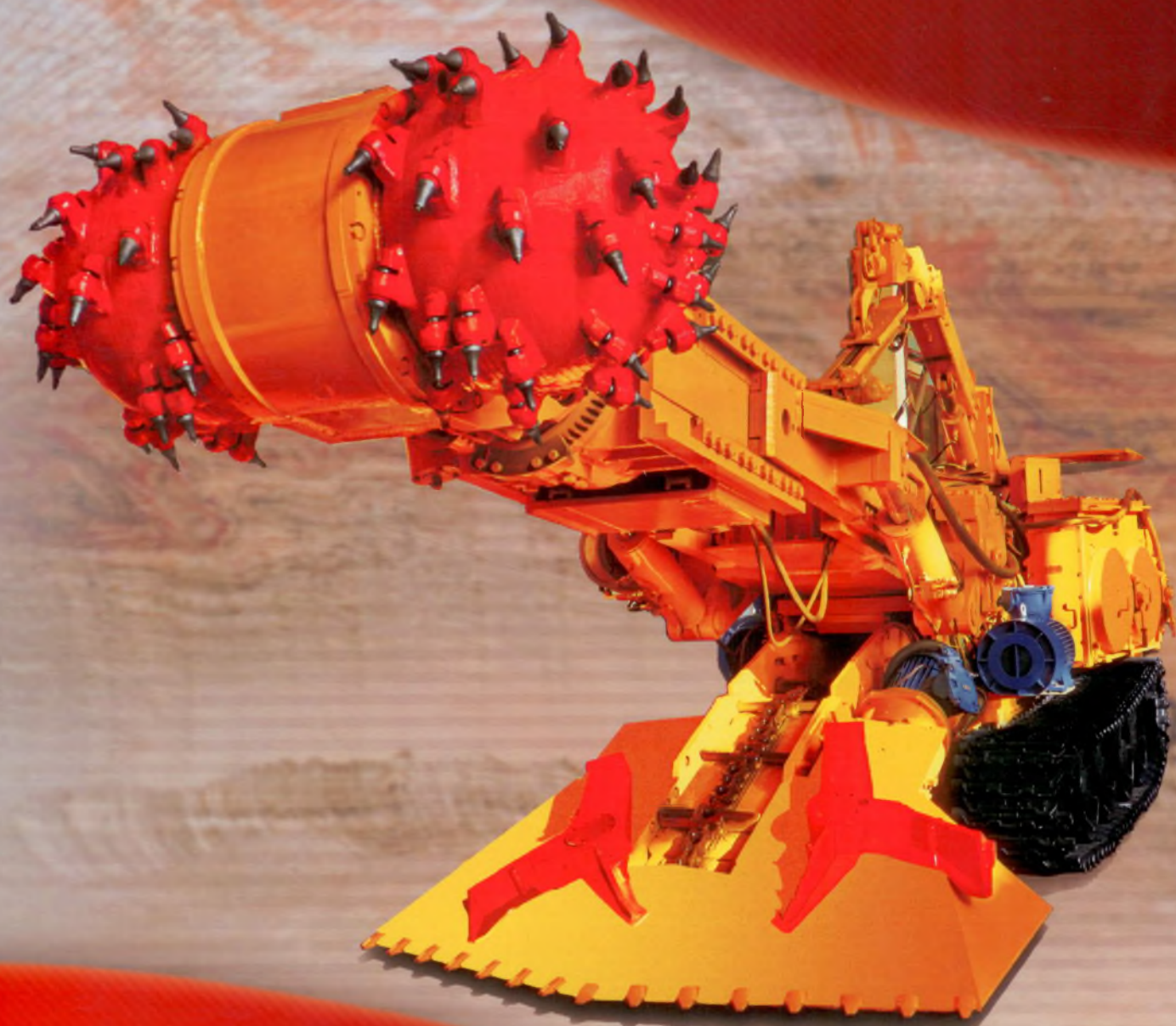


ISSN 1728-3841

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



2015 № 3

# ГОРНАЯ МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 622.234.44:363.2

## ВОЗДЕЙСТВИЕ РАССОЛОВ НА СОЛЯНЫЕ ПОРОДЫ

Зольников Н.А., Климович В.В., Титова Н.В., Дешковский В.Н. (ОАО «Белгорхимпром», г. Солигорск, Беларусь)

