

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.423.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.10.2026 № 9

О присуждении Пригаре Андрею Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений» по специальности 1.6.7 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение» принята к защите 13.07.2026, протокол заседания № 8, диссертационным советом 24.2.423.01, созданным на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, приказ о создании совета № 714/НК от 02.11.2012 г.

Соискатель Пригара Андрей Михайлович, 01 октября 1973 года рождения, в 1998 году окончил с отличием обучение в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Пермский государственный университет» с присуждением квалификации магистр по специальности «Геология» по специализации «Сейсмометрия и сейсмология», в 2003 году защитил кандидатскую диссертацию в диссертационном совете Д 004.026.01 на базе Горного института Уральского отделения Российской академии наук по специальности 25.00.16 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр» на тему «Прогноз строения и свойств горного массива на основе сейсмомоделирования».

Соискатель работает руководителем направления в научно-исследовательской лаборатории геофизики АО «ВНИИ Галургии».

Диссертация «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений» выполнена на кафедре инженерной геологии и охраны недр ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Министерства образования и науки Российской Федерации и в научно-исследовательской лаборатории геофизики АО «ВНИИ Галургии».

Научный консультант – доктор технических наук, Татаркин Алексей Викторович, профессор кафедры «Инженерной геологии и охраны недр» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (по совместительству).

Официальные оппоненты:

Кутепов Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Научный центр геомеханики и проблем горного производства, заведующий лабораторией гидрогеологии и экологии,

Еманов Александр Фёдорович, доктор технических наук, Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба» Российской академии наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией инженерной сейсмологии,

Строкова Людмила Александровна, доктор геолого-минералогических наук, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», отделение геологии Инженерной школы природных ресурсов, профессор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича» Уральского

отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом технических наук, заведующим лабораторией сейсмологии Воскресенским Михаилом Николаевичем, и утвержденным директором Козловой Ириной Анатольевной, кандидатом геолого-минералогических наук, директором ФГБУН «Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича» Уральского отделения Российской академии наук, указала, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой на основании выполненных автором исследований, решены научные задачи, имеющие значение для инженерной геологии. Диссертация содержит новые научные результаты, соответствует паспорту специальности 1.6.7 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Андрей Михайлович Пригара заслуживает присуждения искомой степени доктора технических наук по специальности 25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение». Даны рекомендации по использованию результатов исследований.

Соискатель имеет 70 опубликованных работ по теме диссертации, из них 23 в научных изданиях из перечня ВАК, 19 в изданиях, цитируемых в Scopus, получено 4 патента на изобретение, 12 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и 8 актов внедрения, издана монография,

Наиболее значимые работы

1. И.А. Санфиров, А.И. Бабкин, Г.Ю. Прийма, А.Г. Ярославцев, **А.М. Пригара**, К.Б. Фаткин. Сейсморазведочные исследования водозащитной толщи Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный журнал. – 2008. – №10. С. 45-48.

Представлены разработанные диссертантом сейсморазведочные технологии различной глубинности и детальности для сложных условий Верхнекамского калийного месторождения, обеспечивающие изучение водозащитной толщи и решение задач безопасного ведения горных работ. (Вклад соискателя – 10 %).

2. **А.М. Пригара**, А.В. Татаркин, О.Г. Пенский, Б.М. Осовецкий, А.В. Коноплев Определение физико-механических свойств грунтов при оценке состояния гидротехнических сооружений методами неразрушающего контроля // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №84. – С. 360-372.

Рассмотрена разработанная диссертантом технология сейсморазведочных работ для уточнения инженерно-геологических условий и определения физико-механических свойств грунтов при неразрушающем контроле гидротехнических сооружений, позволяющая оценивать коэффициент Пуассона и модули упругости грунтов. (Вклад соискателя – 40 %).

3. **А.М. Пригара**, А.В. Татаркин. Инженерно-геофизические исследования в неблагоприятных климатических условиях // Инженерные изыскания. – 2012. – №11. – С. 20-24.

Описана разработанная диссертантом методика инженерных электроразведочных работ в период сезонного промерзания грунтов, основанная на индуктивных методах и механизации заземления; определены параметры частично заземлённой дипольной установки и аппаратного комплекса, а также методика обработки для оценки удельного электрического сопротивления и построения моделей. (Вклад соискателя – 40 %).

4. В.П. Колесников, **А.М. Пригара**, А.В. Татаркин, А.А. Филимончиков. Инженерно-геофизические исследования на подработанных территориях // Инженерные изыскания. – 2012. – № 9. – С. 25-32.

Описана разработанная диссертантом методика инженерных исследований грунтового основания сооружений на подработанных территориях, базирующаяся на комплексе геофизических методов (сейсморазведка, электроразведка, георадар, тепловизионная съёмка) и позволяющая оценивать физико-механические свойства грунтов и выдавать рекомендации проектным организациям. (Вклад соискателя – 25 %).

5. В.П. Колесников, А.В. Коноплев, **А.М. Пригара**, А.В. Татаркин. Технология комплексных инженерно-геофизических изысканий для

диагностики состояния гидротехнических сооружений // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – №6. – С. 630.

Рассмотрена разработанная диссертантом методика оценки устойчивости и прогноза состояния гидротехнических сооружений Пермского края, включающая комплекс геофизических методов (сейсморазведка, георадар, ВЭЗ, метод естественного поля) и обеспечивающая построение физико-геологических моделей и диагностику опасных процессов. (Вклад соискателя – 25 %).

6. А.А. Жуков, **А.М. Пригара**, В.В. Тарасов, Р.И. Царев. Комплексная диагностика состояния бетонной крепи шахтных стволов калийных рудников //Горный журнал. – 2014. – №4. – С. 81–87.

Диссертантом разработана и опробована технология оценки состояния бетонной крепи шахтных стволов калийных рудников, включающая георадиолокационное, тепловизионное и акустическое обследования, с созданием инженерно-геофизической модели и выявлением опасных участков за крепью. (Вклад соискателя – 30 %).

7. **А.М. Пригара**, Р.И. Царев, А.В. Коноплев, О.Г. Пенский, Б.М. Осовецкий. Инженерно-геологическая оценка гидротехнических сооружений методами неразрушающего контроля //Фундаментальные исследования.–2014.– №11–2.–С. 348–352.

Рассмотрена разработанная диссертантом технология сейсморазведочных работ для уточнения инженерно-геологических условий и определения физико-механических свойств грунтов при неразрушающем контроле гидротехнических сооружений, опробованная на более чем десяти объектах Пермского края. (Вклад соискателя – 40 %).

8. А. А. Жуков, **А. М. Пригара**, И. Ю. Пушкарева, Р. И. Царев. Опыт применения комплекса геофизических методов для выявления карстовых полостей в отвалах калийных рудников // ГИАБ. – 2015. – №5. – С. 120–130.

Описана разработанная диссертантом методика выявления участков карстообразования в отвалах калийной промышленности, включающая

вертикальное электрическое зондирование и метод отражённых волн (МОГТ) и апробированная для поиска и оконтуривания карстовых полостей в солеотвалах. (Вклад соискателя – 30 %).

9. **А.М. Пригара**, А.А. Жуков, Р.И. Царев, И.Ю. Шусткина. Способ шахтной сейсморазведки для изучения особенностей геологического строения ВКМС // ГИАБ. – 2019. – №4. – С. 121–136.

Описан разработанный диссертантом способ шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений (ПВРО), позволяющий строить детальные модели горного массива за счёт меньшей длины поперечных волн; приведены результаты опробования методики полевых работ и разделения отражений из разных полупространств. (Вклад соискателя – 60 %).

10. А.А. Жуков, **А.М. Пригара**, Р.И. Царев, И.Ю. Шусткина, В.А. Ворошилов. Влияние направленности источников и приемников на результаты шахтной сейсморазведки // Геофизика. – 2019. – №5. – С. 26–36.

