

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы
Семина Михаила Александровича
**«НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПОСОБА
ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД»,**
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 2.8.6 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная
аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Искусственное замораживание грунтов и породных массивов, как элемент специальных способов ведения горных работ в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях строительства подземных сооружений, является чрезвычайно сложной научно-инженерной проблемой. Правильное и научно-обоснованное определение толщины и сплошности ледопородного ограждения (ЛПО), а также достижение заданной температуры обеспечивает быстрое и безаварийное строительство ствола.

В настоящее время созданию ЛПО предшествуют статический (механический) и теплотехнический расчеты. Первый определяет значения требуемых толщин ЛПО по условиям прочности и ползучести, а второй обеспечивает параметры системы замораживания и прогнозирует длительность формирования ЛПО необходимой толщины. Кроме того, расчеты второго этапа могут использоваться при мониторинге текущего распределения температур в породном массиве.

В принципе, разработанные в XX веке приближенные методы как статического, так и теплотехнического расчетов ЛПО хорошо зарекомендовали себя при решении практических задач. Они вошли в нормативную литературу по искусственному замораживанию пород и грунтов и широко используются в настоящее время.

Вместе с тем бурное развитие вычислительной техники в настоящее время позволяет существенно расширить и детализировать математические модели сложных термогидромеханических процессов, которые происходят в замораживаемых породах. А значит, имеется возможность доработки существующих приближенных методов.

Представляется весьма своевременной попытка диссертанта систематизировать и обобщить проводимые в больших количествах частные исследования процессов, происходящих при искусственном замораживании пород. Тем более, что крупнейшие горнодобывающие предприятия (ПАО «Уралкалий», ОАО «Беларуськалий», ИООО «Славкалий», АК «МХК «ЕвроХим») ведут или планируют строительство новых калийных рудников и проходку шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях.

Представляемая работа ориентирована на научное обоснование технологии искусственного замораживания породного массива при строительстве шахтных стволов. Выполненные диссертантом исследования актуальны для обеспечения безопасных условий труда и высоких технико-экономических показателей при строительстве шахтных стволов.

Для достижения цели диссертант формулирует идею, заключающуюся в определении физических и технологических параметров системы замораживания породного массива на взаимоувязанном анализе термогидромеханических процессов в породном массиве и крепи ствола, а также аэрологических процессов в атмосфере ствола.

Под выбранную цель и сформулированную идею разработаны основные задачи, которые логичны и заключаются в следующем:

разработка и развитие методов математического моделирования термогидромеханических процессов в замораживаемом породном массиве и аэрологических процессов в строящейся горной выработке;

проведение анализа теплофизических процессов в замораживаемом породном массиве и определение основных проектных параметров систем замораживания породного массива;

определение условий формирования проектных параметров ЛПО в породном массиве с выраженной фильтрацией подземных вод;

проведение исследований вентиляционных процессов в горных выработках в условиях отрицательных температур крепи и окружающего замороженного породного массива;

исследование изменений напряженно-деформированного состояния и устойчивости ЛПО шахтных стволов во времени в условиях различных внешних нагрузок;

разработка научно-обоснованных математических методов интерпретации данных скважинной термометрии и обоснование технологических параметров систем мониторинга искусственного замораживания пород.

Поставленные задачи, как того и требует масштабность проблемы, решаются диссертантом с применением комплексного метода исследований:

анализ и обобщение научного и практического опыта;

широкий спектр натурных исследований динамики температуры породного массива по глубине контрольно-термических скважин, температуры воздуха и крепи шахтных стволов;

обработку экспериментальных данных и теоретический анализ закономерностей протекания различных физических процессов в замораживаемом породном массиве;

алгоритмизацию математических моделей исследуемых физических процессов;

проведение численных экспериментов с последующим сравнительным анализом результатов численного моделирования и натурных экспериментов.

Сформулированные автором научные положения в автореферате достаточно обоснованы. Наиболее интересными и важными результатами представляются следующие:

Связанная математическая модель системы «замораживающие колонки – породный массив – крепь горной выработки – атмосфера горной выработки» с **возможностью дифференцированного учета** термогидромеханических и аэрологических процессов, протекающих при искусственном замораживании пород, позволяет проводить комплексный теоретический анализ состояния ледопородных ограждений.