*Представлены результаты лабораторных исследований воздействия насыщенных и ненасыщенных рассолов на образцы горных пород. В лабораторных условиях определен предел прочности на одноосное сжатие образцов соляных пород в зависимости от времени их увлажнения насыщенными и ненасыщенными рассолами, определены количественные показатели растворения образцов и физической модели.*

### Введение

Обследование горных выработок, по которым происходило движение рассолов, поступающих из забоя разведочной выработки № 12 юго-западного направления горизонта – 445 м рудника 2 РУ, показало:

- поступающий рассол агрессивен к соляным породам;
- наблюдается увлажнение и растворение преимущественно сильвинита, частичное растворение каменной соли в составе соляных пород;
- наблюдается увлажнение, набухание и размыв глиен в глинистых слоях и прослоях в составе соляных пород.

В большей степени растворение соляных пород вокруг выработки происходит по контакту глинистых прослоек с сильвинитовыми породами. Это может объясняться более быстрым увлажнением глинистых прослоек рассолами и большей проницаемостью вглубь массива и, как следствие, растворением сильвинита по контакту, что подтверждается исследованиями других авторов [1, 2]. Возможное ослабление и образование микрополостей способствует ускорению циркуляции рассолов по этим каналам как вглубь массива, так и вдоль выработки.

Воздействие рассолов на соляные породы на участке возведения гидроизоляционных перемычек является актуальной задачей.

### Результаты исследований

Рассол, поступающий в разведочную выработку № 12 на шахтном поле 2 РУ, образовался при выщелачивании преимущественно каменной соли, не насыщен по КСl (таблица). Поэтому поступление такого рассола в горные выработки, а так же движение его по контакту «гидроизоляционная перемычка - соляные породы» (рисунок 1) приводят к растворению сильвинита в составе соляных пород.

Для оценки воздействия ненасыщенного рассола на соляные породы выбраны следующие показатели: потеря массы и объема, скорость уменьшения массы и объема вследствие увлажнения и растворения соляных пород, предел прочности на одноосное сжатие. Оценка воздействия насыщенного рассола на соляные породы выполнена по пределу прочности на одноосное сжатие.

Для проведения исследований по изучению воздействия ненасыщенного рассола на соляные породы в выработке юго-западного направления горизонта – 445 м рудника 2 РУ были отобраны монолиты из сильвинитового слоя 2. В экспериментах использовался ненасыщенный рассол, отобранный из забоя разведочной выработки № 12 юго-западного направления горизонта – 445 м рудника 2 РУ.

Таблица – Химический состав рассолов из забоя разведочной выработки № 12 и в рассолосборнике на руднике 2 РУ

