

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента о диссертации на соискание ученой степени**

**доктора геолого-минералогических наук**

**Янникова Алексея Михайловича**

**на тему: «Структурная гидрогеология коренных алмазных**

**месторождений Западной Якутии»**

**по специальности 1.6.6. Гидрогеология**

**Актуальность.** Промышленное освоение Западной Якутии активно началось с момента открытия коренных месторождений алмазов и продолжается в настоящее время. Разработка коренных и россыпных месторождений осуществляется открытым способом и подземными выработками в сложных горно-геологических, мерзлотно-гидрогеологических и газодинамических условиях.

Представленная А. М. Янниковым диссертационная работа посвящена оценке, моделированию и прогнозу криогидрогеологических условий рассматриваемой территории и воздействия масштабного техногенного освоения на природную обстановку при отработке алмазных месторождений. Именно в этом заключается её актуальность, практическая и теоретическая значимость.

Актуальность диссертации также определяют перспективы региона для поисков, разведки и разработки месторождений. Освоение алмазоносного потенциала северных территорий невозможно без учёта его мерзлотно-гидрогеологических условий, истории их геологического и криогенного формирования.

**Личный вклад.** В основу диссертации, в соответствии с поставленной целью и задачами, вошёл огромный объем фактического материала, собранного лично автором в период работы в АК АЛРОСА (ПАО) в качестве рядового, а затем и ведущего гидрогеолога, руководителя проекта, главного гидрогеолога подразделения, заведующего лабораторией горно-

геологических проблем разработки месторождений. В результате им и при его участии был проведен весь комплекс гидрогеологических исследований, как в полевых условиях, так и в подземных и открытых горных выработках. За последние десять лет в процессе работ была получена дополнительная информация, позволяющая охарактеризовать факторы формирования природных рассолов, изучить влияние структурно-тектонических и литолого-фациальных условий на гидрогеологические параметры, выявить закономерности динамических изменений в результате формирования природно-техногенных систем и сопутствующего антропогенного воздействия на геологическую среду.

Автор являлся ответственным исполнителем целого ряда (более 80) производственных отчетов и заключений по проведенным работам и исследованиям, в том числе глав о гидрогеологических, инженерно-геологических и газодинамических условиях 12 месторождений трубков.

Результаты и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 39 российских и международных совещаниях и конференциях. Основные положения, результаты и выводы диссертации отражены в 21 научной работе, 18 из которых опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.6.6 – Гидрогеология. Всего автором лично и в соавторстве по теме диссертации опубликовано 38 статей в российских журналах из перечня ВАК, 4 монографии (одна в соавторстве) и получено 4 патента.

**Структура и объем работы.** Диссертация содержит два тома. Том 1 изложен на 345 страницах, состоит из введения, восьми глав, заключения и списка литературы, насчитывающего 504 наименования. Текст иллюстрирован 127 рисунками, содержит 47 таблиц. Том 2 (Приложения) имеет общий объем 48 страниц и состоит из 25 приложений.

**Во введении** сформулированы актуальность, проблемы и важность в выявлении структурных особенностей месторождений, учёте фактической

мерзлотно-гидрогеологической и газодинамической ситуации, цель и задачи исследований, защищаемые положения и новизна результатов, благодарности коллегам.

**Цель исследований** - выполнение структурно-гидрогеологического анализа формирования локальных и региональных современных мерзлотно-гидрогеологических условий в пределах кимберлитовых полей и трубок, обусловленных совокупностью природных и техногенных факторов, для обоснования дальнейшей устойчивой открытой и подземной отработки алмазных месторождений, утилизации и использования дренажных вод. Для достижения этой цели автором было поставлено 8 задач, выполнение которых изложено в последующих восьми главах работы, при их решении сформулированы защищаемые положения и новизна диссертации.