Представлены результаты исследований диссертанта по влиянию направленности источников и приёмников на данные шахтной сейсморазведки; установлено, что наиболее информативен соосный вариант, обосновано расположение источника и приёмников, показана эффективность поперечных волн и бесперспективность продольных для изучения инженерно-геологических условий. (Вклад соискателя – 25 %).

11. **Пригара А.М.** Особенности применения способа шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений // Известия СО секции наук о Земле РАЕН. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. – 2019. – Т. 42. – №2. – С. 176-184.

Описаны результаты исследования диссертантом искажений отражённых сигналов при разделении отражений из разных полупространств; на основе моделирования определено оптимальное расстояние между линиями приёма ($\frac{1}{4}$ длины волны), что позволило усовершенствовать методику полевых работ и обработки для повышения детальности моделей. (Вклад соискателя – 100 %).

12. **А.М. Пригара**, А.А. Жуков, Р.И. Царев, Ю.А. Кашников. Решение задач эксплуатационной разведки и повышения безопасности горных работ с помощью шахтной сейсморазведки способом ПВРО // Горный журнал. – 2021. – №4. – С. 23–27. DOI 10.17580/gzh.2021.04.02.

Описана оценка возможностей разработанного диссертантом метода шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений для инженерно-геологических изысканий и эксплуатационной разведки на Верхнекамском месторождении солей; показано повышение эффективности и получены новые геологические сведения (складчатость, эрозионные врезы и др.). (Вклад соискателя – 70 %).

13. Р.И. Царев, А.А. Жуков, **А.М. Пригара**, Д.Н. Шкуратский. Технология и особенности проведения поверхностной сейсморазведки на Верхнекамском месторождении солей // Горный журнал. – 2021. – №4. – С. 17–26.

Описаны результаты разработки диссертантом технологии поверхностной сейсморазведки в условиях Верхнекамского месторождения солей, включая обоснование применения импульсного порохового источника для глубин 0–400 м и получение детальных инженерно-геологических моделей. (Вклад соискателя – 25 %).

14. **А. М. Пригара**, А. А. Жуков, Р. И. Царев, В. А. Ворошилов. Решение горнотехнических задач на месторождении калийных солей методами геофизики // ГИАБ. – 2022. – №5. – С. 82–91.

Описан разработанный диссертантом рациональный геофизический комплекс для изучения горно-геологических условий в районе проектируемых гидроизолирующих сооружений на Верхнекамском месторождении солей; комплекс позволил определить гипсометрию пласта маркирующих глин и выявить ограничения, связанные с поверхностными условиями. (Вклад соискателя – 30 %).

15. **А.М. Пригара**, Д.С. Грибков, В.Н. Аптуков, Р.И. Царев, А.А. Жуков. Эрозионные врезы в солях. Обнаружение шахтной сейсморазведкой и

геомеханическое обоснование их природы // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 2. – С. 72–85.

Представлены результаты обнаружения диссертантом ранее не зафиксированных на Верхнекамском месторождении эрозионных врезов в кровле соляных поднятий, дано их геомеханическое обоснование; показано, что разработанный способ шахтной сейсморазведки повышает детализацию и достоверность геологических моделей и снижает риск аварий. (Вклад соискателя – 40 %).

16. **А.М. Пригара**, А.А. Жуков, Р.И. Царев, М.В. Скопинов. Мониторинг гидроизолирующих целиков на месторождениях солей // Горный журнал. – 2024. – №12. – С. 50–57.

Диссертантом обоснована необходимость мониторинга гидроизолирующих целиков на месторождениях солей и разработана методика шахтных сейсморазведочных работ на двух типах волн для определения физико-механических и прочностных характеристик пород и отслеживания изменений целиков во времени. (Вклад соискателя – 70 %).

17. **А.М. Пригара**, А.В. Татаркин, П.А. Красильников, С.Г. Ашихмин. Оценка устойчивости и физического состояния гидротехнического сооружения на р. Очер (Пермский край) // Известия Тульского государственного университета. – 2025. – №1. – С. 666-681.

Приведены результаты комплексных геофизических исследований по выявлению ослабленных зон гидротехнического сооружения в г. Очер Пермского края; разработана и опробована методика комплексной геофизической оценки физических и физико-механических свойств грунтового массива плотины, рекомендованная для других гидротехнических сооружений. (Вклад соискателя – 30 %).

Издания, цитируемые в Scopus:

18. I. Sanfirov, A. Yaroslavtsev, G. Prima, A. Babkin, **A. Prigara**. Seismic wave images for different stages of the karst process development // 67th European

Association of Geoscientists and Engineers: EAGE Conference and Exhibition, incorporating SPE EUROPE2005. – 2005. – P. 2427–2430

Продemonстрированы возможности малоглубинной сейсморазведки для изучения карстовых процессов; диссертантом установлена связь между геологическими формами карста и изображениями сейсмических волн, подтверждённая бурением. (Вклад соискателя – 20 %).

19. I.A. Sanfirov, **A.M. Prigara**, Y.I. Stepanov, G.N Timofeeva. Near surface geophysical investigation of the 16th century fortress deformation reasons // Saint Petersburg 2006 International Conference and Exhibition. – 2006. – P. 113-122.

Описаны результаты разработки и опробования диссертантом рационального геофизического комплекса (малоглубинная сейсморазведка, многоканальные акустические и радиолокационные исследования) для изучения инженерно-геологических условий и выявления опасных процессов в сложных инженерных сооружениях; комплекс показал высокую эффективность на историческом объекте. (Вклад соискателя – 30 %).

20. А.А. Жуков, **A.M. Пригара**, Р.И. Царев, И.Ю. Шусткина. Применение геофизических методов для выявления ослабленных зон в солевых калийных рудниках // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика 2018». – 2018.

Диссертантом разработана и опробована двухстадийная технология инженерно-геофизических исследований для выявления ослабленных зон в солевых: на первом этапе — сейсморазведка МОГТ и 2D электротомография, на втором — 3D электротомография для детализации опасных участков. (Вклад соискателя – 30 %).

21. **A.M. Пригара**, Р.И. Царев, А.А. Жуков. Возможности шахтной сейсморазведки на поперечных волнах // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика 2019». – 2019.

Диссертантом установлено, что в шахтных условиях при вертикальной ориентации источников и приёмников отражения приходят в горизонтальном

направлении на поперечных волнах; моделирование показало более высокое разрешение поперечных волн по сравнению с продольными, а регистрируемый сигнал является интерференцией отражений из двух полупространств, что определило направление дальнейших исследований — разработку метода ПВРО. (Вклад соискателя – 40 %).

22. **А.М. Пригара**, Р.И. Царев, А.В. Глухих, А.А. Жуков, Ю.Н. Морошкина,. Геологическое обоснование результатов шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений ПВРО // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика 2020». – 2020.

Диссертантом выполнено обоснование объективности инженерно-геофизических моделей, получаемых методом шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений; показана высокая корреляция с данными проходки горных выработок, что позволяет использовать геофизические данные для уточнения инженерно-геологических условий. (Вклад соискателя – 30 %).

23. **А.М. Пригара**, В.Н. Аптуков, Р.И. Царев, В.А. Ворошилов, А.А. Жуков. Исследование процесса распространения волн при сейсмоакустических воздействиях в породном массиве методами математического моделирования // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика 2020». – 2020.

Диссертантом экспериментально установлено, что в соляном массиве отражённые продольные волны не регистрируются, а поперечные регистрируются как прямые и отражённые; это подтверждено математическим моделированием в ANSYS, что теоретически обосновало ранее полученные практические результаты. (Вклад соискателя – 40 %).

