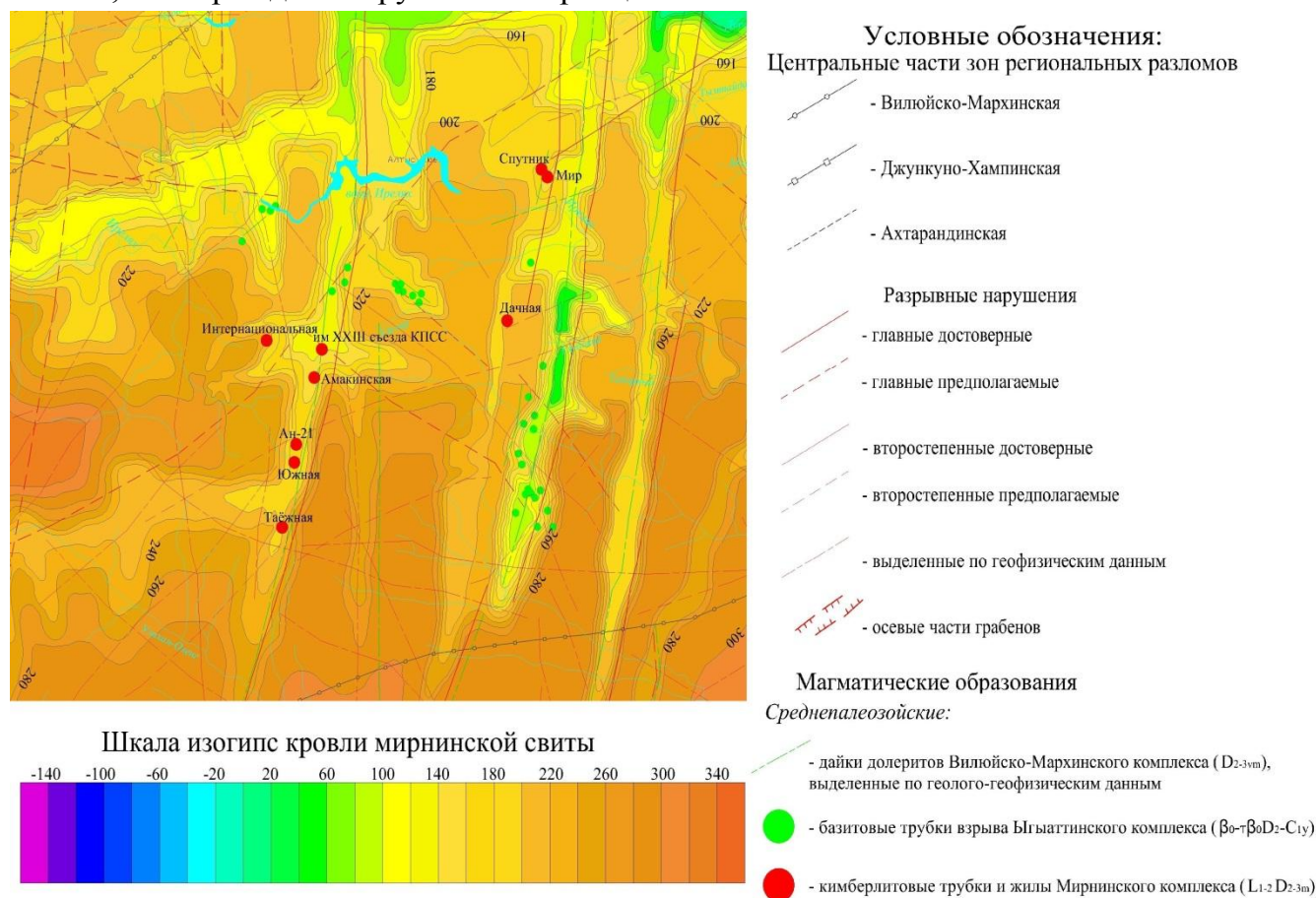


Рис.2. Структурно-тектоническая карта изучаемого участка (составлена по материалам Ботубинской и Мирнинской ГРЭ)

Юрегинская свита ( $C_1 jur$ ), относящаяся к *Атдабанскому ярусу нижнего кембрия*, выделена в 1980 году П.Н. Колосовым и В.И. Авдеевой. Свита сложена мощными пластами каменной соли и прослоями доломитов, аргиллитов, песчаников

и известняков [Гиниятулин, Блажкун, Ивашина, Коробков и др., 1989]. В разрезе юрегинской свиты выделяется 13 пластов каменной соли. Соленасыщенность юрегинской свиты в районе месторождения не более 58 %. Юрегинская свита согласно залегает на породах билирской свиты, перекрыта породами нелбинской свиты. Мощность свиты по скважине №307 – 187 м [Янников, Голованев, 2018в].

Нелбинская свита ( $C_1$  nl), относящаяся к *Атдабанскому ярусу нижнего кембрия*, выделена в 1981 году В.И. Авдеевой и М.Л. Кокоулиным. Свита сложена переслаиванием пластов каменной соли и известняков с прослоями аргиллитов. В разрезе нелбинской свиты выделяется 4 пласта каменной соли. Соленасыщенность нелбинской свиты в районе месторождения не более 70 %. Нелбинская свита согласно залегает на породах юрегинской свиты, перекрыта породами эльгянской свиты. Мощность свиты 43,5 м [Янников, 2018в].

Эльгянская свита ( $C_1$  el), относящаяся к *Атдабанскому ярусу нижнего кембрия*, впервые выделена А.К. Бобровым в 1948 году в разрезах на реке Эльгян – левом притоке реки Олечма. Палеонтологическая характеристика свиты дана В.В. Хоментовским и Л.Н. Репиной. Свита представлена известняками доломитизированными с прослоями водорослевых, реже глинистых известняков. Эльгянская свита согласно залегает на породах нелбинской свиты, перекрывается породами толбачанской. Мощность свиты в пределах изучаемого участка 35-40 метров [Янников, 2018в].

Толбачанская свита ( $C_1$  tb), относящаяся к *Батомскому ярусу нижнего кембрия*, впервые выделена А.К. Бобровым в 1945 году. Названа по реке Толбачан – правому притоку реки Лена. Свита сложена доломитами с прослоями известняков, ангидритов, каменной соли и мергелей. Массив отложений толбачанской свиты по литологическому признаку можно разделить на две пачки.

Верхняя пачка – галогенно-карбонатная мощностью 120-130 метров, сложена галитом, доломитами и ангидритом. Соленасыщенность верхней пачки превышает 50%, выделяется 9 пластов каменной соли, мощностью от 1,5 м до 15,2 м.