**В первой главе** диссертации рассматривается текущее состояние изученности территории, указываются имеющиеся проблемы, требующие проведения научно-исследовательских работ. Охарактеризованы основные отличительные особенности горно-геологических и криогидрогеологических условий кимберлитовых трубок Западной Якутии. Описаны методы, применявшиеся в процессе исследований. Приведена краткая историческая информация по основным этапам становления алмазодобывающей промышленности. В завершающей части главы сформированы выводы и обоснования научных и прикладных задач, решаемых автором в рамках диссертационного исследования.

**Во второй главе** работы рассматриваются геокриологические, криогидрогеологические условия и структурно-гидрогеологические модели Алакит-Мархинского, Далдынского, Мирнинского и Накынского кимберлитовых полей. Отмечено, что формирование криолитозоны в пределах изучаемой территории обусловлено глобальными изменениями климата, которые начали происходить с конца неогена. Развитие мощной криогенной толщи контролируется тремя основными параметрами: температурой поверхностного слоя, теплопроводностью горных пород и мантийным

тепловым потоком. По результатам глубокого бурения и геотермических наблюдений было установлено, что мощность криогенной толщи достигает 1450 м. Интенсивное техногенное воздействие, связанное с перемещением в процессе циклов «откачка-закачка» в течение 25 лет более 400 млн м<sup>3</sup> высокоминерализованных дренажных вод, оказало существенное влияние на геокриологические условия территории, что потребовало проведения дополнительных специальных исследований. С точки зрения криогидрогеологической схематизации, геологическая среда была разделена автором на четыре типа пород: 1) коллекторы; 2) водоупоры; 3) криогенные водоупоры; 4) воздушно-сухие или частично льдонасыщенные породы отрицательно температурной зоны азрации. Дана характеристика и оценка мерзлотно-гидрогеологических, инженерно-геологических условий четырёх основных кимберлитовых полей.

**Глава 3** диссертации посвящена характеристике, типизации, форме нахождения в коллекторах пластовых газов в зонах динамического воздействия кимберлитовых трубок. В процессе отработки глубоких горизонтов подземным способом проблемой, требующей детального исследования, является наличие коллекторов, содержащих углеводородные газы. Вскрываемые неструктурные скопления представляют угрозу для безопасного ведения проходческих и добычных работ, т.к. газоносность пород, объём, состав и форма содержащихся газов определяют параметры вентиляции рудников, скорость горнопроходческих работ, технологические решения по опережающей дегазации массива. На всех кимберлитовых трубках было зафиксировано наличие углеводородных газов, которое обусловлено литологическими и структурно тектоническими факторами. В результате проведенных исследований была выполнена характеристика газодинамических условий непосредственно для кимберлитовых полей.

**В главе 4** рассмотрены структурно-тектонические условия и сделана оценка водопритоков в пределах шахтных полей кимберлитовых трубок. По фактическим наблюждённым и замеренным притокам выполнена

систематизация и последующая корреляция вмещающих массивов кимберлитовых трубок Айхал, Интернациональная, Мир, Удачная и Юбилейная. На основании сложности структурно-тектонического строения и амплитудности тектонических нарушений, выделены блок-зоны и оценены в их пределах водопритоки. Составлены фактические и прогнозные карты-схемы расположения зон водообильности карьерных полей месторождений.

**Глава 5** посвящена проблемам утилизации дренажных рассолов и выявлению их связи с криогидрогеологическими условиями кимберлитовых полей. В главе выполнен анализ криогидрогеологических условий эксплуатируемых участков закачки, для обоснования дополнительных к существующим критериев их размещения, включая выявление роли структурно-тектонического фактора и условий вертикальной зональности водопроводимости. Рассматриваются особенности и проблемы, возникшие в процессе эксплуатации участков, связанные, прежде всего, с прогнозированием формируемого в результате закачки репресссионного купола растекания, а также с оценкой эффективной емкости коллекторов толщи ММП и режимом работы закачных скважин.