24. **А. М. Пригара**. Особенности обработки данных шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений // Материалы конференции EAGE «Инженерная и рудная геофизика 2020». – 2020.

Диссертант исследовал параметры отражённых сигналов и характер искажений при разделении отражений из разных полупространств в шахтных сейсморазведочных работах; по итогам разработана оптимальная методика полевых работ и обработки для высокодостоверного изучения инженерно-геологических условий. (Вклад соискателя – 100 %).

25. **А. М. Пригара**, В.А. Ворошилов, А.А. Жуков, Р.И. Царев, И.Ю. Пушкарёва. Совершенствование технологии шахтной сейсморазведки // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика 2021». – 2021.

Диссертантом описаны пути совершенствования разработанного им высокоразрешающего метода шахтной сейсморазведки и программа ЕJ для сопровождения полевых работ, контроля качества материала и автоматического формирования геометрии. (Вклад соискателя – 30 %).

26. Yu A Kashnikov, D V Shustov, A O Ermashov, O O Lebedeva, A A Zhukov, **A M Prigara**. Solving the problems of exploitation safety of potassium salt deposit based on joint application of geophysical and geomechanical studies // IOP Conference Series: Earth And Environmental Science. – 2021. – P. 012084.

Описаны результаты разработки диссертантом научного подхода к обеспечению безопасности месторождений калийных солей на основе совместного использования геофизики и геомеханики; установлена корреляция между скоростью упругих волн в солях и их прочностными характеристиками, подход апробирован на руднике Верхнекамского месторождения для оценки напряжённо-деформированного состояния и локализации опасных участков. (Вклад соискателя – 10 %).

27. Р.И. Царев, **А.М. Пригара**, В.А. Ворошилов. Методика выделения геологических неоднородностей при проведении поверхностной сейсморазведки основанная на конечно-разностном численном моделировании // Материалы международной научно-практической конференции «Инженерная и рудная геофизика 2021». – 2021.

Диссертантом исследована взаимосвязь геологических неоднородностей и изменений атрибутов сейсмической записи на основе моделирования по данным акустического каротажа; разработано программное обеспечение AtAn для корреляционного анализа атрибутов, установлен характер влияния неоднородностей, что определяет возможность изучения инженерно-геологических условий сейсморазведкой. (Вклад соискателя – 30 %).

28. V.A. Voroshilov, V.I. Kostitsyn, A.A. Zhukov, **A.M. Prigara**, R.I. Tsarev, I.Yu. Pushkareva. Integration of Surface and Mine Gravity Data for Localization Structural Faults on the Verkhnekamskoe Potassium-Magnesium Salt Deposit // Science and Global Challenges of the 21st Century – Science and Technology. Springer. – 2021. – С. 304–311.

Диссертантом рассмотрена возможность локализации эрозионных врезов, представляющих угрозу безопасности горных работ, на основе совместного анализа наземных и шахтных гравитационных данных; показано, что комбинированный анализ двухуровневых исследований позволяет локализовать такие врезы на Верхнекамском месторождении солей. (Вклад соискателя – 20 %).

29. **A. M. Prigara**, D. S. Gribkov, A. A. Zhukov, R. I. Tsarev. Detailed study of structure and composition of waterproof strata by mine seismic survey at the Verkhnekamskoe salt deposit // Eurasian Mining. – 2023. – No. 2. – P. 18-22.

Диссертантом опубликованы новые геологические сведения, полученные методом шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений; впервые для Верхнекамского месторождения солей показана возможность выявления ритмопачек, выклинивания и замещения карналлитовых пород, а также складчатости, что повышает детализацию и достоверность моделей и снижает риски аварий. (Вклад соискателя – 50 %).

30. R.I. Tsarev, **A. M. Prigara**, A. A. Zhukov. Monitoring of geological environment during mining using land and in-mine seismic surveys // Eurasian Mining. – 2024. – No. 2. – P. 17-21.

Диссертантом оценена возможность мониторинга геологической среды при горных работах с помощью наземной и подземной сейсморазведки; установлена корреляция основных отражающих границ, определены преимущества и ограничения методов: наземная сейсморазведка эффективна для выявления сильных просадок и деформаций, шахтная — для высокодетального мониторинга слабых изменений. (Вклад соискателя – 35 %).

31. Р.И. Царев, Д.С. Грибков, **А.М. Пригара**, А.А. Жуков. Уточнение представления о тектонике Верхнекамского месторождения солей по данным сейсморазведки // Вестник ПГУ. Геология. - 2026. - № 1.

Диссертантом рассмотрены неизвестные ранее сведения о тектонике Верхнекамского месторождения солей, полученные малоглубинной наземной взрывной сейсморазведкой МОГТ на участке выклинивания соляной толщи; результаты существенно уточняют данные предыдущих исследователей. (Вклад соискателя – 15 %).

32. **А.М. Пригара**, А.В. Татаркин, В.В. Середин. Геолого-геофизические модели и методики оценки устойчивости природно-технических систем при подземной разработке месторождений солей. // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. -2026. - №1 (41). -С. 19-36.

Автором рассмотрены разработанные диссертантом геолого-геофизические модели и методики оценки устойчивости природно-технических систем при подземной разработке месторождений солей; приведены сведения о методе шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений и методиках оценки устойчивости водозащитной толщи и гидроизолирующих целиков. (Вклад соискателя – 60 %).

Монографии:

33. **Пригара, А.М.**, Царев, Р.И., Ворошилов В. А., Жуков А. А. Шахтная сейсморазведка на месторождениях солей (на примере ВКМС) // ООО «Меркурий-каталог». – Пермь. – 2024. – 182 с. – ISBN 978-5-6045058-5-4.

В монографии приведены результаты теоретических и практических исследований диссертанта по распространению упругих волн в калийных шахтах, обобщение которых позволило разработать новый высокоэффективный метод шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений; обоснованы методики полевых работ и обработки, показана высокая достоверность сейсмогеологических моделей и приведены новые сведения о геологическом строении ВКМС. (Вклад соискателя – 40 %).

Патенты на изобретения:

38. **А.М. Пригара**, А.А. Жуков, Р.И. Царев, И.Ю. Шусткина, В.А. Ворошилов. Способ шахтной сейсмической разведки //Патент на изобретение RU 2709415 С1. – 2019.

В патенте описывается разработанный диссертантом способ шахтной сейсморазведки на поперечных волнах. Способ позволяет существенно повысить детальность формируемых инженерно-геологических моделей горного массива, выявлять участки опасных процессов. (Вклад соискателя – 40 %).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв ведущей организации ФГБУН «Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича» Уральского отделения Российской академии наук. Отзыв положительный. Замечания:

1. При описании методики прогноза состояния гидроизолирующих целиков автор использует корреляционные зависимости между скоростями упругих волн и прочностными характеристиками, полученными другими исследователями. В работе не приведены собственные результаты лабораторных определений физико-механических свойств пород, что несколько

снижает обоснованность перехода от динамических параметров к статическим. Было бы целесообразно представить результаты хотя бы выборочных определений для подтверждения применимости используемых корреляций к условиям конкретных объектов.

2. В третьей главе при обосновании природы эрозионных врезов автор использует геомеханические расчеты для упругих слоев. Однако соляные породы обладают ярко выраженными реологическими свойствами, и их деформации во времени могут существенно отличаться от упругих. В работе не приведено обоснования применимости упругой модели для оценки деформаций, происходящих в геологическом масштабе времени. Желательно было бы обсудить влияние ползучести на формирование трещин отрыва.

3. В четвертой главе при районировании территории по риску наличия опасных процессов автор использует данные по значительному количеству скважин. Однако литологические колонки по этим скважинам не приведены. Было бы целесообразно привести данные по характерным скважинам, по которым можно было бы проследить защищаемые в третьем положении закономерности распределения инженерно-геологических характеристик разреза.