Нижняя пачка карбонатная, мощностью порядка 250 метров, представлена доломитами плотными мелко-тонкозернистыми, слоистыми с прослоями доломитов глинистых и доломито-ангидритов засолоненных, с включениями и примазками твердых битумов. Свита согласно залегает на породах эльгянской свиты и перекрывается олекминской. Мощность свиты в пределах изучаемого участка составляет 360-380 метров.

В пределах околотрубочного пространства коренного месторождения трубка «Интернациональная» глубина залегания кровли толбачанской свиты от дневной поверхности составляет 1065,0 метров (а.о. кровли -665,3 м). Глубина залегания эльгянской свиты – 1442,5 (а.о. кровли -1042,8 м). Глубина залегания нелбинской свиты – 1479,5 (а.о. кровли -1079,8 м). Глубина залегания юрегинской свиты – 1523,0 (а.о. кровли -1123,3 м).

В отложениях толбачанской свиты выделяется 15 коллекторов, из которых 8 газо-водонасыщенных, 5 газонасыщенных и 2 «сухих». Приток пластовых вод по



опытным скважинам составлял от 0,05 до 36,0 м<sup>3</sup>/сут; пластовых газов от 1,5 до 4 147,2 м<sup>3</sup>/сут [Дроздов, Иост, Лобанов и др., 2008; Янников, Иост, 2017; Янников, 2018а, 2018б].

В отложениях эльганской свиты выделяется три пласта-коллектора, газонасыщенный, газо-водонасыщенный и водонасыщенный. При испытании коллекторов эльганской свиты было установлено, что приток пластовых вод незначителен и составлял 0,96 м<sup>3</sup>/сут, приток пластовых газов – 0,72 м<sup>3</sup>/сут.

Залегающие под подошвой эльганского слабоводоносного горизонта преимущественно *галогенные отложения нелбинской и юрегинской свит*, следует рассматривать как исключительно слабопроницаемые породы. После проведения полного комплекса ГИС водонасыщенных пластов-коллекторов выявлено не было. По результатам газового каротажа в толще пород нелбинской и юрегинской свит было выявлено девять маломощных слабогазонасыщенных пластов-пропластков, приуроченных к внутриформационным прослоям карбонатных и терригенно-карбонатных разностей отложений данных свит. Мощность пластов – коллекторов от 0,5 м, до 4,0 м. Общая мощность коллекторов нелбинской и юрегинской свит составила 25,3 м. Пласты-коллекторы между собой разделяются мощными водо- и газоупорными пачками галогенных (каменная соль) и терригенных (аргиллит) отложений суммарной мощностью от 20,0 до 45,0 м.

В породах нелбинской свиты было выделено два коллектора, при их исследовании, притока пластовых вод обнаружено не было, дебит пластовых газов составил 0,72 м<sup>3</sup>/сут.

В породах юрегинской свиты было выделено семь коллекторов. При испытании коллекторов юрегинской свиты было установлено, что приток пластовых вод отсутствует, приток пластовых газов был незначителен и составлял от 1,44 до 8,64 м<sup>3</sup>/сут.

Зона формирования и развития изучаемых хлоридных кальциевых рассолов является зоной крайне затрудненного водообмена. В геологические периоды времени водообороту препятствовали пласты практически водонепроницаемой каменной соли, вторичные выделения галита и сульфатных минералов в трещинах и порах нижнекембрийских отложений. В ходе геологического развития внутри водоупорной толщи межсолевых отложений происходили обменные процессы между водой и породой, процессы перекристаллизации отложений, реакции минералообразования в условиях изменяющихся давлений и температур, связанных с внедрением базитовых и кимберлитовых тел. Эти процессы приводили к уменьшению пористости и проницаемости толщ и затрудняли водообмен. Поэтому весьма крепкие и предельно насыщенные рассолы, распространенные в межсолевых и подсолевых отложениях, являются растворами концентрирования первичной рапы седиментационного происхождения, претерпевшими определенные изменения в стадию эпигенеза. Резкие различия в составе гидрогеохимических зон с натриевыми и кальциевыми рассолами связаны с трансформацией условий водообмена. По возрасту седиментационные

хлоридные кальциевые рассолы являются кембрийскими [Дроздов, Иост, Лобанов и др., 2008; Янников, Иост, 2017].

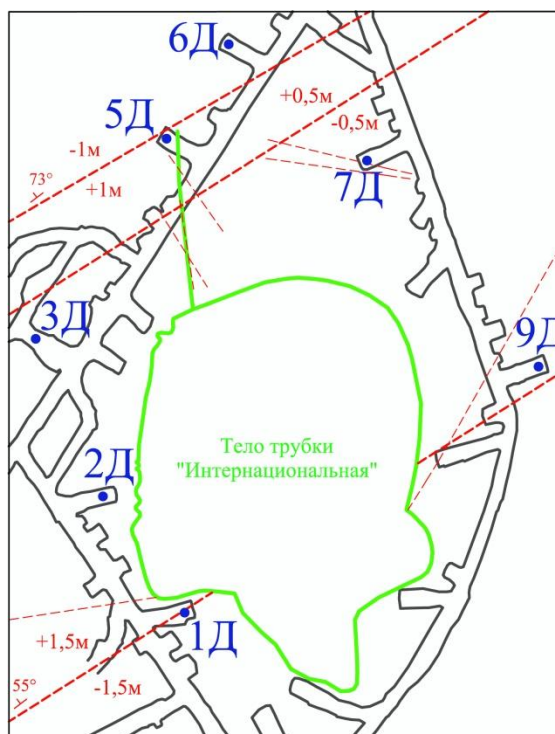
### **Обоснование второго защищаемого положения**

Водопроницаемость коллекторов толбачанской свиты в пределах околотрубочного пространства, а также режим и интенсивность излива насыщенных природных рассолов по сети опытных скважин, контролируется малоамплитудной складчатой тектоникой, проявленной в виде: кимберлитовых жил, ступенчатых сбросов и флексурным перегибом слоёв вмещающих пород.

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 экранирующих поверхностей и зон вторичной минерализации [Дроздов, Иост, Лобанов и др., 2008; Янников, Иост, 2017].