Информация, полученная в процессе эксплуатации участков, а также при выполнении комплекса исследований, позволила не только масштабировать уже имеющиеся наработки по закачке, но и уточнить ряд поисковых критериев. В результате было обосновано, что структурно-тектонический фактор является наиболее важным при формировании полезной ёмкости используемых участков, а также определяет производительность закачных скважин и процесс формирования зон вертикальной фильтрации.

**В главе 6** рассмотрены изменения гидродинамического режима подземных вод при отработке коренных месторождений алмазов и формирование природно-техногенных водонапорных систем в процессе откачка-закачка.

Дана характеристика кимберлитовых полей, площади и степени влияния природно-техногенных систем на природную среду. Оценены радиусы депрессионных воронок от отработки трубок, которые существенно отличаются не только между собой, но и в каждом водоносном комплексе. Выполнен прогноз и даны рекомендации о подготовке дополнительных участков захоронения. Получены площадные параметры влияния откачки\закачки, оценена прогнозная суммарная площадь данных систем в период 2022–2050 гг. Автор отмечает, что структурно-гидрогеологические особенности месторождений, по сути, предопределили площадные параметры и характер формирования природно-техногенных систем в пределах изучаемой территории, а также повлияли на прогнозные изменения площади техногенного воздействия.

**Глава 7** посвящена изменению геотермического режима пород в результате формирования природно-техногенных систем при отработке коренных месторождений алмазов. Автором на основе всей имеющейся информации (1986–2022 гг.) была выполнена оценка динамики изменения температуры горных пород на участках локализованного интенсивного техногенного воздействия, связанного с функционированием систем закачки дренажных рассолов. Это позволило автору создать классификацию участков закачки, разделив их на соответствующие 5 групп.

Рассмотренные в рамках главы, выявленные закономерности изменения термического режима в пределах участков закачки подтверждают факт формирования сложных природно-техногенных геосистем, с локальной трансформацией геотемпературного режима. Дана оценка образования в пределах участков закачки, использующих второй ярус криолитозоны, техногенных водоносных горизонтов и вовлечению в этот процесс подземных льдов.

**В главе 8** рассмотрены геохимия рассолов кимберлитовых трубок как потенциал гидроминерального сырья, и проблемы выбора систем осушения и защиты от затопления. Ранее эта проблема рассматривалась рядом

исследователей. Ими отмечалась уникальность природных рассолов Западной Якутии, и подтверждалась ключевая роль гидрогеологических и литолого-фациальных, геокриологических условий, повлиявших на процессы их формирования. Автором в представленной главе выполнена оценка перспектив использования дренажных вод применительно ко всем кимберлитовым полям. Выполнен пересчёт по Далдынскому кимберлитовому полю, исходя из уточнённых параметров прогнозного притока к шахтному полю, оценен суммарный ресурсный потенциал дренажных рассолов на всем жизненном цикле обрабатываемых месторождений. Отмечено, что 97% ресурсов  $L_i$  приходится на дренажные воды рудника Удачный.

**В заключении** автор подводит итоги исследований, отмечает необходимость их продолжения с последующей локализацией в рамках отдельных кимберлитовых полей, учёте фактической гидрогеологической и газодинамической ситуации, в отдельной оценке выделяемых в толще многолетнемерзлых пород (ММП) пластов-коллекторов.

**Общая оценка диссертации.** Диссертация А. М. Янникова посвящена фундаментальным аспектам гидрогеологии криолитозоны, развитию теоретических, прикладных и методических подходов, которые опираются на детальные исследования малоизученных, сложно построенных кимберлитовых трубок Северной Якутии. Положительно, что автору удалось совместить классические методы геологии и современные мерзлотно-гидрогеологические приемы проведенных разноплановых исследований.

Диссертация представляет целостную законченную научно-исследовательскую работу, которая в полной мере обеспечена новым фактическим материалом для установления региональных особенностей мерзлотно-гидрогеологических и газодинамических условий, в том числе служащих для нормального обеспечения разработки алмазных месторождений. Защищаемые положения и новизна обоснованы, соответствуют содержанию диссертации и полностью отражены в автореферате.