4. В работе приведены результаты мониторинга гидроизолирующего целика за четыре года, показавшие уменьшение его ширины на 9 м. При этом не обоснована и не указана периодичность наблюдений и не приведены данные о точности определения ширины на каждом этапе. Это затрудняет оценку достоверности выявленных изменений. Желательно было бы представить результаты многократных определений с оценкой погрешности.

Отзыв официального оппонента Кутепова Юрия Ивановича. Отзыв положительный. Замечания:

1. Методика экспериментальных работ. В диссертации приведены результаты натурных экспериментов с применением различных типов креплений сейсмоприемников. Вместе с тем в тексте не отражена процедура отбраковки результатов, полученных при использовании стандартных и

нестандартных (прижимных, штыревых) креплений. Кроме того, отсутствуют сведения о частотных характеристиках применявшихся датчиков и их соответствии заявленному частотному диапазону регистрации (до 1700 Гц). Также недостаточно полно описана процедура синхронизации сигналов при двухлинейной системе возбуждения.

2. Обоснование выбора окна атрибутивного анализа. В диссертации не обоснован выбор окна 10-20 мс с позиции соотношения временного разрешения и стабильности спектральных оценок. Не показано влияние варьирования длины окна (например, 5-30 мс) на чувствительность атрибутов к эрозионным врезам и инверсионному рельефу. Отсутствие обоснования снижает воспроизводимость методики.

3. По методике районирования (Глава 4). В работе предлагается формализованный показатель риска наличия опасных процессов (Р), основанный на суммировании нормированных признаков. Однако различные признаки имеют различную прогностическую значимость. Автор применяет равновесовой подход (среднее арифметическое), что может приводить к занижению или завышению итогового риска. Считаю необходимым пояснить, чем обусловлен выбор равных весов для всех признаков, и рассматривался ли вариант применения корреляционных или экспертных весов.

4. Переход от динамических модулей упругости к статическим (Глава 5). Для корректировки динамического модуля использована корреляционная зависимость между скоростью продольной волны и статическим модулем по данным лабораторных испытаний. Желательно уточнить характеристики выборки (количество образцов, разброс данных, литологические разности), а также учесть возможное влияние масштабного эффекта при переносе результатов с образцов на массив.

5. По методике ввода поправок за рельеф выработок. В графе обработки данных присутствует процедура ввода поправок за рельеф выработки в глубинном масштабе. Однако при наличии интенсивной складчатости и сложной геометрии кровли выработки, использование интерполяции рельефа с

шагом точек ОГТ может привести к искажениям. Прошу уточнить, какова погрешность ввода данных поправок и как она влияет на конечную точность структурных построений в условиях высокой складчатости.

6. Терминологический аппарат. Автором определены ключевые понятия, однако в Главе 3 вводится «геофизическая модель» как промежуточный конструкт между данными сейсморазведки и инженерно-геологической моделью. Для устранения терминологической неопределённости желательно эксплицировать различия между этими моделями и их функциональную роль в оценке устойчивости ПТС.

7. Прогноз состояния гидроизолирующих целиков. Линейная регрессия по 5-летнему ряду, вероятно, обусловлена ограниченностью данных, однако для обоснованной экстраполяции до 2050 г. необходимо прояснить: применимость линейного приближения к ползучести солей, учёт влияния соседних панелей, доверительные интервалы и критические пороги деформаций, сигнализирующие о риске.

Отзыв официального оппонента **Еманова Александра Федоровича**.
Отзыв положительный. Замечания:

1. В работе детально описан метод шахтной сейсморазведки ПВРО и показана его высокая эффективность для изучения ВЗТ. Однако не в полной мере рассмотрены ограничения метода, связанные с геометрией горных выработок, наличием техногенных объектов, которые могут создавать интенсивные волны-помехи. Также остаются открытыми вопросы о применимости метода в условиях сильной трещиноватости или при наличии зон с аномально низкими скоростями упругих волн.

2. В диссертации разработаны уникальные подходы к изучению среды поперечными волнами, но нет ни слова о том, что поперечные волны бывают по поляризации SV и SH. Рассмотренные вопросы возбуждения волн источником с направленной силой возбуждают и те и другие поперечные волны, и есть возможность использовать оба типа волн как для селекции, так и для получения дополнительной информации.

3. В главе 5 для оценки состояния гидроизолирующих целиков используются корреляционные зависимости между скоростями упругих волн и прочностными характеристиками, полученные другими исследователями. Автор предлагает способ приведения динамических модулей упругости к статическим. Следовало бы более подробно обосновать универсальность этих корреляций для разных литологических типов пород (сильвинит, карналлит, каменная соль) и для различных условий напряженно-деформированного состояния массива.

4. В работе используется широкий спектр сейсмических атрибутов для выявления зон с опасными процессами. Но выбор конкретных атрибутов и пороговых значений (выход за 2σ) обоснован эмпирически на ограниченном наборе участков. Желательно было бы провести более систематический анализ чувствительности различных атрибутов к изменению инженерно-геологических условий и разработать рекомендации по выбору оптимального набора атрибутов для разных типов геологических задач.

5. В представленной диссертации сформулировано десять задач и только четыре защищаемых положения. Некоторые из задач легко объединяются в одну, например: задачи 3 и 4, а последняя 10 задача: апробация и внедрение результатов исследований, скорее не задача, а как пункт из плана работ.

6. В заключении к диссертации соискатель великолепно изложил результаты своей работы, но не высказался о перспективах дальнейшего развития созданного им метода.

Отзыв официального оппонента Строковой Людмилы Александровны. Отзыв положительный. Замечания:

1. Разумно привести перечисление разрушительных процессов (притоки, провалы и др.), предложить количественные критерии в сценариях развития моделей. Хотелось бы увидеть привязки моделей к реальности. Сколько площади в реальности занимают аномальные участки от площади ВКМС? Провести ранжирование процессов по опасности, по объему ущерба от них.

2. Результаты численных экспериментов в программах Ansys, Tessler и FS представлены без верификации данными мониторинга. У каждой модели должен быть реальный прообраз, как на рис. 37. Предполагаю, что геологическое строение месторождения достаточно сложное, поэтому требуется типизация обстановок, геологических разрезов, для которых разработаны модели или будут созданы.

3. Используемые понятия «инженерно-геологический элемент» и «расчетный элемент» не подтверждены статистическими критериями (по ГОСТ 20522) или ссылками на технические отчеты по изысканиям.

Не приведены значения механических характеристик соляных толщ, например, модуля упругости E (табл. 3, уравнения 24-27). Из описания сжатия и растяжения образцов сильвинита и карналлита на стр. 170 непонятно, сколько образцов подверглось испытаниям.

4. Противоречиво изложены цель работы, объект и предмет исследований, с точки зрения взаимосвязанности входящих в рассмотрение компонентов. Так, в «цели работы: разработка научно-методических основ оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем для обеспечения безопасного строительства и эксплуатации зданий и сооружений при подземной разработке соляных месторождений», а в «объекте исследований: природно-технические системы, включающие в себя инженерно-геологические массивы, и взаимодействующие с ними подземные сооружения». Появляется вопрос, включает ПТС только подземные сооружения или также здания и сооружения на поверхности подработанных территорий (как представлено на рис. 5, 6, 7, 12).

5. При характеристике ВКМС, вероятно, был бы уместен сравнительный анализ собственных результатов с другими исследованиями, другими соляными разработками.

6. Недостаточно освещен вопрос изменения инженерно-геологических условий рассматриваемой территории и месторождения в зависимости от

регионального фактора — геодинамической (неотектонической) активности и связанной с ней сейсмической активности.

7. Некорректное использование некоторых терминов, например, «геомеханические характеристики массивов горных пород» или природно-техническая система «инженерно-геологический массив — подземные сооружения».

