

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Пригара Андрея Михайловича на тему «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

1. Актуальность избранной темы

Актуальность диссертационного исследования Пригара А.М. определяется сохраняющейся высокой аварийностью на соляных рудниках, несмотря на строгое соблюдение существующих нормативных требований. Данный факт свидетельствует о недостаточной детальности инженерно-геологических моделей и ограниченной эффективности систем оценки и мониторинга состояния горных массивов. Автор обоснованно отмечает, что прогнозирование активизации опасных геологических процессов на основе традиционных методов бурения и горнопроходческих работ не обеспечивает требуемой точности. Причиной является недостаточная информация о строении и свойствах геологической среды, особенно в интервалах водозащитной толщи (ВЗТ) и гидроизолирующих целиков, определяющих устойчивость природно-технических систем (ПТС). В связи с этим разработка научно-методических основ инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости ПТС на базе высокоразрешающих геофизических методов, в частности шахтной сейсморазведки, является своевременной и имеет важное народно-хозяйственное значение.

2. Личное участие соискателя

Личное участие автора в получении результатов диссертации не вызывает сомнений. Пригарой А.М. лично сформулированы основные научные положения, разработаны метод, методики полевых работ и камеральной обработки, создано программно-алгоритмическое обеспечение. Автором выполнены численное и физическое моделирование волновых полей, обобщены результаты натурных экспериментов, предложено трехстадийное построение инженерно-геологических моделей, разработаны методики оценки и прогноза устойчивости водозащитной толщи и гидроизолирующих целиков. Все защищаемые научные положения обоснованы лично соискателем. Участие автора в исследованиях подтверждено 70 публикациями, включая 36 работ в изданиях, рекомендованных ВАК и индексируемых в Scopus, патентом на изобретение и 12 свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ, а также многолетним (28 лет) опытом работы в ведущих научных и производственных организациях.

3. Научная новизна диссертационного исследования

Научная новизна работы является многосторонней и включает следующие основные элементы.

Впервые применительно к соляным месторождениям разработаны научно-методические основы инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости ПТС, базирующиеся на комплексировании данных бурения, горнопроходческих работ и высокоразрешающей шахтной сейсморазведки.

Сформированы алгоритмы численного моделирования и обработки волновых полей в условиях полного пространства. Установлены закономерности распространения упругих волн, определяющие выбор параметров метода поперечных волн с разделением отражений (ПВРО).

Разработан и научно обоснован новый высокоразрешающий метод шахтной сейсморазведки ПВРО. Новизна метода заключается в обосновании оптимальной ориентации источника и приёмников перпендикулярно плоскости исследований, разработке двухлинейной системы возбуждения для разделения отражений из верхнего и нижнего полупространств, создании математического аппарата и алгоритмов обработки для подавления интерференции. Достигнута детальность 1–2 м, недостижимая стандартными методами.

Получены новые сведения об инженерно-геологических условиях соляных месторождений: впервые для ВКМС выявлены каньонообразные эрозионные врезы, установлены критерии их идентификации, создана динамическая модель их возникновения. Уточнена морфология инверсионного рельефа, выявлены ранее неизвестные особенности залегания переходных пачек и зон замещения.

Разработаны инженерно-геологические модели ПТС, учитывающие геологическое строение, геоморфологические признаки и тектоническую структуру, с выделением структурных элементов по различиям в упругих свойствах пород.

Установлены количественные закономерности влияния структурных параметров (наличие поднятия, мощность ритмопачек и покровной каменной соли, угол падения, расстояние от оси поднятия) на риск возникновения опасных процессов. Создана формализованная методика оценки характеристик разреза в вертикальной плоскости для анализа состояния и прогноза гидрогеологических свойств ВЗТ.

Создана технология анализа и прогноза состояния гидроизолирующих целиков на основе мониторинга геометрических и инженерно-геологических характеристик с использованием адаптированного для горизонтальной плоскости метода ПВРО с регистрацией продольных и поперечных волн.

4. Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность результатов обеспечена комплексным подходом, включающим теоретические расчеты, численное и физическое моделирование, а также натурные эксперименты на промышленных объектах. Автором использованы современные программные комплексы (Ansys, Tessler, FS) и разработано специализированное программное обеспечение (12 свидетельств о регистрации). Итоги оценки и прогноза инженерно-геологических условий заверены контрольным бурением и маркшейдерскими наблюдениями, в том числе на участках утраты целостности ВЗТ и гидроизолирующих целиков. Сопоставление результатов теоретических и натурных экспериментов показывает их хорошую сходимость. Новизна полученных результатов определяется применением высокоразрешающих геофизических методов, которые ранее для решения инженерно-геологических задач на соляных месторождениях в таком комплексе не использовались.

5. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений и выводов подтверждается большим объёмом фактического материала, полученного в ходе многолетних исследований (1997–2025 гг.). Работа базируется на результатах полевых сейсморазведочных работ, выполненных с применением разработанной методики, и данных бурения более 1000 скважин. Используются аналитические, корреляционные и статистические методы обработки данных. Четко сформулированы критерии устойчивости ПТС, включающие количественные показатели: состав, строение и мощность ВЗТ, состояние гидроизолирующих целиков, характеризующееся степенью нагружения, пределом прочности на сжатие, выходом сейсмических атрибутов за пределы 2σ . Выводы подкреплены результатами внедрения на рудниках ВКМС.

6. Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в развитии научных основ инженерной геологии соляных месторождений в части оценки и прогноза устойчивости ПТС. Автором введены и обоснованы новые понятия (каньонообразные эрозионные врезы), созданы инженерно-геологические модели, учитывающие динамику геологической среды. Установлены закономерности распространения упругих волн в условиях полного пространства, что расширяет теоретическую базу шахтной геофизики. Разработанный метод ПВРО представляет собой новый подход к изучению строения и свойств массивов горных пород. Полученные закономерности и классификации состояний ПТС вносят вклад в теорию инженерно-геологического районирования и прогнозирования опасных процессов.

7. Практическое значение работы

Практическая значимость результатов не вызывает сомнений. Разработанный и внедрённый в производство метод шахтной сейсморазведки ПВРО (патент РФ) позволяет оперативно получать детальную информацию о строении ВЗТ и состоянии гидроизолирующих целиков с разрешающей способностью до 1–2 м. Производительность полевых сейсморазведочных работ выше традиционных методов в 2,6 раза. Новые геологические сведения об эрозионных врезках, зонах замещения, внутрисоляных деформациях и инверсионном рельефе учтены при построении инженерно-геологических моделей участков ВКМС, проектировании горных работ, разведке и доразведке месторождения, а также при разработке проектов ликвидации участков шахтных полей.

Разработанные методики и классификации состояний ПТС позволяют обоснованно выделять участки с недопустимым риском активизации опасных процессов и своевременно корректировать проектные решения, что предотвращает потери запасов полезных ископаемых. Автором на примере двух затопленных рудниках показано, что потери от утраты одного рудника в ценах 2026 года составляют порядка 300 миллиардов рублей без учета потерь запасов. Разработана методика детального сейсмического мониторинга и прогноза состояния гидроизолирующих целиков, позволяющая оценивать их ширину, упругие константы, предел прочности на сжатие и степень нагружения. Это обеспечивает повышение безопасности эксплуатации подземных сооружений при ликвидации участков шахтных полей.

Результаты рекомендованы для использования при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений на соляных месторождениях, а также для совершенствования нормативно-технической документации.

8. Достоинства и недостатки

Достоинства работы определяются комплексным подходом к решению проблемы, сочетающим инженерно-геологический анализ, численное моделирование и высокоразрешающие геофизические методы. Следует особо отметить разработку оригинального метода ПВРО, который обеспечивает детальность, недостижимую для стандартных методов шахтной сейсморазведки. Важным достоинством является выявление ранее неизвестных геологических структур (эрозионных врезок) и установление их связи с опасными процессами, что вносит существенный вклад в понимание геодинамики соляных массивов. Созданная трехстадийная технология построения инженерно-геологических моделей является логичной и практически реализуемой. Методика мониторинга гидроизолирующих целиков, основанная на одновременной регистрации продольных и поперечных волн, открывает новые возможности для прогноза их состояния.

К недостаткам автореферата следует отнести следующее.

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. Однако указанные замечания не снижают общей ценности выполненной работы.

9. Заключение

Диссертация Пригара Андрея Михайловича «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение для обеспечения безопасности горных работ и сохранности запасов полезных ископаемых.

Диссертационная работа **Пригары Андрея Михайловича «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений»** соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а также соответствует научной специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Я, Конешов Вячеслав Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.423.01, и их дальнейшую обработку.

Конешов Вячеслав Николаевич, доктор технических наук, профессор,

специальность 1.6.9, Геофизика,

Руководитель научного направления Федерального бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

123242, Россия, Москва, ул. Большая Грузинская, дом 10, строение 1,

Телефон +7 916 691 91 94

Электронный адрес: slavakoneshov@hotmail.com

В.Н. Конешов

17.08.2026 года

Подпись В.Н. Конешова заверяю:

И. о. Ученого секретаря Федерального бюджетного

Учреждения науки Института физики Земли

им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук

Д.А. Преснов