В пределах шахтного поля рудника «Интернациональный» выделяется несколько региональных глубинных разломов, относящихся к структурам 6-7 порядка. Непосредственное влияние на изучаемый участок оказывают Западный и Кюелляхский региональные глубинные разломы, и связанные с ними оперяющие разломы и блоковые дислокации, оказывающие влияние на проводимость коллекторов толбачанской свиты в пределах околотрубочного массива месторождения трубка «Интернациональная». Эффективная пористость, выделенных коллекторов толбачанской и эльгянской свит, в целом составляет от 2,5 до 6,0%. На участках сложного структурно-геологического строения, определяемого тектонической зоной проявленной в виде кимберлитовых жил, ступенчатых сбросов и флексурным перегибом слоёв вмещающих пород, данный параметр достигает 10-12%. Увеличение параметра эффективной пористости, произошедшее из-за воздействия геодинамических процессов, в пределах изучаемого района, привело к описываемым ниже отличиям проводимости тощи толбачанской свиты и выделению отдельных блоков-зон по величине параметра проводимости.

При анализе гидродинамического режима и проницаемости пластов-коллекторов толбачанской свиты непосредственно в околотрубочном пространстве месторождения было выделено четыре блока-зоны. Для выделения блоков-зон были проведены расчёты коэффициента проводимости по сети скважин, пробуренным в подземных горных выработках (ПГВ) рудника «Интернациональный» на горизонте. (-790)м. Проводимость рассчитывалась по скважинам №№ 1Д, 2Д, 3Д, 5Д, 6Д, 7Д и 9Д. Выбранные опытные скважины являются совершенными по качеству вскрытия описанных коллекторов, поэтому полученные параметры будут в целом правомочны для изучаемого объекта (коллектора толбачанской свиты). Расположение опытных скважин относительно тела трубки «Интернациональная» и выделенных в процессе работ оперяющих разломов приведено на рисунке 3.



## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- 1Д - расположение устья и номера опытной скважины  
 - оперяющие разломы крупные  
 - оперяющие разломы малые  
 55° - элементы залегания разлома  
 +1,5м - величина сброса/взброса  
 -1,5м  
 - подземные горные выработки

Рис.3. Расположение опытных скважин на горизонте -790 м относительно тела трубки «Интернациональная» и выделенных в процессе работ оперяющих разломов (составлена по материалам МСШСТ и Мирнинской ГРЭ)

Определение параметра проводимости производилось в результате интерпретации одиночных выпусков пластовых вод. Расчёты были выполнены, с помощью графоаналитического метода, по участкам графиков, отвечающих квазистационарному режиму фильтрации. Результаты расчётов основных гидрогеологических параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Полученные гидрогеологические параметры

№ скважины	Расстояние до тела трубки, м.	Направление расположения	Полученный КМ (Т), м <sup>2</sup> /сут
1Д	5	Ю	0,0064
2Д	15	З	0,0057
3Д	38	З	0,0180
5Д	57	С	0,0310
6Д	82	С	0,0125
7Д	43	С	0,0079
9Д	43	В	0,0087

Схематично в плане, по параметру проводимости, объект исследования можно представить следующим образом: 1) Блок-зона №1, в ней расположены скважины №№ 3Д, 5Д и 6Д. Охарактеризовывает зону сложного структурно-тектонического строения, приуроченного к малоамплитудному тектоническому нарушению,

фиксируемому по наличию сближенных кимберлитовых жил, ступенчатых сбросов (до 3,0 метров) и флексурным перегибам слоёв Данная зона характеризуется наибольшей величиной КМ до 0,0310 м<sup>2</sup>/сут; 2) Блок-зона №2, в ней расположены скважины №№ 7Д и 9Д. Охарактеризовывает зону оперяющих разломов. Данная зона характеризуется величиной КМ до 0,0087 м<sup>2</sup>/сут; 3) Блок-зона №3, в ней расположены скважины № 1Д. Охарактеризовывает зону сложного структурно-тектонического строения, приуроченного к малоамплитудному тектоническому нарушению, фиксируемому по наличию ступенчатых сбросов (до 1,5 метров). Данная зона характеризуется величиной КМ до 0,0072 м<sup>2</sup>/сут; 4) Блок-зона №4, в ней расположена скважина №2Д, охарактеризовывает зону, не осложнённую оперяющими разломами или малоамплитудными тектоническими нарушениями. Данная зона характеризуется наименьшей величиной КМ = 0,0057 м<sup>2</sup>/сут.

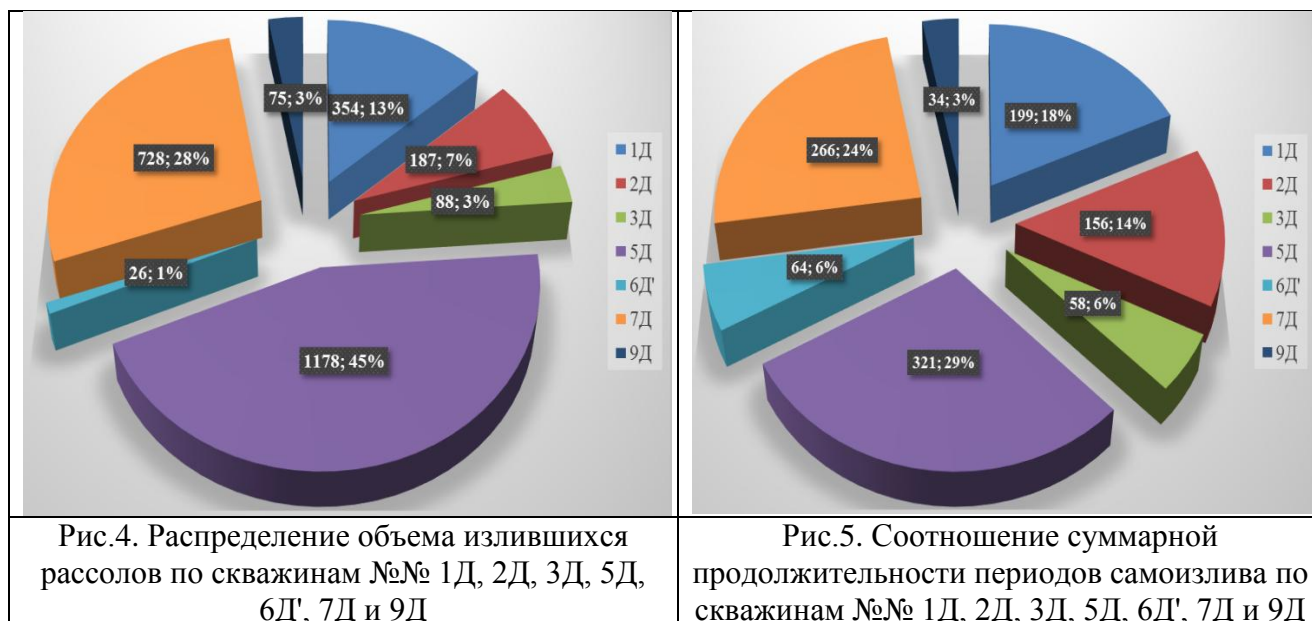
Проведённые исследования и выполненные расчёты позволяют сделать вывод, что проводимость коллекторов толбачанской свиты в пределах околотрубочного массива месторождения трубка «Интернациональная», на удалении 5 – 110 метров от тела, напрямую зависит от малоамплитудной тектоники, оперяющих разломов и блоковых дислокаций, непосредственно связанных со структурно-тектоническим строением изучаемого участка.