8. Замечания редакционного плана — встречаются опечатки и ошибки согласования слов в предложениях.

На автореферат поступили 23 положительных и 1 отрицательный отзыв от:

1. Доктор геолого-минералогических наук, Васьков Игорь Михайлович, доцент, профессор «Кафедры прикладной геологии и нефтеразведочного дела» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт», г. Владикавказ.

- В тексте монографии присутствуют понятия «опасные геологические процессы», «опасные процессы», «разрушительные геологические процессы», «изменения инженерно-геологического состояния», но они не связаны смысловым ранжированием, а отсюда возникают проблемы с пониманием их места в развитии ПТС.

- Хорошо выполненные иллюстрации с трудом «читаются» из-за отсутствия общепринятых в геологии условных обозначений, а проставленные буквенно-цифровые символы не имеют расшифровки, что делает практически недоступным адекватное восприятие «геологического» смысла изображений.

- В классификации состояния ПТС указаны разломы, трещины и другие структурные элементы, изначально обусловленные галокинезом, но они не показаны на рисунках и не описаны в тексте автореферата.

2. Доктор технических наук, Виноградов Юрий Анатольевич директор ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН», г. Обнинск.

- Недостаточно подробно освещены вопросы метрологического обеспечения разработанных методик. Не указаны пределы погрешностей при определении физико-механических характеристик по сейсмическим атрибутам.

- Следовало бы более четко обосновать границы применимости метода ПВРО в зависимости от горно-геологических условий.

3. Доктор геолого-минералогических наук, Вязкова Ольга Евгеньевна, доцент, профессор кафедры инженерной геологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе», г. Москва.

- В чём заключается физическая причина невозможности регистрации отражённых волн от вышележащих и нижележащих границ при использовании вертикально-направленного источника в условиях полного пространства?

- Каков механизм разделения интерферирующих отражений из разных полупространств при применении двухлинейной системы возбуждения?

4. Доктор геолого-минералогических наук, Глазунов Владимир Васильевич, доцент, профессор кафедры геофизики, кандидат геолого-минералогических наук, Данильев Сергей Михайлович, доцент, доцент кафедры геофизики, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург.

- В тексте автореферата отсутствует информация о физических свойствах массива, которые применял автор, что ограничивает представление о скоростных и упругих характеристиках массива и способах определения их значений.

- Сложно оценить взаимосвязь аномалий геологического строения с сейсмическими атрибутами ввиду отсутствия их количественных характеристик. Например, одним из геофизическим признаком автор использует анализ снижения амплитуды сигнала, но не указывает величину изменений данного атрибута.

- При физико-механическом моделировании гидроизолирующего целика на основе пересчета сейсмических атрибутов стоит отметить, что полученные

модули упругости динамические и в условиях сильно нарушенного массива не отражают реальные прочностные характеристики массива.

5. Доктор геолого-минералогических наук, Долгих Юрий Николаевич, ученый секретарь ООО «НОВАТЭК НТЦ», г. Тюмень.

- Желательно уточнить, насколько устойчив критерий выхода сейсмических атрибутов за пределы 2σ при изменении качества исходных данных, плотности наблюдений, уровня шумов и параметров обработки.

- Желательно дополнительно рассмотреть пределы применимости линейного прогноза и условия, при которых он должен заменяться более сложными геомеханическими моделями.

- Вопрос применимости разработанных методик к другим соляным месторождениям с отличающимися геологическими, тектоническими и горнотехническими условиями требует дополнительного обсуждения. В частности, важно обозначить, какие параметры метода ПВРО являются универсальными, а какие требуют объектной калибровки.

6. Профессор, доктор технических наук, Ермолович Елена Ахмедовна профессор кафедры прикладной геологии и горного дела, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород.

- В работе не в полной мере рассмотрены возможности метода для оценки состояния других не менее важных элементов ПТС, например, междукамерных целиков или массива пород в зоне очистных выработок. Расширение области применения метода могло бы повысить его универсальность.

- В автореферате не приведены количественные критерии для отнесения ПТС к тому или иному состоянию по каждому из признаков, что затрудняет её практическое применение без дополнительной методической документации.

- В работе не указано, учитывалась ли изменчивость свойств пород во времени под влиянием техногенных факторов (например, ползучесть, релаксация напряжений), что могло бы повлиять на долгосрочный прогноз устойчивости ПТС и вызывало бы научный интерес.

7. Доктор технических наук, Ефремов Владимир Николаевич, старший научный сотрудник, ФГБУН «Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения РАН», г. Якутск.

- На показанных в рисунке 3 сейсмических разрезах наблюдаются отражения от геологических границ не только для поперечных, но для продольных тоже, хотя и более ослабленные. Продольные волны могли бы быть использованы для получения сводного разреза, на некоторых участках.

8. Профессор, доктор физико-математических наук, Заалишвили Владислав Борисович, научный руководитель, заведующий отделом геофизики, инженерной сейсмологии и геоинформатики, Геофизический институт - филиал ФГБУН «Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр РАН», г. Владикавказ.

- Практически не приведены количественные данные о физико-механических свойствах пород, слагающих эти структурные элементы, что необходимо для полной геомеханической оценки устойчивости и построения прогнозных деформационных моделей.

- Предложенная методика прогноза состояния гидроизолирующих целиков основана на корреляционных связях между упругими параметрами и пределом прочности. Однако в тексте не указаны погрешности таких корреляций и не представлены данные о влиянии минералогического состава солей (калийные, магниевые, натриевые) на точность прогноза, что может ограничивать применимость методики для разных типов соляных месторождений.

- Разработанные классификации состояний ПТС (таблицы 3 и 5) используют дискретные границы параметров (например, мощность ВЗТ более 70 м, от 70 до 20 м, менее 20 м), однако не приводится обоснование выбора именно этих пороговых значений с учётом возможных вариаций горно-геологических условий.

- При описании гидроизолирующих перемычек (стр. 28-29) говорится о невозможности установки контролирующих устройств в ликвидируемой части

шахтного поля, однако не рассматриваются возможные альтернативные методы дистанционного контроля (например, электромагнитные или георадарные методы), которые могли бы дополнить сейсмический мониторинг.

9. Профессор, доктор геолого-минералогических наук, Игнатов Петр Алексеевич, заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых, ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени С. Орджоникидзе», г. Москва.

- В автореферате недостаточно полно раскрыты ограничения разработанного метода ПВРО в сложных горно-геологических условиях, например, при наличии сильно нарушенных зон с высоким поглощением упругих волн. В тексте упоминается проблема интерференции отражений из разных полупространств, но не приведены конкретные количественные критерии применимости метода в зависимости от акустической жесткости границ и уровня шумов.

- Для мониторинга гидроизолирующих целиков предлагается использовать комплекс сейсмических атрибутов (таблица 4), однако не указаны пределы изменения этих атрибутов, соответствующие критическому состоянию целика. Не показана связь между изменением сейсмических атрибутов и конкретными физико-механическими процессами.

- В начале автореферата надо было привести расшифровку сокращений, что сильно облегчило бы восприятие иллюстраций, особенно разрезов на рис. 5, 6 и др.

10. Профессор, доктор технических наук, Кашников Юрий Александрович, заведующий кафедрой маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем, профессор, доктор технических наук, Ашихмин Сергей Геннадьевич профессор кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

- Для условий горизонтальной плоскости (мониторинг гидроизолирующих целиков) в автореферате не указаны предельные

геометрические размеры целиков, при которых метод ПВРО сохраняет свою разрешающую способность и достоверность результатов.

- В четвертом защищаемом положении соискателем приведены некорректные формулы для вычисления физико-механических свойств горных пород, и описка в таблице № 8. По всей видимости, это вызвано технической ошибкой при оформлении диссертации и автореферата, поскольку в целом предложенная методика контроля и мониторинга целиков остается полностью корректной, как с научной, так и с практической точки зрения.