Используя принципы и подходы, изложенные в работах В. М. Степанова по структурной гидрогеологии Восточной Сибири, автор применил их к Якутской алмазонасной провинции, где криогидрогеологические условия существенно отличаются не только от аналогичных криоартезианских бассейнов из-за влияния зон динамического воздействия различного типа интрузий, но и характеризуются вариативностью в пределах кимберлитовых полей и отдельных месторождений.

**Научная новизна** исследований заключается: в оценке распространения основных водоносных комплексов, осложняющих отработку месторождений алмазов, и анализе криогидрогеологических и газодинамических условий на всю глубину отработки глубоких горизонтов трубок; установлении влияния распределения разрывных нарушений на водообильность вмещающих пород в рамках карьерных и шахтных полей; выявлении закономерностей распределения углеводородных газов от фильтрационных свойств пород; оценке влияния техногенных и природных факторов на водоносные горизонты и комплексы, гидродинамический и температурный режимы криолитозоны; выявлении закономерностей трансформации мерзлотно-гидрогеологических условий в результате функционирования карьерных, шахтных водоотливов и участков закачки; разработке классификации участков закачки; обосновании принципов дегазации коллекторов, опережающего водопонижения и критериев строительства систем осушения и защиты рудников и карьеров от затопления в криолитозоне; оценки возможности и перспективы использования дренажных рассолов в качестве гидроминерального сырья для добычи лития.

**Практическая значимость** криогидрогеологического изучения Якутской алмазонасной провинции заключается в обеспечении безопасных промышленных и экологических условий на эксплуатируемых месторождениях, обосновании способов инженерной защиты выработок рудников и карьеров от возможного затопления и загазованности, а также в

накоплении опыта, необходимого при последующей отработке других месторождений.

Несмотря на общее хорошее впечатление от диссертации, у оппонента есть замечания и вопросы:

1. Технические замечания по рисункам: - Не на всех геологических картах, карто-схемах приведены масштабы (стр.145 рис. 4.4, рис.4.12., стр 155, рис. 4.14 стр.157 и др.); - С чем связано наличие английского перевода на шкалах ряда рисунков (т.2, прил.2,3, стр.5,6 и др.)?; - Некоторые подрисуночные надписи требуют уточнения («Профили по накоплению...» не понятно ЧЕГО? и др.); -на рис.5.1, 5.5 и некоторых других рисунках – нет расшифровки или самих условных обозначений; - некоторые рисунки (5.4. и др.) – требуют текстовых комментариев. На некоторых разрезах непонятным знаком отображен контур таликовой зоны, нижней границы ММП (рис. 2.6., стр. 63., рис. 2,7 стр. 68 и др.).

2. Повышенный объем диссертации на мой взгляд связан с излишним упоминанием названий регионов, месторождений, детальной информации разрезов, дополнительной информации, которая должна была быть в отдельных публикациях, ссылка на которые в значительной степени сократило бы объем работы. Названия глав, ряд предложений следовало бы сделать более лаконичными. К примеру, в названии главы 2 «Геокриологические, криогидрогеологические условия и структурно-гидрогеологические модели Алакит-Мархинского, Далдынского, Мирнинского и Накынского кимберлитовых полей», следовало бы убрать название кимберлитовых полей, так как им посвящены отдельные подглавы. Это в полной мере относится к названию глав 3,7 и ряду предложений (стр.136,143,144 и др.). Часто по тексту приводятся подробные описания блок-зон (стр.143, 144 и др.), их названия, которые далее не используются в работе. Также много внимания уделяется технологическим вопросам организации работ, и др. Эта информация на наш взгляд важна, но не в диссертации.

3. В работе часто превалирует отчетный стиль изложения. Например, в главе 3 оценка газонасыщенности излагается излишне подробно, для некоторых подробностей лучше сделать отсылку на публикации. В диссертации больше нужны выводы и их констатация. Часть описаний следовало бы заменить таблицами.

