

О Т З Ы В

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.

Диссертация А.М. Пригара посвящена разработке научно-методических основ инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем (ПТС) при подземной разработке соляных месторождений. Актуальность темы обусловлена сохраняющейся аварийностью на соляных рудниках. В мире потеряно более 80 соляных рудников, два из которых – на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей (ВКМС). Существующие нормативные требования, несмотря на строгое исполнение, не позволяют с достаточной точностью прогнозировать активизацию опасных геологических процессов. Причиной является недостаточная детальность инженерно-геологических моделей и эффективность существующих систем мониторинга. В связи с этим актуальной является разработка научно-методических основ оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем (ПТС) на базе высокоразрешающих геофизических методов, в частности шахтной сейсморазведки.

Объектом исследований выступают природно-технические системы, включающие литосферный блок в виде инженерно-геологического массива соляного месторождения и взаимодействующие с ним подземные сооружения. Предмет исследований – закономерности формирования инженерно-геологических условий соляных месторождений и условия устойчивости ПТС, определяющие безопасность сооружений.

Цель работы – разработка научно-методических основ инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости ПТС для повышения безопасности строительства и эксплуатации подземных сооружений.

Методологическую основу работы составляет комплексный подход, интегрирующий инженерно-геологическое районирование и прогнозирование, грунтоведческие методы и геофизические методы (шахтную сейсморазведку). Для решения поставленных в диссертации задач использованы численное моделирование волновых полей (программы Ansys, Tesseral, FS), физическое (натурное) моделирование, статистический анализ и районирование, аналитические и корреляционные методы. Фактический материал получен при

непосредственном участии автора в течение 28 лет в Горном институте УрО РАН, Пермском государственном университете, ООО НИПППД «Недра», ООО «ППИ-Геофизика» и АО «ВНИИ Галургии».

Научная новизна работы. Впервые применительно к соляным месторождениям разработаны научно-методические основы инженерно-геологической оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем на базе бурения, горнопроходческих работ и высокоразрешающей шахтной сейсморазведки. Сформированы алгоритмы численного моделирования и обработки волновых полей в условиях полного пространства, установлены закономерности распространения упругих волн. Разработан и научно обоснован новый высокоразрешающий метод шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений (ПВРО).

С помощью разработанного метода получены новые сведения об инженерно-геологических условиях соляных месторождений: впервые выявлены каньонообразные эрозионные врезы на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей, установлены критерии их идентификации, создана динамическая модель их возникновения. Разработаны инженерно-геологические модели ПТС, учитывающие геологическое строение, геоморфологические признаки и тектоническую структуру. Установлены количественные закономерности влияния структурных параметров на риск возникновения опасных процессов, что позволило создать формализованную методику оценки характеристик геологического разреза в вертикальной плоскости. Создана технология анализа и прогноза состояния гидроизолирующих целиков на основе мониторинга геометрических и инженерно-геологических характеристик с использованием метода ПВРО в горизонтальной плоскости.

Практическая значимость работы подтверждается созданием и внедрением в производственный процесс метода шахтной сейсморазведки ПВРО, обеспечивающего детальное изучение геологического строения водозащитной толщи и состояния гидроизолирующих целиков с высокой разрешающей способностью. Разработанное программное обеспечение (12 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ) используется при обработке и интерпретации данных шахтной сейсморазведки, численном моделировании и районировании. Полученные новые геологические сведения 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. Производительность полевых сейсморазведочных работ выше в 2,6 раза по сравнению с традиционными методами.

Первое защищаемое положение обосновывает новый высокоразрешающий метод шахтной сейсморазведки на поперечных волнах с разделением отражений (ПВРО). Метод включает согласованные методики полевых работ и обработки, и позволяет оперативно получать структурные, тектонические и физико-механические характеристики массивов. На метод ПВРО получен патент РФ.

Второе защищаемое положение касается трёхстадийной технологии построения инженерно-геологических моделей ПТС – по данным бурения, горных выработок и с использованием метода ПВРО. Модели учитывают геологическое строение, тектонику и упругие свойства пород, что позволило выявить эрозионные врезы, зоны замещения и уточнить морфологию инверсионного рельефа на ВКМС.

Третье защищаемое положение устанавливает количественные закономерности связи структурных параметров разреза (мощность ритмопачек, покрывающей соли, угол падения, расстояние от оси поднятия) с риском опасных процессов. На этой основе выполнено районирование ВКМС и разработана формализованная методика анализа состояния водозащитной толщи и прогноза её гидрогеологических свойств.

Четвёртое защищаемое положение представляет методику сейсмического мониторинга гидроизолирующих целиков по комплексу параметров (ширина, упругие константы, предел прочности, степень нагружения) на основе адаптированного для горизонтальной плоскости метода ПВРО с регистрацией продольных и поперечных волн. Методика позволяет оценивать и прогнозировать состояние целиков.

Результаты исследований прошли апробацию на многочисленных научных конференциях, в том числе международных. По теме диссертации опубликовано 70 работ, 23 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК, 19 в изданиях, цитируемых в международной базе Scopus, получено 4 патента на изобретение и 12 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, издана 1 монография.

Замечания по автореферату:

1. В автореферате не раскрыто понятие риска возникновения опасных геологических процессов (с. 21-23).
2. При оценке геориска целесообразно учитывать стохастический характер исходных

данных и рассматривать риск как количественную меру неопределенности - именно необходимость принимать решения в условиях неопределённости порождает риск.

Текст автореферата написан технически грамотным языком. В выводах содержится подтверждение достижения заданной цели, получение результатов в ходе выполнения задач исследования.

Диссертация соответствует научной специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Диссертация «Научно-методические основы оценки и прогноза устойчивости природно-технических систем при подземной разработке соляных месторождений», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.7, соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), а её автор **Пригара Андрей Михайлович** заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.6.7 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение.

Я, Фомин Сергей Игоревич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Фомин Сергей Игоревич, профессор, доктор технических наук, специальность 2.8.7 — Теоретические основы проектирования горнотехнических систем.

Профессор кафедры разработки месторождений открытым способом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Адрес: 21-я линия, д. 2, Санкт-Петербург, 199106

Телефон: 8 (812) 328 82 00

E-mail: rectorat@spmi.ru

_____[Фомин Сергей Игоревич]

подпись