11. Профессор, доктор технических наук, Конешов Вячеслав Николаевич, руководитель научного направления, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва.

- Не приведены оценки погрешностей определения геометрических и физико-механических параметров, получаемых методом ПВРО. Это важно для обоснования достоверности мониторинга (например, при фиксации уменьшения мощности целика на 9 метров).

- В работе отсутствует сравнение предлагаемого метода ПВРО с другими высокоразрешающими методами шахтной геофизики (например, с сейсмоакустикой или электромагнитными методами) по критериям информативности и экономической эффективности.

- Автором не обсуждается вопрос о влиянии масштабного фактора и анизотропии свойств соляных пород на результаты пересчета упругих параметров в прочностные. Это ограничивает область применения предлагаемых корреляционных зависимостей.

- В автореферате встречаются стилистические погрешности, например, в некоторых фрагментах текста присутствуют повторы, что затрудняет восприятие отдельных разделов.

12. Доцент, доктор технических наук, Коробова Ольга Александровна, профессор кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», г. Новосибирск.

- Из автореферата диссертации не ясно в чем заключалась разработанная методика прогноза состояния геотехнических массивов с заданными прочностными и деформационными характеристиками.

- Возник вопрос о возможности учета деформационной и прочностной анизотропии в проведенных исследованиях.

13. Доцент, доктор геолого-минералогических наук, Латыпов Айрат Исламгалиевич, профессор кафедры общей геологии и гидрогеологии, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань.

- Не в полной мере раскрыты возможности метода ПВРО для решения других инженерно-геологических задач на соляных месторождениях, например, для изучения физико-механических свойств вмещающих пород в зонах тектонических нарушений или для контроля состояния подземных выработок в процессе их эксплуатации.

- В третьем и четвертом защищаемых положениях автор оперирует таким понятием, как «выход сейсмических атрибутов за пределы 2σ ». Следует пояснить, какое распределение имеется в виду (нормальное или иное) и каким образом обоснован выбор именно двух среднеквадратических отклонений в качестве порогового значения для выделения аномалий.

- В автореферате не указано, проводились ли исследования на других соляных месторождениях, и насколько универсальны предложенные подходы для месторождений с иными геологическими условиями.

14. Член-корреспондент Российской академии наук, доктор технических наук Маловичко Алексей Александрович, главный научный сотрудник ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба РАН», г. Обнинск.

- В автореферате недостаточно полно отражена верификация метода ПВРО за пределами Верхнекамского месторождения.

- Не приведён анализ погрешностей определения упругих параметров и их влияния на прогнозные оценки состояния гидроизолирующих целиков и устойчивости природно-технических систем.

15. Доктор технических наук, Морочко Александр Федорович, профессор кафедры геофизики, ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. С. Орджоникидзе», г. Москва.

- без замечаний.

16. Доктор геолого-минералогических наук Ольнева Татьяна Владимировна, главный геофизик, ООО «ГеоПрайм», г. Санкт-Петербург.

- Замечание относительно использования термина «инверсионный рельеф». В модели изначально в пластах не наблюдается отрицательной формы, которая бы впоследствии инверсии преобразилась в положительную структуру. Само по себе возникновение положительной формы не соответствует классическому пониманию инверсионной структуры в геоморфологии или тектонике.

- Следует заметить избыточность амплитудных атрибутов (среднеквадратичная амплитуда, максимальная амплитуда, средняя амплитуда), которые скорее всего дублируют друг друга, поэтому для процесса классификации достаточно одного из них.

- В качестве замечания можно отметить отсутствие данных опробования разработанных подходов на других подобных месторождениях.

17. Профессор, доктор геолого-минералогических наук, Путилов Иван Сергеевич, руководитель по геологическому сопровождению проектов Пермского региона и Республики Коми, ООО «Лукойл-Инжиниринг», г. Пермь.

- Ключевым преимуществом метода ПВРО является заявленная разрешающая способность 1-2 м. Однако в тексте автореферата недостаточно раскрыто, как эта цифра подтверждается экспериментально на реальных объектах ВКМС.

18. Доктор технических наук, доцент, Размахнин Константин Константинович, заведующий филиалом, Читинский филиал ФГБУН Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения РАН, г. Чита.

- При обосновании перехода от сейсмических скоростей и упругих констант к пределу прочности на сжатие и степени нагружения целиков автор

ссылается на корреляционные зависимости, полученные другими исследователями (Кашников Ю.А., Лебедева О.О., 2023). Однако в автореферате не приведены ни сами корреляционные уравнения, ни оценки их погрешности для конкретных литологических разностей соляных пород, что затрудняет независимую проверку точности расчётов.

- При районировании территории по риску опасных процессов (рис. 10) используются только данные бурения (более 1000 скважин), но не уточнено, учитывалась ли неравномерность их пространственного распределения и как это влияет на достоверность карт в слабо изученных зонах.

- В работе детально проработана методика мониторинга гидроизолирующих целиков, но практически не затронут вопрос о предельных сроках их службы при длительном воздействии рассолов и изменяющихся горно-геологических условиях - прогноз строится лишь до 2050 г. без обоснования выбора этого временного горизонта.

19. Доктор геолого-минералогических наук, Стром Игорь Леонидович, главный специалист филиала, филиал АО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт Гидропроект имени С. Я. Жука» - «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений» (НИИЭС), г. Москва.

- Хотелось бы, чтобы в автореферате были несколько подробнее описаны особенности метода ПВРО с тем, чтобы можно было оценить возможности его применения в структурно-тектонических и инженерного-геологических условиях, отличных от тех, которые характерны для Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей.

20. Доктор геолого-минералогических наук, доцент, Сунгатуллин Рафаэль Харисович, заведующий кафедрой региональной геологии и полезных ископаемых, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань.

- Замечаний нет.

21. Профессор, доктор технических наук, Фомин Сергей Игоревич, профессор кафедры разработки месторождений открытым способом, ФГБОУ

ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург.

- В автореферате не раскрыто понятие риска возникновения опасных геологических процессов (с. 21-23).

- При оценке геориска целесообразно учитывать стохастический характер исходных данных и рассматривать риск как количественную меру неопределённости - именно необходимость принимать решения в условиях неопределённости порождает риск.

22. Доктор геолого-минералогических наук, Шашкин Алексей Георгиевич, генеральный директор, ООО «Институт строительного проектирования «Геореконструкция», г. Санкт-Петербург.

- На приведенном рисунке 13 в автореферате представлена схема (алгоритм) методики анализа прогноза состояния гидроизолирующих целиков, в которой все смысловые разветвления оказываются замкнуты на один и тот же блок - выполнение очередного цикла сейсморазведочных работ и построение текущей модели; это превращает алгоритм в замкнутый круговорот, что представляется некорректным.

- В пункте 7 Заключения отмечено: «Доказано, что повышение объективности и информативности инженерно-геологических моделей возможно на основе выделения структурных элементов горного массива по различиям в упругих свойствах горных пород». Представляется, что данный тезис не нуждается в доказательстве.

23. Доктор геолого-минералогических наук, доцент, Щекочихина Евгения Викторовна, заведующая кафедрой «Гидротехнические и земляные сооружения», доктор геолого-минералогических наук, доцент, Олянский Юрий Иванович, профессор кафедры «Гидротехнические и земляные сооружения», «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

- замечаний нет.

24. Доктор технических наук, Санфиров Игорь Александрович, руководитель научного направления «Геофизика», доктор технических наук,

Чугаев Александр Валентинович, зав. сектором малоуглубинных скважинных исследований, кандидат технических наук, Ярославцев Александр Геннадьевич, зав. сектором экспериментальной сейсмоакустики, «Горный институт УрО РАН» ПФИЦ УрО РАН, г. Пермь.

