

УДК 622.831

В.А. Асанов, А.В. Евсеев, В.Н. Токсаров

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЛИНИСТЫХ ПРОСЛОЙКОВ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СОЛЯНЫХ МЕЖДУКАМЕРНЫХ ЦЕЛИКОВ

Методами физического моделирования показан эффект снижения прочности составных образцов с глинистым прослоем. Установлена количественное влияние мощности и влажности глинистых прослоек на несущую способность соляных целиков.

Ключевые слова: прочность, влажность, несущая способность, целик.

Одним из основных условий обеспечения безопасности на рудниках Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС) является сохранение сплошности пород водозащитной толщи (ВЗТ). Это достигается использованием камерной системы разработки с оставлением междукамерных целиков. Анализ состояния очистных выработок и инструментальные наблюдения за устойчивостью конструктивных элементов камерной системы разработки показали, что, несмотря на значительный запас прочности, краевые части соляных междукамерных целиков в условиях длительного нагружения постепенно разрушаются. Одной из причин этого является слоистое строение соляного массива, характеризующееся чередованием слоев каменной соли, сильвинита (карналлита) и тонких прослоев глинисто — ангидритового материала. Такие прослои, как правило, являются наиболее слабым звеном, которые снижают сцепление между слоями более крепких пород и снижают устойчивость междукамерных целиков. Кроме того, содержащиеся в соляной толще маточные рассолы, конденсат, образующийся в горных выработках в теп-

лое время года, а так же рассолы гидрозакладочных работ приводят к увеличению влажности в приконтурной части глинистого прослоя. Исследования показали, что влажность глинистого материала изменяется от 6 % (в глубине массива) до 11—13 % на контуре, что приводит к увеличению его пластичности, и может вызывать снижение несущей способности целиков. Это хорошо подтверждается комплексом экспериментальных и теоретических исследований устойчивости междукамерных целиков Новомосковского месторождения гипса, которые показали, что при увлажнении слоя мергеля, залегающего в почве прочность гипсовых образцов снижается более чем на 40 % [1]. В связи с этим, исследование роли глинисто-ангидритового прослоя в обеспечении устойчивости выработок и безопасности горных работ становится весьма актуальной.

Анализ геологического строения соляной толщи ВКМКС показал, что наибольшее количество глинистого материала сосредоточено в кровле продуктивных пластов, где может находиться до трех слоев (коржей) сильвинита, разделенных слабыми прослоями глины, суммарной мощностью

Таблица 1

Прочностные и деформационные свойства соляных пород ВКМКС (рудник БКПРУ-2 ОАО «Уралкалий»)

Тип породы	Предел прочности на сжатие, МПа	Относит. прод. деформация, %	Модуль упругости, ГПа	Модуль спада, ГПа
Каменная соль	26,14	3,73	13,90	0,44
Кр. сильвинит	26,06	4,06	13,79	0,37
Глинисто-соляной материал (сухой)	2,05	4,02	0,37	0,05
Глинисто-соляной материал (влажный)	1,23	3,92	0,11	0,06

до 0,8 м. Мощность глины первого «коржа» может достигать 15—20 см. Следует отметить, что в кровле пластов залегают не только одиночные мощные слои глины, но и множество тонких глинисто-соляных слоёв, имеющих низкую прочность.

Исследования механических свойств основных разновидностей пород продуктивной толщи ВКМКС (каменной соли, красного сильвинита и глинисто-ангидритового материала) показали, что прочность глины из «коржей» на порядок ниже, чем каменной соли и сильвинита (табл. 1).

Важно отметить, что предельная деформация у каменной соли, красного сильвинита и глины практически одинаковые, а модуль спада и модуль упругости ниже в 8 и 40 раз соответственно.

Исследованиям влияния контактных условий на прочностные свойства горных пород посвящено большое число экспериментальных и теоретических работ. Для соляных пород эти вопросы рассмотрены в работах Прокурякова Н.М. [2], Титова Б.В. [3] и ряда других исследователей, где показано, что наличие смазки на торцах образцов может вызывать изменение предела прочности при испытании их на одноосное сжатие более чем в 5 раз. Однако в этих работах не рас-

сматривался вопрос местоположения слабого прослоя и не учитывался фактор увлажнения глинистого материала. В нормативных документах [4] основным параметром, определяющим снижение несущей способности целиков, является относительная суммарная мощность глинистых прослоев, при этом место их расположения и степень увлажнения не учитывается.

Для оценки степени влияния глинистого материала на несущую способность целиков было выполнено исследование основных закономерностей деформирования и разрушения несущих элементов камерной системы разработки в слоистых соляных массивах на моделях из составных образцов. В качестве модели был использован составной образец кубической формы с размерами 60х60х60 мм, внутри которого находился глинистый прослой. В процессе эксперимента варьировалось местоположение глинистых прослоев, их число (от 1 до 5 слоев), мощность (от 1 до 17 мм), влажность (от 6 % до 12 %). Для сопоставления результатов исследования также испытывались однородные образцы без глинистого прослоя. Для обеспечения контактных условий подопных натурным между стальными плитами пресса и испытываемым образцом помещались соляные пластины.