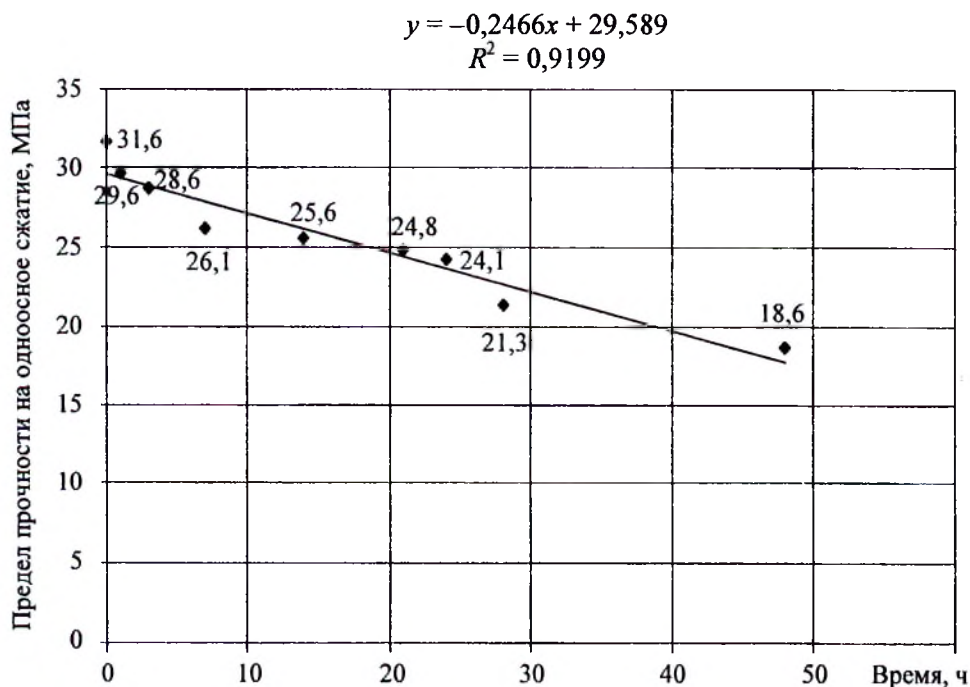
Место отбора рассолов, дата	Массовая доля солей, %						∑ солей, %	Минерализация, г/л	Сухой остаток, %
	KCl	NaCl	CaSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	MgCl <sub>2</sub>	NaBr			
Забой разведочной выработки № 12 12.08.2011	0,21	23,87	0,41	0,16	0,31	-	24,5	292	24,54
Забой разведочной выработки № 12 15.09.2011	0,207	23,059	0,432	0,086	0,324	0,015	24,127	287,4	24,13
Средние показатели рассола из забоя разведочной выработки № 12 с 12.08.2011 по 15.09.2011	0,208	23,56	0,421	0,123	0,317	0,015	24,31	289,7	24,33
Рассолосборник 03.09.2011	0,56	24,71	0,425	0,152	0,286	0,013	26,14	311,2	26,10



Рисунок 1 – Растворение сильвинитовых пород (справа) в боковой стенке разведочной выработки № 12 по контакту с временной гидроизоляционной перемычкой (слева)

Методика проведения исследований заключалась в следующем. Из одного породного слоя в сильвинитовом монолите изготовили образцы кубической формы с величиной граней 5 см, из которых 3 образца являлись контрольными для получения среднего значения предела прочности сильвинитовых пород на одноосное сжатие при естественной влажности (без увлажнения рассолом). Остальные сильвинитовые образцы погружались в емкости с ненасыщенным рассолом, и после выдерживания (увлаж-