Данные, полученные в ходе натуральных наблюдений, подтвердили, что у каждой скважины, (из числа тех, на которых отмечалось наличие притоков пластовых вод), был сформирован свой режим, обусловленный её расположением относительно участков сложного структурно-тектонического строения, приуроченных к малоамплитудным тектоническим нарушениям, фиксируемым по наличию: сближенных кимберлитовых, жил, ступенчатых сбросов и флексурным перегибам слоёв вмещающих пород. Параметры излива природных рассолов за период исследования (2014-2016 гг) приведены в таблице 2, рисунках 4 и 5.

Таблица 2

Параметры периодов излива природных рассолов по опытным скважинам

номер опытной скважины	1Д	2Д	3Д	5Д	6Д'	7Д	9Д
количество периодов излива	12	9	4	14	10	21	4
суммарная продолжительность всех периодов, сут.	199	156	58	321	64	266	34
максимальная продолжительность отдельного периода, сут.	94	99	50	113	27	43	24
минимальная продолжительность отдельного периода, сут.	1	1	1	1	1	1	3
суммарный объём излившихся рассолов, м <sup>3</sup>	354	187	88	1178	26	728	75
средний дебит, м <sup>3</sup> /сут	1,8	1,2	1,5	3,7	0,4	2,7	2,2
максимальный дебит, м <sup>3</sup> /сут	12,0	3,7	2,4	36,0	2,4	12,0	4,3
минимальный дебит, м <sup>3</sup> /сут	0,24	0,24	0,05	0,24	0,24	0,24	0,72



По опытным скважинам можно выявить ряд общих признаков:

1. Изменения дебитов (расходов) по скважинам в целом согласуется с описанными выше структурными, тектоническими и литолого-фациальными особенностями коллекторов толбачанской свиты. При подробном рассмотрении, определяется корреляционная связь с зонами оперяющих разломов. Эти зоны сопряжены с повышенной трещиноватостью, и как следствие с увеличенной «свободной ёмкостью» пластов.

2. Скважины, находящиеся на участке сложного структурно-геологического строения, определяемого тектонической зоной, проявленной в виде кимберлитовых жил, ступенчатых сбросов, флексурным перегибом слоёв вмещающих пород и в непосредственной близости (до 10, реже 15 м) от него, характеризуются большими естественными емкостными запасами. Что подтверждается более интенсивными дебитами, большим объёмом излившихся природных рассолов и большей наблюдаемой длительностью излива.

3. Скважины, находящиеся на удалении (более 10-15 метров) от выделяемого участка сложного структурно-геологического строения, характеризуются меньшими естественными емкостными запасами. Что подтверждается меньшей интенсивностью дебитов, меньшим объёмом излившихся природных рассолов и меньшей наблюдаемой длительностью излива.

4. Изменение дебитов пластовых вод по скважинам имеет снижающийся тренд, связанный с истощением естественных запасов пластовых вод в коллекторах толбачанской свиты.

В целом исследования подтвердили крайнюю малодобитность изучаемых коллекторов и небольшие естественные запасы природных рассолов. Всего за 3 года исследований (2014-2016 гг) по сети опытных скважин излилось 2 636 м<sup>3</sup>.

**Обоснование третьего защищаемого положения**

Ведение буровзрывных работ и изменение барометрического давления влияет на интенсивность излива природных насыщенных рассолов из коллекторов толбачанской свиты, причем техногенный фактор является доминирующим.

Режимные наблюдения за интенсивностью самоизлива пластовых вод производились по режимной сети скважин, сооружённых в подземных горных выработках на горизонте -790 рудника «Интернациональный». За период исследований, проводимых в 2014-2016 гг, было установлено, что параметры самоизлива по скважинам (интенсивность и т.д.) крайне изменчивы. Интенсивность водопритоков по скважинам обусловлена особенностями водосодержащих коллекторов толбачанской свиты. А именно крайне низкими параметрами проводимости и крайне малыми естественными запасами данных высоконапорных, высокоминерализованных (до 520 г/л) пластовых вод (рассолов). Для скважин было характерно непостоянство дебитов наблюдаемых водопритоков и их малодобитность (фиксируемые притоки редко превышали 250-300 л/ч). Самоизлив вод, как правило, был не продолжителен, эпизодичен, за фиксируемыми в ходе натуральных наблюдений «всплесками активности», (продолжительностью от 2-5 дней до 15-25) следовали долговременные периоды с полным отсутствием каких-либо водопроявлений [Янников, 2018б].

К техногенным факторам, влияющим на формирование наблюдаемого режима излива пластовых вод по опытным скважинам, прежде всего, относятся горно-проходческие работы и связанные с ними буро-взрывные работы. В качестве взрывчатого вещества используется аммонит, коэффициент эффективности 0,81 в тротиловом эквиваленте. При одном взрыве используется от 10 до 250 кг аммонита, что приводит к динамическому воздействию на массив вмещающих пород, с энергией воздействия порядка 33-840 МДж. Такое воздействие, несомненно, является непосредственно влияющим на режим излива пластовых вод. Анализ воздействия данного техногенного фактора на режим самоизлива производился под средством корреляции проводимых взрывных работ и фиксацией наличия излива пластовых вод (таблица 3 и рисунок б).

