ОТЗЫВ

научного руководителя диссертационной работы
Паршакова Олега Сергеевича
«Разработка автоматизированной системы термометрического контроля ледопородных ограждений», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Паршаков Олег Сергеевич в 2016 году с отличием окончил Пермский национальный исследовательский политехнический университет по специальности 130401.65 «Физические процессы горного или нефтегазового производства», с 2013 года работает в «ГИ УрО РАН» в должностях техника и младшего научного сотрудника. Область его научных интересов — разработка систем контроля и управления термодинамическими процессами в массиве горных пород при строительстве и эксплуатации горных предприятий в сложных горнотехнических условиях, экспериментальное исследование теплового поля замораживаемых участков породного массива, моделирование состояния ледопородных ограждений при проходке шахтных стволов специальным способом. В течении пяти лет работы он принимал участие в выполнении госбюджетных (проекты фундаментальных исследований УрО РАН, проекты поддержанные Российским фондом фундаментальных исследований) и хоздоговорных работ с горными предприятиями ПАО «ГМК «Норильский Никель», ООО «Лукойл-Коми», ОАО «Беларуськалий», ПАО «Уралкалий», АО «Апатит», ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», ИООО «Славкалий», ЗАО «ВКК» и АК «Алроса». Результаты его работ внедряются на горном производстве и важны для дальнейшего развития направлений фундаментальных исследований института. Им исследованы термодинамические процессы, происходящие в обводненном массиве горных пород в условиях его искусственного замораживания, разработаны численные математические методы их расчета, разработаны методические основы и программные средства для выполнения термометрического контроля формирования, состояния и размораживания ледопородных ограждений. Результаты выполненных Олегом Сергеевичем исследований позволяют обеспечить эффективность строительства шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях и повысить безопасность ведения горных работ.

Промышленное освоение месторождений, залегающих в сложных гидрогеологических условиях, тесно связано с универсальным и надежным способом искусственного замораживания горных пород при строительстве вертикальных шахтных стволов. В процессе замораживания вокруг проектного сечения ствола формируется временное защитное ограждение из мерзлой водонасыщенной породы, служащее для восприятия горного и гидростатического давлений. Эффективность функционирования созданного ледопородного ограждения, под защитой которого в дальнейшем ведутся горнопроходческие работы, зависит от параметров его состояния — герметичности (сплошности) и толщины. Действующие на территории России и Беларуси правила безопасности предъявляют ряд требований к проведению подземных выработок способом искусственного замораживания. В частности, за состоянием замороженного породного массива должен быть организован систематический контроль, при этом ведение горных работ в условиях искусственного замораживания горных пород разрешается только после образования замкнутого ледопородного ограждения проектной толщины.

На сегодняшний день применяется несколько способов контроля параметров состояния ледопородного ограждения, основанных на прямых и косвенных методах получения информации о протекании физических процессов в замораживаемом массиве пород. В существующей литературе расчеты параметров ледопородного ограждения

выполняются только на основе решения прямых задач теплопроводности с учетом фазового перехода. Однако применяемые для расчета теплофизические свойства пород, получаемые на основании инженерно-геологических изысканий, зачастую имеют высокую погрешность. В результате математические модели, описывающие тепло- и массообменные процессы в обводненном породном массиве, оказываются неэффективными при прогнозировании параметров состояния ледопородного ограждения. Дополнительно погрешность результатов расчета обусловлена неоднородностью и анизотропностью реального породного массива, а также наличием технологических факторов, оказывающих влияние на процесс искусственного замораживания.

За последние годы, ввиду несовершенства существующих способов контроля ледопородного ограждения и недостаточной точности расчетов его параметров, при строительстве шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях на таких горных предприятиях, как Гремячинский ГОК — ОАО МХК «ЕвроХим», Гарлыкский ГОК — ГК «Туркменхимия», рудоуправления Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей имели место аварийные ситуации. Это приводило к затоплению шахтных стволов, снижению безопасности ведения горных работ, увеличению сроков строительства и появлению дополнительных финансовых затрат.