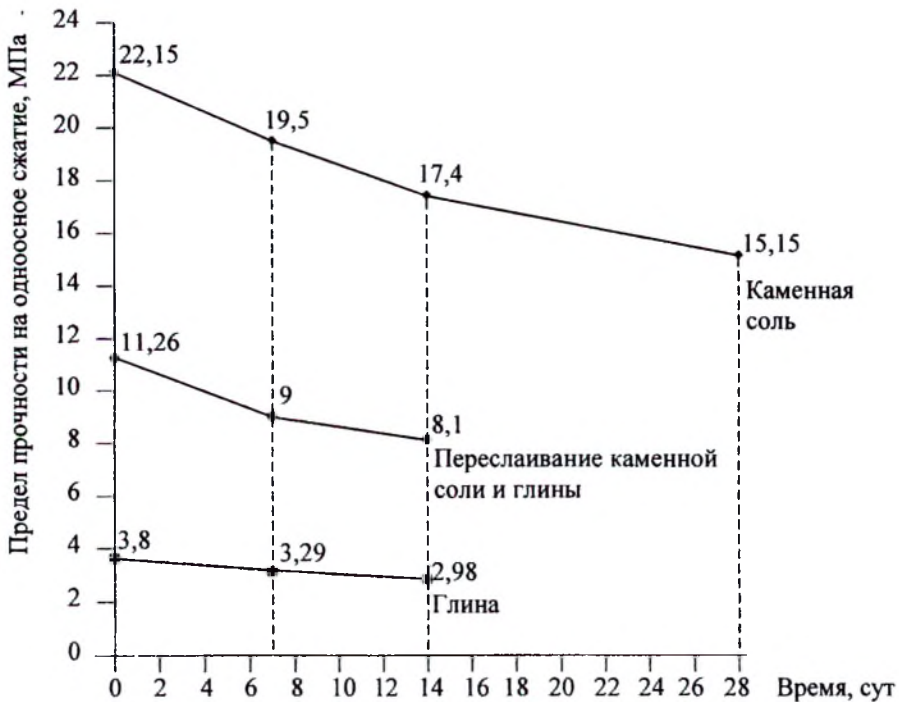
нения) в течение 1, 3, 7, 14, 21, 24, 28, 48 часов определяли предел прочности на одноосное сжатие с помощью гидравлического прессы ПММ-125 в соответствии с ГОСТ-21153.2-84. Каждый исследуемый образец помещался в отдельную емкость с одинаковым объемом рассолов в количестве 1 литр без его циркуляции. Результаты лабораторных исследований показали, что под воздействием ненасыщенного рассола очень быстро уменьшаются прочностные свойства сильвинитовых образцов (рисунок 2), что подтверждено результатами других исследователей [2-4]. По истечении 48 часов нахождения в ненасыщенном рассоле уменьшение прочностных свойств составило 41 %.



**Рисунок 2 – Предел прочности на одноосное сжатие сильвинитовых образцов в зависимости от времени нахождения их в ненасыщенном рассоле**

При выдержке образцов сильвинитовых пород в ненасыщенном рассоле более 2-х суток происходило существенное изменение их первоначальной формы. На гранях сильвинитовых образцов появлялись ячеистые полости неправильной формы, которые проникали внутрь образца на 5-10 мм, что не позволяло получить достоверные данные при определении фактической площади поверхности сжатия и высоты образца для определения предела прочности на одноосное сжатие.

Аналогичные исследования были проведены на соляных образцах различного состава, состоящих из каменной соли и глинистых пород, при воздействии на образцы насыщенного рассола (оборотный маточный раствор обогатительной фабрики 4 РУ). Образцы горных пород изготовили из кернов геологоразведочной скважины № 495S, пробуренной в кровлю выработки сбора рассолов № 34 на горизонте – 440 м рудника 4 РУ. Результаты лабораторных исследований показали, что с увеличением времени воздействия (увлажнения) насыщенного рассола на образцы соляных пород их прочностные свойства уменьшаются (рисунок 3). Следовательно, массив пород по контуру горной выработки, заполненной рассолами, с течением времени будет ослабляться на 22-32 %. В этой связи породы по контуру горной выработки могут дополнительно деформироваться и разрушаться.



**Рисунок 3 – Предел прочности на одноосное сжатие образцов соляных пород в зависимости от времени нахождения их в насыщенном рассоле**