Таблица 3

Анализ производства взрывных работ и интенсивности излива пластовых вод

№ п/п	Период самоизлива		Параметры излива			Параметры взрывных работ			
	от	до	№№ скважин	время излива сут	Объём излившихся вод, м <sup>3</sup>	а.о., м	кол -во, шт	суммарная масса в.в., кг	средняя масса в.в., кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b>01.01.14</b>	<b>24.01.14</b>	<b>7Д</b>	<b>24</b>	<b>288,0</b>	<b>-790</b>	<b>11</b>	<b>1106</b>	<b>100,5</b>
2	25.01.14	17.02.14	«сухой»			-790	22	1648	71,6
3	<b>18.02.14</b>	<b>01.03.14</b>	<b>7Д</b>	<b>12</b>	<b>28,8</b>	<b>-790</b>	<b>8</b>	<b>804</b>	<b>100,5</b>
4	02.03.14	01.04.14	«сухой»			-790	37	2616	70,7
5	<b>02.04.14</b>	<b>03.05.14</b>	<b>7Д</b>	<b>32</b>	<b>50,4</b>	<b>-790</b>	<b>20</b>	<b>2200</b>	<b>110,0</b>
6	04.05.14	11.05.14	«сухой»			-790	15	1085	72,3
8	24.05.14	02.06.14	«сухой»			-790	20	600	30,0
7	<b>12.05.14</b>	<b>23.05.14</b>	<b>2Д, 6Д', 7Д</b>	<b>12</b>	<b>28,8</b>	<b>-790</b>	<b>10</b>	<b>1710</b>	<b>171,0</b>

продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
9	<b>03.06.14</b>	<b>09.07.14</b>	<b>2Д, 7Д</b>	<b>36</b>	<b>76,8</b>	<b>-790</b>	<b>10</b>	<b>1514</b>	<b>151,4</b>				
10	10.07.14	14.07.14	«сухой»			взрывные работы не производились							
11	<b>15.07.14</b>	<b>21.10.14</b>	<b>2Д, 3Д, 5Д, 6Д', 7Д</b>	<b>98</b>	<b>249,6</b>								
12	22.10.14	10.11.14	«сухой»										
13	<b>11.11.14</b>	<b>23.11.14</b>	<b>2Д, 5Д, 6Д'</b>	<b>13</b>	<b>33,6</b>								
14	24.11.14	02.12.14	«сухой»										
15	<b>03.12.14</b>	<b>08.12.14</b>	<b>2Д, 3Д, 5Д, 7Д</b>	<b>6</b>	<b>12,0</b>								
16	09.12.14	31.12.14	«сухой»			взрывные работы не производились							
17	<b>01.01.15</b>	<b>28.02.15</b>	<b>1Д, 2Д, 5Д, 6Д', 7Д</b>	<b>59</b>	<b>204,0</b>					<b>-790</b>	<b>2</b>	<b>190</b>	<b>95,0</b>
18	01.03.15	11.03.15	«сухой»							-790	1	27	27,0
19	<b>12.03.15</b>	<b>09.07.15</b>	<b>1Д, 3Д, 5Д, 6Д'</b>	<b>119</b>	<b>93,6</b>					<b>-790</b>	<b>10</b>	<b>650</b>	<b>65,0</b>
20	10.07.15	13.08.15	«сухой»							взрывные работы не производились			
21	<b>14.08.15</b>	<b>22.08.15</b>	<b>1Д, 5Д, 7Д</b>	<b>9</b>	<b>40,8</b>								
22	23.08.15	26.08.15	«сухой»										
23	<b>27.08.15</b>	<b>28.08.15</b>	<b>7Д</b>	<b>2</b>	<b>9,6</b>								
24	29.08.15	31.08.15	«сухой»										
25	<b>01.09.15</b>	<b>01.09.15</b>	<b>7Д</b>	<b>1</b>	<b>7,2</b>								
26	02.09.15	08.09.15	«сухой»			взрывные работы не производились							
27	<b>09.09.15</b>	<b>09.09.15</b>	<b>5Д</b>	<b>1</b>	<b>4,8</b>								
28	10.09.15	11.09.15	«сухой»										
29	<b>12.09.15</b>	<b>12.09.15</b>	<b>1Д</b>	<b>1</b>	<b>2,4</b>								
30	13.09.15	17.09.15	«сухой»										
31	<b>18.09.15</b>	<b>18.09.15</b>	<b>7Д</b>	<b>1</b>	<b>2,4</b>					<b>-810</b>	<b>1</b>	<b>86</b>	<b>86</b>
32	19.09.15	21.09.15	«сухой»			-810	4	320	80				
33	<b>22.09.15</b>	<b>22.09.15</b>	<b>7Д</b>	<b>1</b>	<b>7,2</b>	<b>-832</b>	<b>1</b>	<b>90</b>	<b>90</b>				
34	23.09.15	24.09.15	«сухой»			взрывные работы не производились							
35	<b>25.09.15</b>	<b>26.09.15</b>	<b>1Д, 6Д'</b>	<b>2</b>	<b>2,2</b>	<b>-832</b>	<b>1</b>	<b>90</b>	<b>90</b>				
36	27.09.15	04.10.15	«сухой»			взрывные работы не производились							
37	<b>05.10.15</b>	<b>09.11.15</b>	<b>1Д, 5Д, 7Д</b>	<b>35</b>	<b>266,2</b>	<b>-832</b>	<b>14</b>	<b>1400</b>	<b>100</b>				
38	10.11.15	26.11.15	«сухой»			-832	8	400	50				
39	<b>27.11.15</b>	<b>12.01.16</b>	<b>1Д, 2Д, 5Д, 9Д</b>	<b>46</b>	<b>269,1</b>	<b>-832</b>	<b>10</b>	<b>2000</b>	<b>200</b>				
40	13.01.16	15.01.16	«сухой»			-832	5	250	50				
41	<b>16.01.16</b>	<b>18.02.16</b>	<b>1Д, 5Д, 6Д', 9Д</b>	<b>34</b>	<b>860,9</b>	<b>-832</b>	<b>23</b>	<b>2350</b>	<b>102</b>				
42	19.02.16	09.03.16	«сухой»			-832	17	1360	80				
43	<b>10.03.16</b>	<b>13.03.16</b>	<b>5Д, 9Д</b>	<b>4</b>	<b>12,5</b>	<b>-810</b>	<b>3</b>	<b>300</b>	<b>100</b>				
44	14.03.16	20.04.16	«сухой»			-810	20	1200	60				
45	<b>21.04.16</b>	<b>25.04.16</b>	<b>5Д</b>	<b>5</b>	<b>1,2</b>	<b>-810</b>	<b>2</b>	<b>190</b>	<b>95</b>				
46	26.04.16	12.05.16	«сухой»			взрывные работы не производились							
47	<b>13.05.16</b>	<b>21.05.16</b>	<b>5Д, 9Д</b>	<b>9</b>	<b>10,6</b>								
48	22.05.16	02.06.16	«сухой»										
49	<b>03.06.16</b>	<b>03.06.16</b>	<b>1Д</b>	<b>1</b>	<b>7,2</b>	<b>-810</b>	<b>1</b>	<b>86</b>	<b>86</b>				
50	04.06.16	16.06.16	«сухой»			-810	20	600	30				
51	<b>17.06.16</b>	<b>25.06.16</b>	<b>1Д</b>	<b>9</b>	<b>48,0</b>	<b>-800</b>	<b>6</b>	<b>590</b>	<b>98</b>				
52	26.06.16	19.07.16	«сухой»			-810	30	1500	50				
53	<b>20.07.16</b>	<b>26.07.16</b>	<b>7Д</b>	<b>7</b>	<b>3,4</b>	<b>-810</b>	<b>2</b>	<b>280</b>	<b>140</b>				
54	27.07.16	09.08.16	«сухой»			-810	15	1050	70				

продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
55	10.08.16	19.08.16	7Д	10	0,3	-832	4	720	180
56	20.08.16	20.10.16	«сухой»			-832	50	4100	82
57	21.10.16	25.10.16	7Д	5	12,0	-832	4	520	130
58	26.10.16	26.12.16	«сухой»			-810	35	3300	94
59	27.12.16	31.12.16	7Д	5	1,2	-810	4	520	130

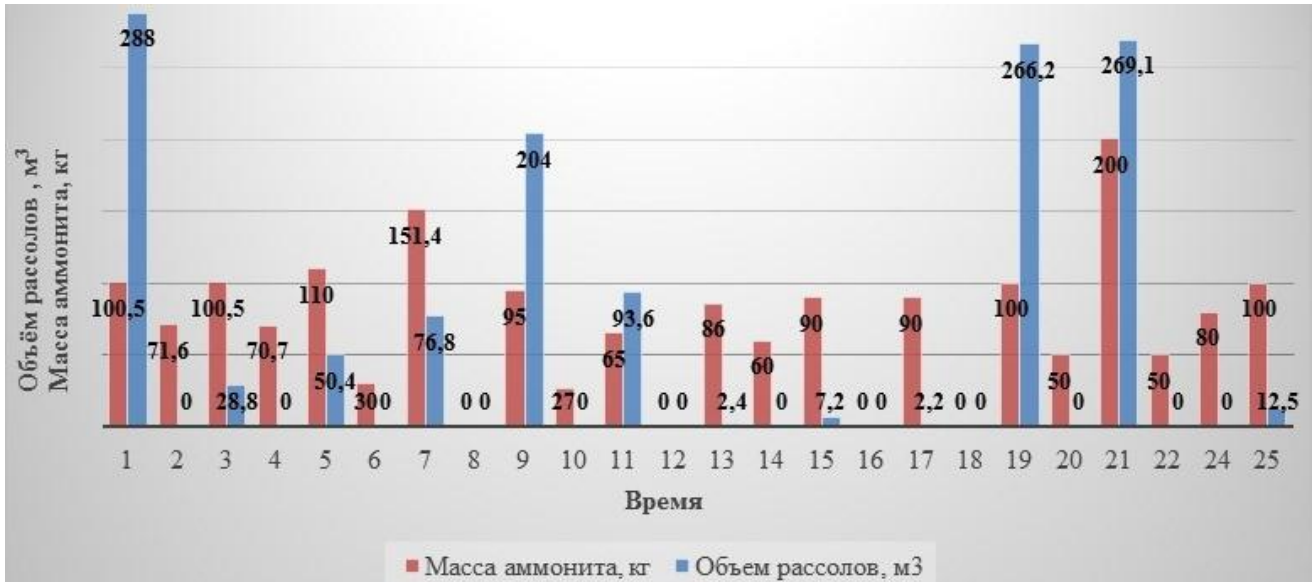


Рис.6. Комплексное прослеживание объема самоизлившихся природных рассолов по группе опытных скважин №№ 1Д, 2Д, 3Д, 5Д, 6Д', 7Д и 9Д, относительно количества применяемого аммонита.

Проведя анализ приведенных данных несложно выделить следующие закономерности:

1. Проводимые взрывные работы являлись одним из факторов появления самоизлива по опытным скважинам. Автором был выполнен поиск корреляционной зависимости данных параметров, а именно объема изливающихся рассолов и массы применяемого аммонита, причем учитывались и периоды отсутствия самоизлива. Вычисленный коэффициент корреляции ( $r$ ) = 0,62. Графическая интерпретация и корреляционное уравнение приведены на рис. 7.

2. Из 30 зафиксированных как кустовых, так и одиночных периодов самоизлива за всё время исследований (2014-2016 гг), 21 период, т.е. 70%, совпал с ведением горно-проходческих взрывных работ. Среднее количество применяемого аммонита, в течение этих периодов, составляло 115 кг, что равнозначно воздействию на толщу пород толбачанской свиты энергии в 375-385 МДж.

3. 40% зафиксированных «сухих» периодов совпали с полным отсутствием горно-проходческих работ. В течение остальных 60% времени среднее количество применяемых взрывных веществ было значительно меньше, чем во время периодов фиксации наличия пластовых вод, и составляло в среднем 60-65 кг. Что равнозначно воздействию на толщу пород толбачанской свиты энергии в 200-215 МДж.

4. 371 м<sup>3</sup> или 14% от общего объема излившихся в течение девяти выделенных кустовых и одиночных периодов самоизлива насыщенных рассолов, излились во время отсутствия горно-проходческих взрывных работ



