

УТВЕРЖДАЮ

Директор Пермского федерального
исследовательского центра Уральского
отделения Российской академии наук

А. А. Барях

2020 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук на диссертационную работу Агеенко Валерия Александровича «Обоснование оптимальных параметров экспресс-метода определения характеристик ползучести каменной соли», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Актуальность темы диссертационного исследования. Исследование свойств и, в частности, физико-механических характеристик каменной соли, является весьма важной научно-технической задачей. От качества и представительности исходных данных при проведении проектных и технологических расчетов во многом зависят дальнейшие технико-экономические показатели объектов и их эксплуатационная надежность. Подземные сооружения в каменной соли имеют широкое распространение в хозяйственной деятельности. К ним относятся горные выработки при разработке месторождений шахтным способом, подземные выработки-емкости для добычи каменной соли методом скважинной гидродобычи, подземные резервуары в каменной соли для хранения газообразных и жидких углеводородов и т.д. Учитывая длительный срок эксплуатации вышеперечисленных подземных сооружений, вопрос оценки процессов ползучести, протекающих в приконтурном соляном массиве, является серьезной научно-технической задачей. Для ее решения требуется проведение трудо- и наукоемких лабораторных исследований, сокращение длительности которых при соблюдении необходимой точности дало бы значительный эффект. Поэтому разработка экспресс-метода определения характеристик ползучести каменной соли является актуальной научной задачей.

Оценка содержания диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованной литературы. В *первой главе* проанализировано современное состояние методов изучения реологических свойств каменной соли, необходимых для проектирования, строительства и эксплуатации подземных хранилищ. Особое внимание уделено состоянию изученности метода ступенчатого нагружения каменной соли. На основе этого анализа сформулирована указанная выше цель диссертационного

исследования, а также поставлены задачи, необходимые для обоснования методических подходов к реализации экспериментального определения реологических свойств с использованием ступенчатого нагружения. *Вторая глава* посвящена экспериментальным исследованиям по определению реологических характеристик каменной соли прямым методом и методом ступенчатого нагружения при одноосном сжатии. В *третьей главе* представлены исследования в условиях напряженного состояния обобщенного сжатия (схема Т. Кармана). Определение реологических характеристик производилось по результатам испытаний как в режиме ступенчатого нагружения, так и в режиме испытаний, проведенных прямым методом. *Четвертая глава* посвящена описанию методического подхода к проведению экспериментов в режиме ступенчатого нагружения в условиях одноосного и трёхосного напряженного состояния. Предлагаемая методика устанавливает параметры величин напряжения на ступенях и времени выдержки постоянного напряжения при лабораторном определении реологических характеристик каменной соли в режимах ступенчатого нагружения. Разработанная методика описывает процедуру проведения экспериментов, как при одноосном, так и при трехосном напряженном состоянии. Приведены рекомендации по оформлению результатов проводимых экспериментов в режиме ступенчатого нагружения.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

- в установлении оптимального количества ступеней при проведении ступенчатых реологических испытаний образцов каменной соли при одноосном и трехосном нагружении;
- в установлении закономерностей изменения скорости деформации каменной соли в зависимости от продолжительности каждой ступени нагружения при одноосном и трехосном нагружении;
- в установлении аналитической зависимости между продольными деформациями каменной соли при одноосном нагружении и изменяющейся во времени действующей нагрузкой;
- в установлении коэффициентов степенного закона ползучести, описывающего скорость интенсивности деформаций от действующей интенсивности напряжений и времени в условиях трёхосного испытания образцов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются: корректностью постановки задачи исследования; представительным объёмом экспериментальных исследований реологических свойств каменной соли с использованием традиционного прямого метода и метода ступенчатых испытаний; удовлетворительной воспроизводимостью и сходимостью полученных указанными методами результатов; использованием при проведении экспериментальных исследований поверенного и сертифицированного оборудования с высокими метрологическими характеристиками.

Практическая значимость и реализация результатов. В рамках диссертационной работы обоснована и разработана «Методика определения

реологических параметров каменной соли методом ступенчатого нагружения», позволяющая достоверно оценивать указанные параметры с минимальными трудовыми и временными затратами. Методика передана в ООО «Газпром геотехнологии», где используется при проведении инженерно-геологических изысканий и последующих инженерных и научных расчетах для строительства и эксплуатации подземных хранилищ газа в каменной соли.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

В работе получен ряд новых результатов, которые представляют интерес для специалистов и организаций, областью деятельности которых является проектирование и геомеханические расчеты подземных сооружений в каменной соли, а также лабораторные исследования соляных горных пород.

Результаты и выводы диссертации, и, в частности, методика определения реологических параметров каменной соли методом ступенчатого нагружения, могут быть рекомендованы для их использования в таких организациях, как ООО «ПТЦ «Геосалт» (Санкт-Петербург), UGS GmbH (Untergrundspeicher- und Geotechnologie-Systeme GmbH, Берлин, Германия), АО «ВНИИ Галургии» (Пермь).