Количественная оценка обеспечения проектных параметров ледопородного ограждения в условиях высокой обводненности и гидравлической проводимости породного массива должна осуществляться на основании анализа закономерностей фильтрации подземных вод в замораживаемом породном массиве как **в режиме вынужденной, так и в режиме свободной конвекции.**

Параметры движения воздушных потоков в вертикальной строящейся горной выработке, рассчитанные с **учетом наличия градиента температур и переменной плотности воздуха**, позволяют повысить адекватность моделирования теплообмена между крепью ствола и воздухом и обеспечить надежное проветривание строящейся горной выработки.

Безопасность работ при строительстве горных выработок способом искусственного замораживания достигается **за счет развертывания комплексной системы мониторинга** теплового режима породного массива, крепи строящейся горной выработки и аэрологических параметров атмосферы горной выработки, обеспечивающей параметризацию связанной математической модели системы по данным экспериментальных измерений и повышающей достоверность анализа состояния ледопородного ограждения.

Результаты представленных исследований имеют высокую научную и практическую значимость.

По научной новизне

Определен набор критериальных условий, при достижении которых **возможен обоснованный переход** от связанной термогидромеханической модели системы «замораживающие колонки – породный массив – крепь горной выработки – атмосфера горной выработки» к более простым моделям, учитывающим отдельные физические процессы при искусственном замораживании пород и грунтов.

Определены **условия возникновения частично-возвратных течений воздуха** в строящемся стволе вследствие наличия температурного градиента, обусловленного низкой температурой окружающих замороженных пород; произведена количественная оценка интенсификации теплообмена воздуха и крепи строящегося ствола при наличии частично-возвратных течений воздуха.

Разработана методика калибровки параметров модели тепловых процессов в породном массиве, обеспечивающая **единственность решения обратной задачи** и позволяющая добиться наилучшего согласования модельных и измеренных температур в контрольно-термических скважинах.

По практическому значению

Система термометрического контроля ЛПО строящихся шахтных стволов запатентована и реализована на руднике Петриковского ГОК и Дарасинском руднике ОАО «Беларуськалий», рудниках Нежинского ГОК ИООО «Славкалий» и Талицкого ГОК ЗАО «ВКК». Полученные результаты исследований включены в Инструкцию по расчету параметров, контролю и управлению искусственным замораживанием горных пород при строительстве шахтных стволов на калийных рудниках ОАО «Беларуськалий».

Весьма мощно (помимо монографии) выглядит список публикаций диссертанта, в т.ч. в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, утвержденных ВАК Минобрнауки РФ, в международные базы данных Scopus и Web of Science. Имеются патент, два свидетельства об официальной регистрации программы для ЭВМ, утвержден внутренний нормативный документ для горнодобывающего предприятия.

По автореферату имеются следующие замечания, которые совершенно не снижают положительного впечатления от представленного автореферата.

Стр. 6, 2-я строка сверху – представляется не удачная формулировка «постановку математических моделей породного массива». Видимо, речь идет о математических моделях, описывающих исследуемые физические процессы.

Стр. 13, формула (6) – не описана переменная χ .

Стр. 18, 9-я строка сверху – указан диапазон от 0.35 до 1.3. Последнее число вызывает сомнение (см. рис. 2).

Стр. 24, рис. 6 – в легенде рис. 6а пропал штрих.

Стр. 31, таблица 1 – в крайнем справа столбце параметр f не «работает» в формуле (29).

Стр. 32, 5-я строка снизу – что-то не в порядке с глубинами до 150 м и более 50 м.

Таким образом, диссертационная работа Семина М.А. «**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПОСОБА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ПОРОД**» является законченной научно-квалификационной работой, содержит научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых реализовано на ряде горнодобывающих предприятий России и Белоруссии.

Рецензент обратил внимание на важный личностный момент, характеризующий с положительной стороны диссертанта. Это фраза на стр. 11, в которой отмечено, что «успешной работе над диссертацией способствовала творческая и доброжелательная атмосфера в коллективе, поддержка и понимание членов семьи».

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор – **Семин Михаил Александрович** – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Ведущий научный сотрудник
Института проблем промышленной экологии Севера
ФИЦ КНЦ РАН, кандидат технических наук


Амосов Павел Васильевич

184209, Мурманская область,
г. Апатиты, Академгородок, 14а
тел. (81555) 79-745
p.amosov@ksc.ru

15.04.2022г.

Подпись Амосова Павла Васильевича заверяю
Ученый секретарь
Института проблем промышленной экологии Севера
ФИЦ КНЦ РАН, кандидат биологических наук


Вандыш Оксана Ивановна



15.04.2022 г.