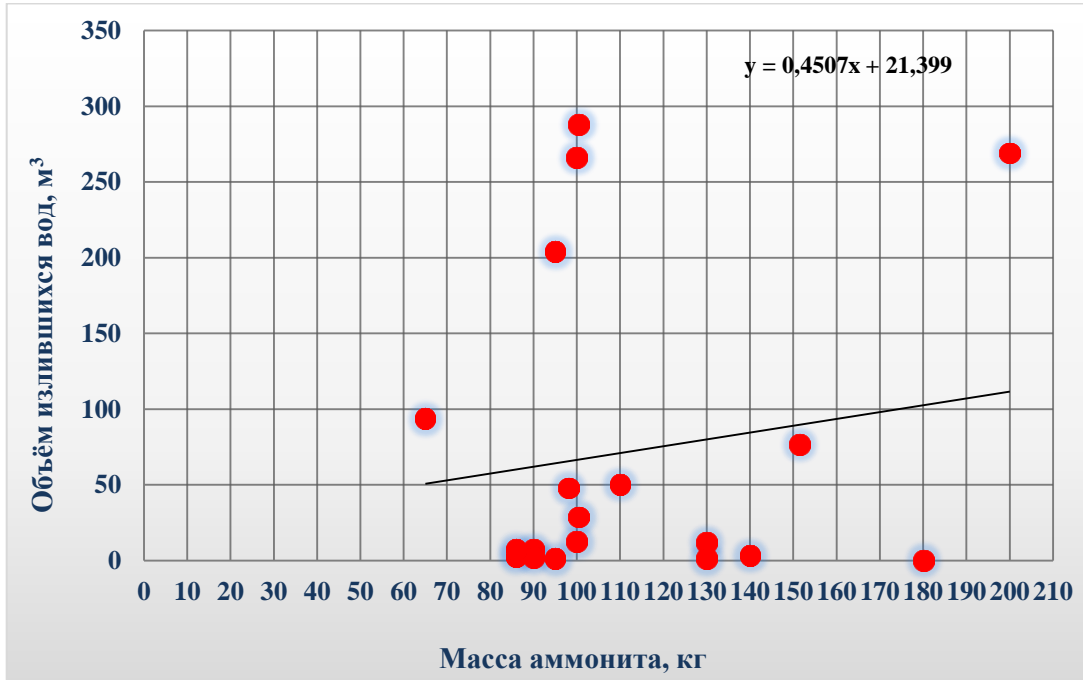


Рис.7. Зависимость объема самоизлившихся природных рассолов по группе опытных скважин №№ 1Д, 2Д, 3Д, 5Д, 6Д', 7Д и 9Д, относительно количества применяемого аммонита

Излив основного количества насыщенных рассолов (2265 м<sup>3</sup> или 86%) произошёл в периоды ведения горно-проходческих взрывных работ. Излив рассолов в данные периоды был интенсивнее в 1,6 раза, по сравнению с изливом во время отсутствия горно-проходческих взрывных работ. Что позволяет охарактеризовать данный фактор, как доминирующий.

Так как, не все наблюдаемые периоды излива пластовых вод были обусловлены только лишь техногенным воздействием, были продолжены поиски природных факторов, влияющих на интенсивность наблюдаемого самоизлива. После проведенного анализа возможных факторов воздействия, были выявлены закономерности между изменением барометрического давления и интенсивностью излива природных насыщенных рассолов. Для анализа данного воздействия была проведена комплексная оценка режима излива в 2014-2016 году (табл. 4 и рис. 8).

Таблица 4

Параметры изменения давления во время «сухих» периодов и периодов самоизлива

№ п/п	№ скважины	Степень изменения давления	Среднее значение давления во время «сухого» периода	Среднее значение давления во время периода самоизлива	№ п/п	№ скважины	Степень изменения давления	Среднее значение давления во время «сухого» периода	Среднее значение давления во время периода самоизлива
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1Д	0,0	728,0	732,5	38	5Д	+18,7	723,9	734,8
2		+0,4	724,8	731,8	39		+0,9	729,9	722,1
3		+4,6	730,2	730,0	40		+0,5	724,5	730,9
4		-7,5	729,0	715,9	41	6Д'	+11,7	724,8	729,5
5		+3,0	728,2	739,6	42		-1,1	723,1	722,5
6		+3,2	728,0	730,6	43		+8,4	727,2	726,8
7		-0,9	737,8	735,0	44		+10,4	731,4	728,2
8		+0,9	732,4	729,3	45		-1,4	727,9	725,3
9		+2,7	728,4	736,8	46		+4,2	724,4	728,0

продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1Д	+6,6	727,9	732,0	47	6Д'	+8,4	726,9	726,1
11		+3,7	730,4	726,8	48		-0,1	729,2	738,1
12		-0,4	730,4	729,4	49		+6,6	729,5	733,5
13	2Д	-0,3	728,0	732,0	50	7Д	+1,2	729,0	731,0
14		-7,0	720,1	721,8	51		-6,0	729,0	733,0
15		+0,6	726,0	728,8	52		-7,1	729,0	727,0
16		+0,6	726,3	723,4	53		+11,7	723,0	730,0
17		-1,1	726,3	725,2	54		-3,0	726,0	726,0
18		+0,3	732,7	727,5	55		-1,5	725,0	722,0
19		+1,8	730,5	742,0	56		-3,3	724,0	721,0
20		-1,1	727,9	727,2	57		+8,4	730,0	727,0
21	+0,3	729,8	735,7	58	+2,3	727,0	733,0		
22	3Д	-11,7	728,0	727,9	59	7Д	+2,0	731,0	742,0
23		+1,8	728,6	742,0	60		+7,1	726,2	729,2
24		+0,6	724,7	724,9	61		+4,6	727,5	727,1
25	+3,3	729,7	724,6	62	+4,0		736,5	732,0	
26	5Д	-11,7	725,8	728,5	63		-4,1	728,9	731,5
27		+10,4	732,7	728,2	64		-5,5	728,8	729,3
28		+1,8	730,8	742,0	65		+0,3	732,5	730,9
29		+9,6	731,4	730,1	66		-5,4	730,0	729,0
30		-5,4	724,8	725,3	67		+0,1	725,0	726,6
31		-1,8	730,7	727,2	68		+3,9	731,7	730,1
32		+2,4	729,7	732,0	69	-0,2	732,6	726,2	
33		-5,4	728,6	729,0	70	-2,9	734,4	728,6	
34		+3,2	736,0	726,9	71	+6,6	734,4	735,5	
35		+1,1	740,7	730,9	72	-7,7	726,9	726,6	
36	9Д	-1,0	733,5	733,1	73	+2,2	729,9	728,9	
37		-7,7	727,9	726,6					