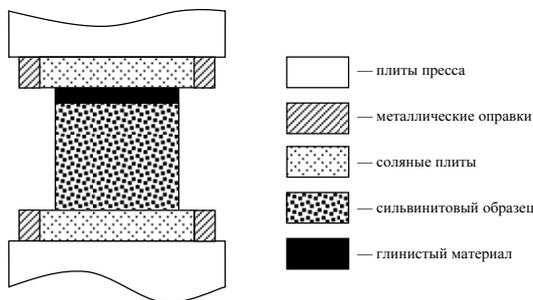


Рис. 1. Схема проведения испытания составных образцов с глинистым прослоем

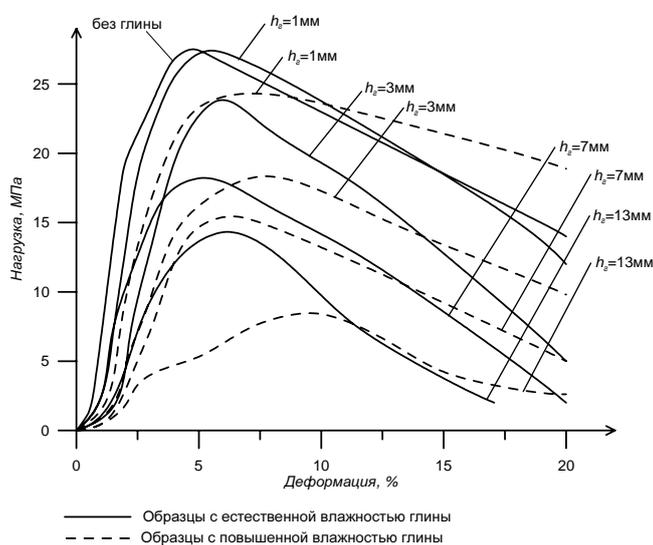


Рис. 2. Характерные диаграммы деформирования составных образцов при различной мощности и влажности глинистого слоя

Для исключения их разрушения они закреплялись в металлических оправках. Схема испытания приведена на рис. 1.

Нагружение образцов одноосной нагрузкой проводилось на жестком электромеханическом прессе Zwick-250 с предельной нагрузкой 25 т.

В ходе исследования установлено, что при наличии в составном образце глинистого материала, разрушение сильвинитовой части составного об-

разца начинается в месте контакта глина-сильвинит с образованием системы вертикальных трещин. В местах контакта глинистого прослойка с сильвинитовой частью происходило образование локальных выколов и выдавливание глинистого материала. С увеличением мощности глинистого прослойка все процессы выдавливания пластичного материала проявлялись более выражено.

Исследование места расположения глинистых прослоек и их числа, показало, что увеличение мощности и количества глинистых прослоек приводит к снижению разрушающей нагрузки, при этом одним из основных факторов, оказывающих влияние на прочность, является место расположения глинистого прослойка. Так прочность «кубиковых» образцов при наличии пластичного прослойка в центральной части снижается в среднем на 10—15 %, то в случае расположения прослойка на торце образца его прочность снижается в 2 раза. [5].

Исходя из того, что наибольшее снижение прочности составных образцов наблюдается в случае расположения глинистого прослоя на торце составного образца и учитывая особенности геологического строения, особое внимание следует уделить испытаниям образцов с прослоем на торце.

Анализ диаграмм деформирования составных образцов с расположением

позволило в рамках линейной регрессионной модели получить уравнение связи предела прочности слоистого соляного образца с мощностью глинистого прослоя и его влажностью:

$$\sigma_{сж}^M = 22,55 - 61,45C - 0,40W \text{ МПа,}$$

где W — влажность глинистого прослоя, %.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена

зависимость изменения прочностных свойств слоистого соляного образца от мощности и степени увлажнения глинистого прослоя, находящегося на верхней его границе. Полученные оценки использованы при математическом моделировании напряженно-деформированного состояния слоистых соляных междукамерных целиков, с целью корректировки методики расчета степени их нагружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евсеев А.В.* Оценка степени снижения несущей способности междукамерных целиков при наличии в их основании ослабленного слоя // Стратегия и процессы освоения георесурсов: материалы ежегод. науч. сес. Горного ин-та УрО РАН по результатам НИР в 2006 г., 16—20 апр. 2007 г. — Пермь, 2007.

2. *Проскуряков Н.М., Пермяков Р.С., Черников А.К.* Физико-механические свойства соляных пород. — Л.: Недра, 1973.

3. *Методическое руководство по ведению горных работ на рудниках Верхнекам-*

ского калийного месторождения. — М.: Недра, 1992.

4. *Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей.* Технологический регламент. — СПб, 2008.

5. *Барях А.А., Асанов В.А., Паньков И.Л.* Физико-механические свойства соляных пород Верхнекамского калийного месторождения: учебное пособие. — Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2008. **ПДАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Асанов В.А. — доктор технических наук, профессор, e-mail: ava@mi-perm.ru;

Евсеев А.В. — аспирант, младший научный сотрудник, e-mail: evseev@mi-perm.ru;

Токсаров В.Н. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: [tokсарov@mi-perm.ru](mailto:toksarov@mi-perm.ru)

Горный институт, Уральское отделение РАН.



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
НАУЧНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «ГЕОМАРК»			
АСАЙНОВ Сергей Турсунович	Разработка метода оценки безотказной работы систем вентиляции и управления газовыделением выемочных участков угольных шахт	05.26.01	к.т.н.