

Научная статья
УДК 622.831

И.Л. Паньков¹, Т.З. Харисов²

I.L. Pankov¹, T.Z. Kharisov²

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

²Горный институт УрО РАН

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

²Mining Institute Ural Branch RAS, Perm, Russian Federation

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОЛЯНЫХ ПОРОД СКВАЖИНЫ №1535 (4-5 СЗП, БКПРУ-4, ВКМКС)

RESULTS OF DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SALT ROCKS OF WELL NO. 1535 (4-5 SZP, BKPRU-4, VKMKS)

Приведены методика и результаты определения физико-механических показателей соляных пород скважины №1535 (4-5 СЗП, БКПРУ-4, ВКМКС). Эксперименты по сжатию проводились на электромеханическом прессе Zwick/Z250, для экспериментов на растяжение методом раскалывания использовался ручной гидравлический пресс Т10. По результатам испытаний определялись: прочность на растяжение, предел прочности на сжатие, разрушающая деформация, начальный модуль деформации, предельный модуль деформации, модуль упругости, модуль спада.

Ключевые слова: физико-механические свойства горных пород, испытание, растяжение, одноосное сжатие, предел прочности.

The paper presents the methodology and results of determining the rock mechanics parameters of the salt rocks of well No. 1535 (4-5 SZP, BKPRU-4, VKMKS). Simple compression experiments were carried out on a Zwick/Z250 electromechanical press, and a T10 manual hydraulic press was used for transtension experiments by splitting. According to the test results, the following were determined: tensile strength, compressive strength, destructive deformation, initial modulus of deformation, limiting modulus of deformation, modulus of elasticity, modulus of decay.

Keywords: rock mechanics, test, transtension, simple compression, breaking-down point.

Одной из задач подземной добычи калийных руд Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) является предотвращение проникновения подземных пресных вод в горные выработки, приводящее к затоплению

рудников [1]. Решение данной задачи осуществляется за счет оставления водо-защитной толщи, отделяющей водоносные горизонты от отрабатываемых продуктивных пластов с одновременным исключением возникновения в ней критических прогибов с помощью поддерживающих ленточных целиков, работающих в жестком режиме. Для расчета параметров системы разработки конкретного отрабатываемого участка, а также оценки долговременной устойчивости грузонесущих элементов необходима объективная информация о физико-механических свойствах горных пород, получение которой возможно в лабораторных условиях.

С целью выбора параметров камерной системы 4–5 северо-западной панели (СЗП) рудника 4-го Березниковского калийного производственного рудоправления (БКПРУ-4) проведены испытания образцов, изготовленных из керна геолого-разведочной скважины №1535, имеющего диаметр 74 мм. Образцы на сжатие представляли собой цилиндры высотой 73–75 мм. Для испытаний на растяжение были изготовлены цилиндрические диски толщиной 19–21 мм. Внешний вид образцов приведен на рис. 1.



Рис. 1. Образцы горных пород, предназначенные для испытаний на сжатие (*а*) и растяжение (*б*) методом раскалывания

Испытание по схеме одноосного сжатия проводилось в соответствии с требованиями ГОСТа [2, 3] на электромеханическом прессе Zwick/Z250 (максимальная сжимающая нагрузка 250 кН) (рис. 2, *а*). Испытания на растяжение методом раскалывания проводились в соответствии с ГОСТом [4] на гидравлическом прессе Т10 (максимальная сжимающая нагрузка – 150 кН). Раскалывание образца осуществлялось с помощью металлических клиньев, перемещающихся в специальных направляющих (рис. 2, *б*).

Эксперименты на сжатие проводились до полного разрушения образца, результаты представлялись в виде полных диаграмм деформирования, по которым проводилось определение прочностных и деформационных параметров по схеме, приведенной на рис. 3 [1].



а

б

Рис. 2. Оборудование для проведения лабораторных испытаний: а – электромеханический пресс Zwick/Z250 (одноосное сжатие); б – ручной гидравлический пресс Т.10 (одноосное растяжение)

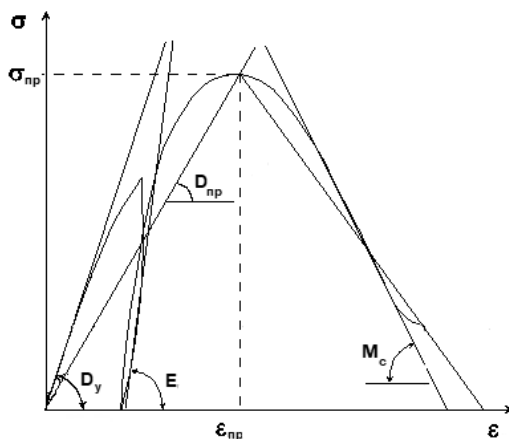


Рис. 3. Схема определения физико-механических свойств горных пород

По результатам испытаний определялись: предел прочности $\sigma_{пр}$, разрушающая деформация $\epsilon_{пр}$, начальный модуль деформации D_y , предельный модуль деформации $D_{пр}$, разгрузочный модуль упругости E , модуль спада M_c . При проведении испытаний на растяжение фиксировалось максимальное раскалывающее усилие, по которому определялась прочность на одноосное растяжение σ_p . Результаты определения физико-механических показателей соляных пород скважины № 1535 приведены в таблице.