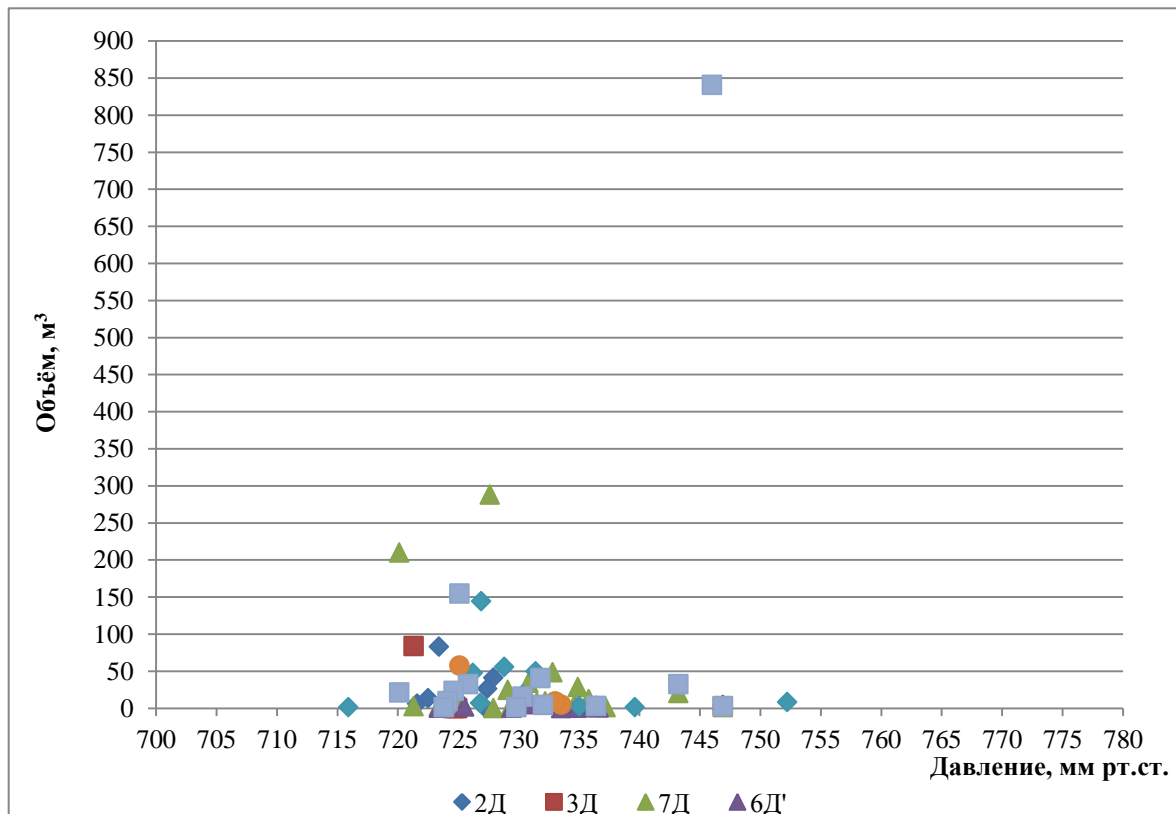


Рис.8. Комплексное прослеживание объема самоизлившихся природных рассолов по группе опытных скважин, относительно изменения параметра барометрического давления

Анализируя полученные за период исследования данные, можно выделить следующие закономерности:

1. Начало практически каждого выделенного периода сопровождалось ростом или понижением атмосферного давления. Средняя степень изменения давления составляет 4 - 5 мм рт. ст. Максимальные значения 12 - 19 мм. рт. ст. Необходимо отметить, что для 85% периодов изменение давления либо не оказывало значимого воздействия в виду невысоких ступеней изменения (порядка 1-5 мм рт. ст.), либо имело суммирующее с техногенным, своего рода синергетическое, воздействие на режим и интенсивность излива пластовых насыщенных рассолов.

2. Излив рассолов, фиксировался в определенном «коридоре» значений: 715-755 мм рт. ст. (рис 8), что в свою очередь, позволяет говорить о том, что резкие, скачкообразные перепады атмосферного давления влияли на фильтрацию пластовых рассолов по трещинным коллекторам, в имеющихся иммобилизованных, илизионных структурах, где местом разгрузки выступали стволы опытных скважин, а областью обеспеченного питания вся сформированная под воздействием структурно-тектонического и литолого-фациального факторов «линза-микрозалежь».

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доказано, что толбачанский водоносный комплекс, состоящий из 15 пластов-коллекторов, является основным водоносным комплексом в отметках X, XI, XII, XIII, XIV и XV добычных блоков, т.к. выделяемые коллектора эльгянской, нелбинской и юрегинской свит характеризуются либо как слабоводоносные, либо полным отсутствием водопритоков.

Установлено, что проводимость коллекторов толбачанской свиты в пределах околотрубочного массива месторождения трубка «Интернациональная», а также режим и интенсивность излива насыщенных природных рассолов напрямую зависит от малоамплитудной тектоники, оперяющих разломов и блоковых дислокаций.

Обосновано влияние выделенных техногенных (буровзрывные работы) и природных (барометрическое давление) факторов воздействия на интенсивность излива насыщенных природных рассолов по сети опытных скважин.

#### **Основные изданные публикации по теме диссертации:**

1. **Янников А.М., Голованев О.А.** Газоносность отложений толбачанской свиты в околотрубочном пространстве месторождения трубка «Интернациональная» // Естественные и технические науки. Москва. 2018а. №10. С. 83-88.

2. **Янников А.М., Голованев О.А.** Зависимость интенсивности самоизлива рассолов от буровзрывных работ в районе трубки «Интернациональная» // Вестник ВГУ серия геология. Воронеж. 2018б. №3. С. 111-113.

3. **Янников А.М.** Газодинамическая характеристика коллекторов во внешнем контуре месторождения «трубка Интернациональная» // Вестник ВГУ серия геология. Воронеж. 2018а. №4. С. 98-101.

4. **Янников А.М.** Интенсивность и продолжительность движения пластовых вод из малодобитных коллекторов толбачанской свиты // Вестник ВГУ серия геология. Воронеж. 2018б. №1. С. 139-141.

5. Иост Н.А., **Янников А.М.** Гидрогеологическая характеристика отложений толбачанской свиты в околотрубочном пространстве месторождения трубка

«Интернациональная» // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: сборник докладов VIII-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Мирный. 2017. С 201-205.

6. **Янников А.М.**, Бочаров В.Л. Геохимические особенности и физико-химические параметры подземных вод и Вертикальная гидрохимическая зональность в околотрубном пространстве месторождения трубка «Интернациональная» // Молодежь и научно-технический прогресс в современном мире: сборник докладов VIII-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Мирный. 2017. С 260-263.

7. **Янников А.М.**, Голованев А.О. Литологическая характеристика вмещающих пород в околотрубном пространстве месторождения трубка «Интернациональная» // 20-е чтения памяти П.Н. Чирвинского: сборник докладов. Пермь. 2018в. С. 199-203.

8. **Янников А.М.** Гидрогеологическая характеристика пород эльганской, нелбинской и юрегинской свит в пределах Мирнинского кимберлитового поля (на примере околотрубного массива вмещающих пород трубки «Интернациональная») // Эффективность геологоразведочных работ на алмазы: сборник докладов V всероссийской научно-практической конференции. Мирный. 2018в. С. 335-339.

9. **Янников А.М.**, Янникова Л.Ю., Янникова Ю.Ю. Режим и параметры самоизлива природных рассолов толбачанской свиты по сети опытных скважин гор. - 790 рудника Интернациональный в 2017 году // Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: сборник докладов IX Сибирской конференции. Новосибирск. 2018. С. 730-732.