- Формулировки цели и задач, представленные в диссертации, можно назвать тривиальными и не обладающими научной новизной.

- Заявленное автором полномасштабное решение задач по обеспечению безопасности ведения горных работ в рамках одной версии шахтной сейсморазведки, причем при полном отсутствии в предлагаемой методике наземных опережающих исследований (рис. 105, стр. 218 диссертации; рис. 12, стр. 27 автореферата), невозможно.

- Относительно новизны шахтной сейсморазведки на поперечных волнах можно отметить следующее. Применение шахтных сейсморазведочных исследований на Верхнекамском месторождении началось еще в 80-х годах прошлого века. В ходе целого ряда полевых экспериментов с направленностью возбуждения, способами крепления сейсмоприемников, параметрами систем наблюдения и регистрации в качестве наиболее устойчивых носителей информации о строении породного массива выбран продольный тип волн. В ГИ УрО РАН разработана технология многоволновой шахтной сейсморазведки МОГТ, включающая совместное изучение закономерностей распространения продольных и поперечных волн.

- Заявленная в работе новизна предложения изучать поперечные волны в горных выработках также отсутствует.

- Работа построена на физически не обоснованном положении о невозможности регистрации отраженных продольных волн в соляной толще («На Р-волнах получить отражения от геологических границ в соляной толще невозможно», с. 120 диссертации).

- Данный основополагающий момент (регистрация продольных волн в соляной толще) представленной работы противоречит и результатам

кандидатской диссертации 2003 г. «Прогноз строения и свойств горного массива на основе сейсмомоделирования» этого же автора.

- На рис. 3 автореферата и рис. 56 диссертации, представленных автором как доказательство данного утверждения, на левом фрагменте (по-видимому, глубинного, а не временного разреза), полученном, по утверждению автора, на продольных волнах, отчетливо прослеживаются оси синфазности. При этом надпись на самом рисунке («Отражений от геологических границ нет») противоречит подписи к нему («отражения от границ ИГЭ и РЭ не четкие»).

- Большой объем исследований в работе посвящен практическому выбору параметров систем регистрации общеизвестной в сейсморазведке методики многократных перекрытий. Смысл подобных исследований непонятен.

- Как при длине базы приема 130-190 м (64-96 каналов при шаге 2 м) автор идентифицирует отражения с расстояний 300 м, также непонятно. В подобных условиях нет избирательности годографа, и появляется большой выбор для фантазии по привязке каких-либо явлений на сейсмограммах.

- Следует отметить и отсутствие в работе широкого применения результатов скоростного анализа, возможности которого относятся к одному из основных преимуществ методики многократных перекрытий, как в целях параметрического обеспечения последующей интерпретации, так и для борьбы с помехами.

- Автор делает неочевидный вывод: «...в данном случае зафиксированы отражения от геологических границ на поперечных волнах, и не зафиксированы отражения на волнах продольных» (рис. 35 диссертации). Данный вывод некорректен, т.к. в представленном эксперименте (при ударе в стенку выработки) энергия продольных волн, излучаемых в вертикальном направлении, минимальна просто согласно характеристике направленности источника, которую автор сам же и описывает.

- Приведенная в разделе 2.3.4 «оценка достоверности» сводится к сопоставлению сейсмических разрезов с априорными геологическими построениями на участках нормального, ненарушенного строения ВЗТ, тогда

как ключевые новые объекты - «эрозионные врезы» и зоны замещения в ВЗТ-заверки данными прямых методов не имеют.

- Следует также отметить заявленную практическую значимость выполненных автором исследований и их внедрение в производственных организациях. В приложении 1 диссертации представлены справки и акты только от организаций-работодателя соискателя из структур холдинга «Уралхим, Уралкалий» (ПАО «Уралкалий» и АО «ВНИИ Галургии»), двух кафедр ПГНИУ и кафедры ПНИПУ (использование в учебном процессе и НИР) и трех изыскательских организаций (ООО «ПГГК», ООО «ПермПроектИзыскания», ООО «ППИ-Геофизика»), но нет ни одного акта от не аффилированных недропользователей.

- На сегодняшний день ни в один нормативный документ недропользователей на Верхнекамском месторождении предлагаемая версия шахтной сейсморазведки не включена.

- Относительно второго защищаемого положения о новом типе геологической нарушенности необходимо отметить, что эрозионные структуры на поверхности соляного зеркала, лежащие в его обосновании, таковыми не являются. Эрозия - это поверхностный процесс, а здесь - подземное выщелачивание (растворение).

- В многослойной среде, сложенной солями с различной растворимостью, при разложении карналлита с образованием вторичного сильвина за счет выщелачивания с выносом хлорида магния и с уменьшением мощности пластов формирование каньонообразных структур глубиной в десятки метров (на схематической модели автора - рис. 85 диссертации - врез показан от кровли солей почти до сильвинитовой пачки, т.е. глубиной порядка 60- 80 м) вызывает большое сомнение.

- Приведенное «геолого-геомеханическое обоснование» природы врезов (раздел 3.2) основано на формулах изгиба тонкой упругой пластины, применяемых далеко за пределами их применимости (отношение прогиба к толщине $f/h = 8,5$ при формулах, выведенных для $f = h$), и на сравнении упругих

деформаций с предельными деформациями образцов при кратковременных испытаниях, тогда как соляные породы за геологическое время деформируются течением (ползучестью).

- Инженерно-геологическая модель обосновывается только резким погружением отражающих поверхностей, которое может быть артефактом обработки.

- Для 3-го защищаемого положения следует отметить противоречие выполненного автором районирования территории Верхнекамского месторождения по «рискам возникновения опасных геологических процессов» реальной ситуации. Так, шахтные поля затопленных рудников БКПРУ-] и БКПРУ-3, по мнению автора, не обладают высокой вероятностью подобных процессов, как и северная часть СКРУ-2, где находится аварийный участок. Также непонятно, как автору удалось уточнить данную схему районирования за счет результатов шахтной сейсморазведки и отнести к устойчивому «состоянию природно-технической системы инженерно-геологический массив - подземное сооружение» шахтное поле затопленного рудника БКПРУ-3 и неразрабатываемые на данный момент участки ВКМКС, например Боровской (рис. 11 автореферата, рис. 104 диссертации), где шахтная сейсморазведка в принципе не могла выполняться.

- Следует добавить, что сам «показатель риска» R (формула 30) вычисляется как среднее арифметическое разнородных признаков с равными весами, пороговые значения $R = 0,5$ и $0,75$, а также пороги мощности ВЗТ (20 и 70 м) в классификации (таблица 7) никак не обоснованы.

- Относительно 4-го защищаемого положения следует отметить, что контроль строения и свойств породного массива в горизонтальном направлении на основе комплексной интерпретации продольных и поперечных волн детально рассмотрен в диссертации Бабкина А.И. (2001 г.). Методика многоволновой сейсморазведки, представленная в его работе, как мы отмечали выше, включена в нормативные документы недропользователей на Верхнекамском месторождении.

- Также вызывает большой вопрос обоснование применения зависимостей физико-механических свойств от скоростей распространения упругих волн, полученных на образцах конкретных пород, к их прогнозированию по сейсморазведочным параметрам.

- Расчетные формулы, положенные в основу «физико-механической модели целика» (с. 247), содержат грубые физические и математические ошибки, ... Соответственно, ошибочны и дальнейшие карты коэффициента Пуассона и объемного модуля (рис. 121), карты их изменений (рис. 123, а, в) и, в меньшей степени, карта модуля упругости и его «приведение» к статическому (рис. 125). В таблице 8 условия по ширине целика перепутаны (ширина меньше расчетной отнесена к безопасному состоянию, а больше расчетной - к критическому), а степень нагружения и предел длительной прочности целика объявлены определяемыми «по данным сейсморазведки».