Физико-механические показатели
соляных пород скважины № 1535

Номер образца	Пласт, слой	Порода	σ_p , МПа	$\sigma_{пр}$, МПа	$\varepsilon_{пр}$, %	D_y , ГПа	$D_{пр}$, ГПа	E , ГПа	M_c , ГПа
1	В-Г	Каменная соль	1,64	21,15	2,80	2,00	0,76	19,78	0,24
2	В, сл.6	Сильвинит пестрый	1,82	14,64	3,27	0,73	0,45	6,93	0,26
3	В, сл.4	Сильвинит пестрый	1,93	15,15	2,89	1,22	0,52	13,88	0,12
4	В, сл.2	Сильвинит пестрый	1,97	18,32	3,38	1,39	0,54	15,03	0,16
5	Б	Сильвинит пестрый	2,07	12,89	3,30	0,92	0,39	14,61	0,11
6	КрI	Сильвинит красный	2,14	17,48	3,20	1,62	0,55	14,90	0,09
7	КрII, сл.1	Сильвинит красный	1,89	18,54	4,90	2,04	0,38	13,54	0,13
8	КрII, сл.3	Сильвинит красный	1,23	17,23	3,23	1,45	0,53	14,91	0,35
9	КрII, сл.5	Сильвинит красный	1,94	14,44	5,27	1,05	0,27	11,04	0,07
10	КрII, сл.7	Сильвинит красный	2,02	22,52	3,20	2,12	0,70	16,83	0,14
11	КрIIIа	Каменная соль замещ.	2,00	19,93	3,08	2,17	0,65	17,31	0,21
12	КрIIIб	Каменная соль замещения	2,03	18,85	2,71	1,92	0,70	18,36	0,16
13	КрIIIв	Каменная соль замещения	2,30	10,24	2,07	1,14	0,50	7,11	0,14

Анализ результатов проведенных исследований показал, что предел прочности при сжатии $\sigma_{пр}$ изменяется от 10,24 до 22,52 МПа (среднее значение 17,03 МПа). Наиболее прочными являются каменная соль пласта В-Г и красный сильвинит пласта КрII (слой 7). Наименее прочными являются пестрый сильвинит пласта Б и каменная соль замещения пласта КрIIIв.

Разрушающая деформация $\varepsilon_{пр}$ изменяется от 2,07 до 5,27 % (среднее значение 3,33%). Наиболее пластичным является сильвинит красный пласта КрII (слой 5). Наименее пластичной является каменная соль замещения пласта КрIIIв.

Модуль деформации касательной D_y изменялся от 0,73 до 2,17 ГПа (среднее значение 1,52 ГПа). Наибольшее значение имеет каменная соль замещения пласта КрIIIв. Наименьшее значение имеет сильвинит пестрый пласта В (слой 6).

Модуль спада касательный M_c изменялся от 0,07 до 0,35 ГПа (среднее значение 0,17 ГПа). Наибольшее значение имеет сильвинит красный пласт КрII (слой 3). Наименьшее значение имеет сильвинит красный пласт КрII (слой 5).

Результаты исследований на растяжение показали, что предел прочности при растяжении изменялся от 1,23 до 2,30 МПа (среднее значение 1,92 МПа). Наиболее прочными являются каменная соль замещения пласта КрIIIв и сильвинит красный пласта КрI. Наименее прочными являются сильвинит красный пласта КрII (слой 3) и каменная соль пласта В-Г.

Проведенные исследования предназначены для определения параметров камерной системы разработки и оценки долговременной устойчивости грузонесущих элементов 4-5 северо-западной панели шахтного поля рудника БКПРУ-4 Верхнекамского месторождения калийных солей.

Список литературы

1. Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л. Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 199 с.
2. ГОСТ 21153.2–84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.
3. ГОСТ 28985–91. Породы горные. Методы определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 19 с.
4. ГОСТ 21153.3–85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 14 с.

Об авторах

Паньков Иван Леонидович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории физических процессов освоения георесурсов, Горный институт УрО РАН, ivpan@mi-perm.ru.

Харисов Тимур Загитович – студент гр. РМПИ-19-1с, горно-нефтяной факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, redboytim@mail.ru.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (регистрационный номер 122012000403-1), а также гранта РФФИ № 20-45-596011.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Получена: 24.05.2023

Одобрена: 24.06.2023

Принята к публикации: 01.09.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Паньков, И.Л. Результаты определения физико-механических свойств соляных пород скважины №1535 (4-5 СЗП, БКПРУ-4, ВКМКС) / И.Л. Паньков, Т.З. Харисов // *Master's Journal*. – 2023. – № 1. – Art. № 05.

Please cite this article in English as: Pankov I.L., Kharisov T.Z. Results of determination of physical and mechanical properties of salt rocks of well no. 1535 (4-5 SZP, BKPRU-4, VKMKS). *Master's Journal*, 2023, no. 1, art. no. 05.