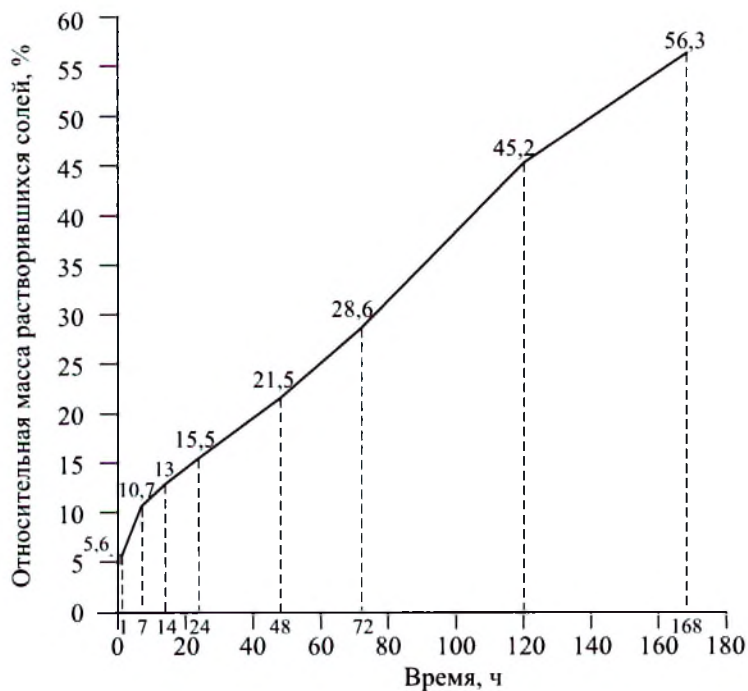
Эксперименты по определению количественных показателей изменения формы и массы образцов, скоростей уменьшения массы и объема вследствие увлажнения и растворения сильвинитовых пород в ненасыщенном рассоле проводились по следующей методике. Так же как и в предыдущем случае из монолитов изготовили сильвинитовые образцы кубической формы с величиной граней 5 см. Определялись геометрические размеры образцов ( $a$ ,  $b$ ,  $h$ ), объем, масса: в естественном состоянии; в увлажненном состоянии после выдерживания в ненасыщенном рассоле; в сухом состоянии (после сушки при температуре 100–110 °С) после выдерживания в ненасыщенном рассоле.

Шесть образцов являлись контрольными для определения плотностных и влажностных свойств образцов сильвинитовых пород в их естественном состоянии для получения сравнительных данных по всем показателям и их изменениям при воздействии ненасыщенного рассола.

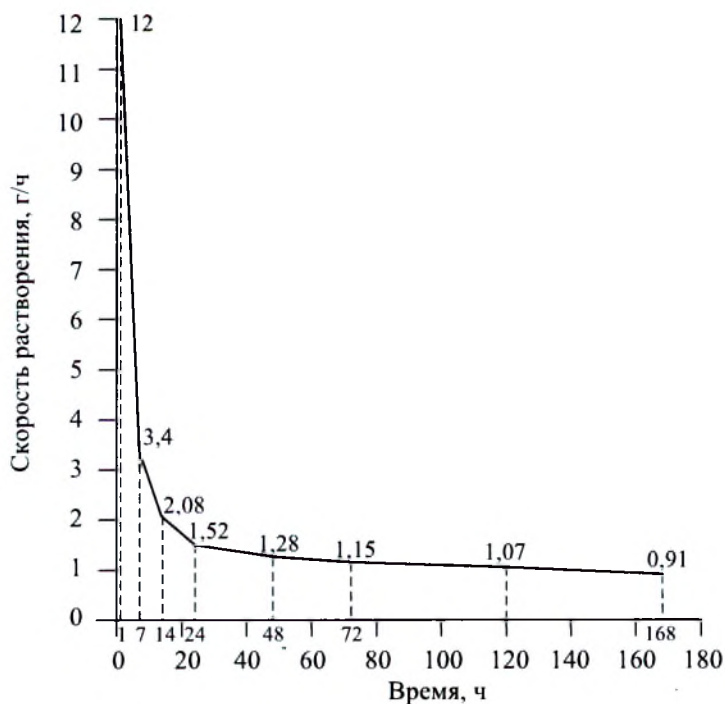
Каждый образец помещался в отдельную емкость с одинаковым объемом ненасыщенного рассола в количестве 1 литр без его циркуляции. Образцы выдерживались (увлажнялись) в течение 1, 7, 14, 24, 48, 72, 120, 168 часов. При воздействии на образцы постоянного объема рассолов без его циркуляции и без постоянного пополнения новыми рассолами происходило уменьшение их массы (рисунок 4).