- «Прогноз» состояния целика до 2050 г. выполнен линейной экстраполяцией результатов наблюдений за 4-5 лет (рис. 128, 129), что не может считаться обоснованным методом прогноза.

- Результаты, представленные соискателем, в основном относятся к паспорту специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр», а не 1.6.7 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение». Введенная автором терминология по определению задач, научной новизны и защищаемых положений в терминах инженерной геологии носит искусственный характер. Два из четырех защищаемых положений (первое и четвертое) целиком посвящены методике полевых сейсморазведочных работ и обработке сейсмических данных, а в основе двух других лежит интерпретация сейсмических разрезов.

- Каким образом шахтная сейсморазведка на глубине 300-400 м способна изучать последствия изменчивости климатических условий?

- Представленная работа не соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук согласно п. 9

Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями). В представленной работе: 1) нет реального и физически обоснованного достижения в развитии направления геофизических исследований на месторождениях водорастворимых полезных ископаемых - присутствует лишь физически не обоснованное отрицание возможности регистрации отраженных волн продольного типа; 2) нет реального решения проблемы обеспечения безопасного ведения горных работ в пределах подобных месторождений, что подтверждается сопоставлением результирующих схем районирования с реальной горнотехнической и геологической ситуацией; 3) нет научно-обоснованных технических решений, вносящих вклад в ускорение научно-технического прогресса, - все сводится к одной предлагаемой версии шахтной сейсморазведки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высоким квалифицированным уровнем, наличием научных работ, опубликованных в рецензируемых научных журналах за последние 5 лет и связанных с темой диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые теоретические основы методологии, базирующиеся на идее оценки структурных, литологических, тектонических и физико-механических характеристик геологической среды, подверженной природному и техногенному воздействию, на основе различия в упругих свойствах пород, и физико-геологические модели, обогащающие научную концепцию оценки, мониторинга и прогноза устойчивости природно-технических систем и массивов с заданными прочностными, деформационными и гидроизолирующими характеристиками в условиях подземной разработки соляных месторождений;

предложены новые методики комплексной инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости инженерных сооружений с использованием

созданного метода шахтной сейсморазведки, которые позволяют выявить закономерности распределения инженерно-геологических условий, в том числе связанные с опасными инженерно-геологическими процессами и повысить безопасность жизнедеятельности человека;

доказана перспективность использования представленных идей и методик на практике при оценке и прогнозе развития опасных инженерно-геологических процессов для повышения безопасности инженерных сооружений, и устойчивости природно-технических систем при подземной разработке месторождений солей;

введены новые элементы и понятия научно-методических основ оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений – природно-техническая система «инженерно-геологический массив - подземные сооружения», сценарии развития устойчивости природно-технических систем, каньонообразные эрозионные врезы, динамическая модель возникновения эрозионных врезов, нормированные признаки опасных процессов, комплексный показатель риска наличия опасных процессов, суммарный сейсмический атрибут, модели и критерии оценки состояния систем и гидроизолирующих целиков.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны теоретические положения научно-методических основ, методик исследований и физико-геологических моделей процессов, вносящие вклад в развитие научных знаний в области теории и практики инженерно-геологической оценки устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы разработанные научно-методические основы, метод и методики шахтной сейсморазведки, трехстадийная технология построения инженерно-геологических моделей, программно-алгоритмические решения и физико-математическое моделирование для прогноза инженерно-геологических условий;

изложены положения аналитических исследований современной нормативной базы по представленной проблеме, тенденции развития методов изучения, гипотезы негативных явлений, элементы теории по их оценке и прогнозу, а также доказательства эффективности предложенных методик и способов для прогноза опасных инженерно-геологических процессов при подземной разработке соляных месторождений;

раскрыты существенные аспекты теории распространения упругих колебаний и их разделения в условиях полного пространства для направленной идентификации инженерно-геологических структур и прогноза устойчивости инженерных сооружений, массивов с заданными прочностными, деформационными, гидроизолирующими характеристиками, на примерах несоответствия существующих подходов для их оценки и прогноза;

изучены причинно-следственные связи между опасными процессами и закономерностями распределения структурных и упругих характеристик при оценке системы «инженерно-геологический массив — подземные сооружения» и гидроизолирующих целиков.

проведена модернизация численных методов алгоритмов и программ, для моделирования и анализа упругих колебаний в условиях полного пространства, обеспечивающих получение новых результатов по теме диссертации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены технология оценки и прогноза устойчивости инженерных сооружений, новый шахтный сейсмический метод инженерно-геологических исследований, трехстадийная технология построения инженерно-геологических моделей, методика оценки и прогноза состояния природно-технических систем на основе анализа строения и свойств водозащитной толщи, технология ранжирования и мониторинга состояния гидроизолирующих целиков при ведении проектно-изыскательской, научно-

исследовательской и образовательной деятельности в области инженерной геологии;

определены пределы и перспективы практического использования полученных научных результатов для совершенствования методик оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем и гидроизолирующих целиков при подземной разработке соляных месторождений;

создана система практических рекомендаций, обеспечивающая реализацию результатов научных исследований связанных с прогнозом устойчивости природно-технических систем и направленных на безопасность жизнедеятельности человека и минимизацию экономического ущерба;

учтены полученные новые геологические сведения при построении инженерно-геологических моделей соляных месторождений для проектирования, строительства, реконструкции и эксплуатации инженерных сооружений;

выделены участки с недопустимым риском потери устойчивости подземных сооружений для повышения безопасности и экономической эффективности при эксплуатации соляного месторождения;

представлены методические рекомендации для использования результатов исследований при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, а также для совершенствования нормативно-технической документации в части инженерно-геологических изысканий и мониторинга природно-технических систем на соляных месторождениях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с обоснованием метрологического контроля, калибровкой оборудования, численного и физического моделирования с заверкой измерений и воспроизводимостью результатов исследований в различных условиях на основе результатов бурения и лабораторных исследований образцов более 1000 наземных скважин (300 000 пог.м.) и 400 подземных скважин (4000 пог.м.)

теория построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации, теоретическими расчетами упругих волновых полей для двумерных и трехмерных сред и физическим моделированием;

идея базируется на современном анализе состояния проблемы, практических исследований в области оценки и прогноза изменений инженерно-геологических условий и обобщении передового опыта сейсмометрических исследований для месторождений солей;

использованы полученные ранее данные по рассматриваемой тематике различных российских и зарубежных научно-исследовательских школ для развития их достижений и результатов;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов и полученных моделей оценки и прогноза изменений инженерно-геологических условий путем верификации произошедших явлений и сопоставления с результатами аналогичных исследований по выбранному направлению;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, новые подходы, передовые технологии, включая разработанный метод и созданное программное обеспечение для обработки, анализа и интерпретации получаемых данных.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах процесса диссертационного исследования; участии в численном и физическом моделировании и анализе его результатов; научном обосновании выявленных закономерностей инженерно-геологических условий, разработке программного обеспечения; разработке инженерно-геологических моделей природно-технических систем, методик оценки и прогноза инженерно-геологического состояния и гидрогеологических свойств водозащитной толщи, и состояния гидроизолирующих целиков; разработке научно-методических основ оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем,

апробации результатов исследования; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Представленная диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение научной проблемы инженерной геологии, имеющей важное хозяйственное значение, что соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 15.10.2026 диссертационный совет принял решение присудить Пригаре Андрею Михайловичу ученую степень доктора технических наук по специальности 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 18 докторов наук по специальности 1.6.7 – «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – 2, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета

Тагильцев Сергей Николаевич

Учёный секретарь
диссертационного совета

Абатурова Ирина Валерьевна

15 октября 2026 г.