Для предотвращения аварийных ситуаций в период всего срока строительства шахтных стволов в интервале обводненного породного массива в диссертации разработан новый способ контроля ледопородных ограждений, основанный на применении оптоволоконной технологии и математической интерпретации результатов термометрии контрольных скважин. Способ контроля позволяет по ограниченной информации о температуре горных пород в отдельных скважинах определять температурное поле во всем объеме замораживаемого участка породного массива.

В диссертационной работе Паршакова О.С. поставлены и решены актуальные научно-практические задачи:

1. Разработан метод решения обратной задачи Стефана на основе использования данных о температуре горных пород в ограниченном количестве контрольно-термических скважинах строящихся шахтных стволов.
2. Выполнена верификация экспериментальных измерений распределенной температуры горных пород и результатов моделирования термодинамических процессов, происходящих в условиях искусственного замораживания, на примере строящегося Скипового ствола № 1 ИООО «Славкалий».
3. Разработана автоматизированная система термометрического контроля состояния ледопородных ограждений, позволяющая непрерывно и оперативно определять температуру во всем замораживаемом породном массиве.
4. Проведено исследование и обоснование технологических параметров способа термометрического контроля формирования и состояния ледопородного ограждения.
5. Определены требования к параметрам технических средств и разработке математической модели термодинамических процессов, происходящих в замораживаемом массиве горных пород, а также к численным методам их расчета в целях получения достоверных результатов о состоянии ледопородного ограждения.
6. Разработано специализированное программное обеспечение для выполнения контроля ледопородных ограждений строящихся шахтных стволов, позволяющее прогнозировать его параметры с учетом влияния различных технологических факторов.

Основная идея диссертационной работы заключается в интеграции экспериментальных измерений температуры горных пород и метода решения обратной

задачи Стефана для повышения точности прогнозирования параметров состояния ледопородного ограждения.

На основании проведенных автором исследований и разработок впервые получены следующие научные результаты:

- произведен выбор параметров калибровки математической модели из множества теплофизических свойств горных пород, от которых зависит распределение температуры в породном массиве и концентрации объемной доли льда в порах;
- разработан способ контроля термодинамических процессов, происходящих в обводненном породном массиве в условиях его искусственного замораживания, основанный на решении обратной задачи Стефана для горизонтального слоя влагонасыщенных горных пород;
- исследовано влияние выхода из строя замораживающих колонок на распределение температуры в слое замораживаемой горной породы;
- выполнено обоснование технологических параметров способа термометрического контроля замораживаемого породного массива, влияющих на точность расчета его температурного поля и обеспечивающих получение достоверной информации о параметрах ледопородного ограждения строящегося шахтного ствола в сложных гидрогеологических условиях.

Результаты работы включены в Инструкцию по расчету параметров, контролю и управлению искусственным замораживанием горных пород при строительстве шахтных стволов на калийных рудниках ОАО «Беларуськалий». Разработанная автоматизированная система термометрического контроля ледопородных ограждений строящихся шахтных стволов реализована на рудниках Петриковского ГОК ОАО «Беларуськалий», Нежинского ГОК ИООО «Славкалий» и Талицкого ГОК ЗАО «ВКК».

По теме диссертационной работы опубликованы 10 печатных работ, в том числе 5 в изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, из них 3 в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, получено свидетельство о государственной регистрации программы «FrozenWall» для ЭВМ № 2018666337.

Совокупность полученных результатов позволяет считать диссертационную работу Паршакова О.С. как самостоятельную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 — «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Заведующий отделом аэрологии и
теплофизики «ГИ УрО РАН»,
д-р техн. наук, профессор Л.Ю. Левин

Подпись заведующего отделом аэрологии и теплофизики «ГИ УрО РАН» Льва Юрьевича Левина удостоверяю:

Начальник отдела кадров «ГИ УрО РАН» Л.А. Еремина

ОТДЕЛ КАДРОВ