4. В работе ничего не сказано о возможности увеличения трещиноватости горных пород при проведении взрывных работ. Проводилась ли оценка влияния взрывных работ на трещиноватость и коллекторские свойства пород на изучаемых месторождениях?

5. Будут ли распространяться выявленные закономерности о том, что наиболее проводящие зоны по всему разрезу осадочной толщи приурочены к северным и северо-восточным флангам кимберлитовых трубок, а площадь максимально обводнённых участков обусловлена рангом и количеством разрывных нарушений, в пределах каждого блока месторождений?

6. Каковы перспективы решения проблемы дебалансных вод по хвостохранилищам обогатительных фабрик АЛРОСА? Насколько применимы методы обращения, рассматриваемые в рамках проведённых исследований? Как изменятся площади природно-техногенных структур при условии закачки дополнительных объемов данного типа вод?

7. Автор почему-то избегает в работе термин «Криогенная толща»? Хотя для данного региона он является наиболее правильным и понимаемым для характеристики геокриологических условий.

8. Неудачно, на наш взгляд, сформулировано третье защищаемое положение: «Отработка месторождений алмазов и закачка дренажных рассолов во второй и третий ярусы криолитозоны сформировали сложные природно-техногенные криогидрогеологические системы с локальным изменением геотермического поля, составляющего от  $-3,0$  до  $+0,85$  °C....», непонятно, что хотел показать автор приводя изменение параметра температуры?

9. Не совсем удачно применение терминов «геотермическое поле», «геотермический режим». Геотермия – это наука о температурных полях и тепловых потоках в литосфере. В работе речь идет только о температурных полях.

10. Таблица 7.3 (стр.250) в названии столбца «Степень охлаждения, °С» - следовало бы заменить на «Степень изменения температуры».

11. В главе 1, п.1.3 (стр.23-24) при освещении истории открытия Якутской алмазоносной провинции, следовало бы объединить этапы 3 и 4.

12. В главе 1, п. 1.4. (стр.47) «...По результатам проведенных исследований 2012-2017 гг. (табл. 2.2) было установлено, что мощность первого и второго яруса криолитозоны и общей мощности криолитозоны коррелируют с геоморфологическим положением наблюдательных скважин...». Из текста неясно, как и каким образом они коррелируют?

13. Какими методами получены положения нулевой изотермы и нижней границы ММП на разрезе рис. 2.12 (Стр. 75)? Есть ли в тексте работы, или ссылки на литературу, где приведены кривые полученных измерений и местоположение скважин?

14. В работе не отражены на разрезах межмерзлотные комплексы. Их мощность достигает 200 и более метров. Почему?

15. По тексту диссертации встречаются повторы. Например: «...Глубинные разломы, ....., что подтверждается не только исследованиями автора, но и результатами ранее проделанных работ (Дроздов А.В., Алексеев С.В., Иост Н.А. и др.) (Стр. 139, 155, 164, 207).

16. В работе нет полноценной методической главы, в отдельных разделах описывается методика. Почему так?

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.6.6. Гидрогеология (по геолого-

минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Янников Алексей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.6. Гидрогеология.

Официальный оппонент:

Доктор геолого-минералогических наук  
Директор Федерального Государственного бюджетного учреждения науки  
Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН

Железняк Михаил Николаевич

28.09.2026 г.

Контактные данные:

тел.:

Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация:

25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

Адрес места работы:

677010, (Республика Саха (Якутия) г. Якутск, ул. Мерзлотная, 36  
ФГБУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова Сибирского  
отделения Российской академии наук, дирекция  
Тел.: 84112 334034; e-mail: mpi@ysn.ru

Подпись М.Н Железняка удостоверяю:

Ученый секретарь

Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН

Куть А.А.

28.09.2026

Железняк  
28.09.2026 г.