По работе имеются следующие замечания.

1. В работе не представлена оценка автора относительно применения разработанной методики для других подземных сооружений в каменной соли помимо хранилищ газа.

2. Большое количество графиков, приведенных в тексте диссертации, в том числе сравнительные графики на одном листе, затрудняет ее прочтение. Целесообразнее было бы вынести часть графиков на отдельные листы в приложение.

3. Во второй главе автором указано, что «часть экспериментов была отбракована по причинам расхождения данных при одних и тех же параметрах испытания», однако не указаны причины, повлекшие расхождение данных.

В целом указанные замечания не снижают ценности рассматриваемой диссертации, имеющей научную новизну и практическую значимость для развития геомеханики, представляющей собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основе выполненных автором экспериментальных и теоретических исследований закономерностей поведения каменной соли при её испытаниях методом ступенчатого нагружения в условиях одноосного и трёхосного сжатия решена актуальная научная задача обоснования оптимальных параметров реологических испытаний каменной соли, обеспечивающей требуемую точность и минимальное время определения величин ползучести при ограниченном числе образцов за счёт оптимального выбора количества и длительности ступеней их нагружения, что имеет важное значение для повышения качества информационного обеспечения проектирования и строительства подземных хранилищ газа в массивах соляных горных пород.

Заключение

Представленная работа по своей актуальности, научной и практической значимости, обоснованности и достоверности основных результатов полностью отвечает критериям, установленным п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работа изложена грамотным техническим языком с использованием терминологии, принятой среди специалистов в рассматриваемой области.

Диссертационная работа является законченной и выполнена автором на высоком техническом уровне. Ее автор, Агеенко Валерий Александрович, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушения горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Отзыв подготовлен:

Заведующий лабораторией «Физические
Процессы горного производства
ГИ УрО РАН, к.т.н.



И.Л.Паньков

Отзыв заслушан и обсуждён на заседании Ученого совета ГИ УрО РАН
протокол № 10 от 9 октября 2020 г.

Тел.: 7(342) 216-75-02; e-mail: arc@mi-perm.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук

614990, г. Пермь, ул. Ленина, д. 13, строение "а"

Подпись Панькова Ивана Леонидовича заверяю:



Инспектор ОК ПФИЦ УрО РАН Фотина Ю.В.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук

614990, Пермский край, город Пермь, улица Ленина, дом 13а

Телефон: +7 342 212-60-08

Эл. почта: psc@permisc.ru

Список публикаций организации за 2016-2020 гг.

1. Паньков И.Л., Морозов И.А. Деформирование соляных пород при объемном многоступенчатом нагружении // Записки Горного института. 2019. Т.239. с.510-519

2. Асанов В.А., Паньков И.Л., Кузьминых В.С., Морозов И.А. Методические аспекты определения прочностных, деформационных и энергетических характеристик соляных пород при прямом растяжении породных образцов в лабораторных условиях // Вестник ПНИПУ. Механика. 2018. №4.

3. Асанов В.А., Паньков И.Л., Евсеев А.В., Лобанов С.Ю., Ломакин И.С. Экспериментальные и теоретические исследования длительной устойчивости несущих элементов камерной системы разработки калийных пластов // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2017. №1.

4. Паньков Иван Леонидович, Морозов Иван Александрович. Результаты экспериментального исследования влияния трения на механические показатели соляных пород // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2017. №1.

5. Пантелеев И.А., Плехов О.А., Наймарк О.Б., Евсеев А.В., Паньков И.Л., Асанов В.А. Особенности локализации деформации при растяжении сильвинита // Вестник ПНИПУ. Механика. 2015. №2.

6. Асанов В.А., Паньков И.Л., Евсеев А.В., Лобанов С.Ю., Ломакин И.С. Экспериментальные и теоретические исследования длительной устойчивости несущих элементов камерной системы разработки калийных пластов // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2017. №1.

7. Асанов Владимир Андреевич, Токсаров Валерий Николаевич, Евсеев Антон Владимирович, Бельтюков Николай Леонидович. Патурные исследования напряженного состояния пород приконтурного массива // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2016. №20.

8. Барях А.А., Котляр Е.К., Самоделкина Н.А., Телегина Е.А. Геомеханический анализ влияния извлечения калийной руды на безопасность горных работ. Горный журнал. 2015. № 11. С. 14-19.

9. Барях А.А., Самоделкина Н.А. Об одном критерии прочности горных пород. Чебышевский сборник. 2017. Т. 18. № 3 (63). С. 72-87

10. Асанов В.А., Евсеев А.В., Паньков И.Л., Токсаров В.Н. исследование процессов деформирования горных пород и элементов камерной системы разработки. Горный журнал. 2018. № 6. С. 13-16.