Скорость растворения сильвинитовых пород в образцах наиболее высока в первые часы, за семь часов она составила 72 % (рисунок 5). Растворению в первую очередь подвергаются породы с более высоким содержанием КСI. Используя полученные данные, ориентировочно определен объем растворенных сильвинитовых пород в стенках выработки по ее периметру и параметры увеличения ширины выработки вследствие растворения сильвинитовых пород. Так за сутки при скорости растворения 1,52 г/ч объем растворенных пород составит 17,4 см<sup>3</sup>, за 3 суток при скорости растворения 1,15 г/ч – 34,4 см<sup>3</sup>, за 7 суток соответственно – 72,8 см<sup>3</sup>. Учитывая, что в первую очередь растворяются сильвинитовые слои 2 и 3, суммарная мощность которых составляет около 2,8 м

по периметру выработки, то глубина растворения сильвинитовых пород на этих участках составит: за 1 сутки 0,6 мм, за 3 суток 1,4 мм, за 7 суток 2,6 мм.



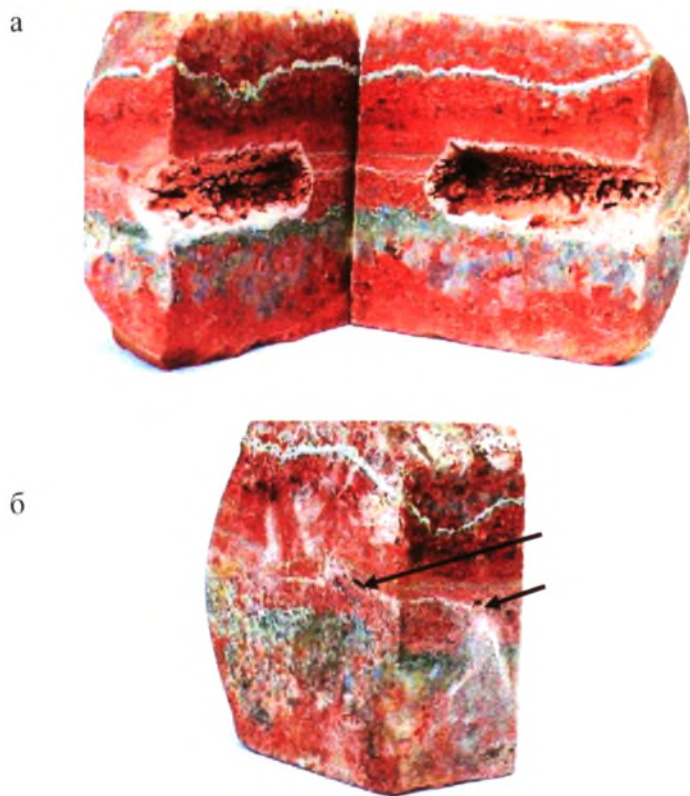
**Рисунок 4 – Изменение относительной массы сильвинитовых образцов в зависимости от времени воздействия ненасыщенных рассолов**



**Рисунок 5 – Скорость растворения сильвинитовых пород в зависимости от времени воздействия постоянного объема ненасыщенного рассола**

Эти приближенные данные определены для условия отсутствия движения и циркуляции рассола в горной выработке и могут быть использованы для прогноза величины растворения сильвинитовых пород у герметичной гидроизоляционной перемычки. Фактически, при постоянном рассолопритоке в объеме  $4,5 \text{ м}^3/\text{час}$  или  $108 \text{ м}^3/\text{сутки}$  рассол может обновляться в сечении выработки у гидроизоляционной перемычки за 1 сутки не менее 13,5 раз. Следовательно, скорость и объем растворенных сильвинитовых пород в боковых стенках выработок будут существенно выше, а, следовательно, и глубина растворения внутрь массива. Наличие глинистых прослоек в составе сильвинитовых слоев из-за их способности к насыщению влагой и ее фильтрации еще в большей степени ускоряют процесс растворения. Исходя из предполагаемого значения суточной циркуляции ненасыщенного рассола, глубина растворения может достигать: за 1 сутки до 8 мм, за 3 суток до 18,9 мм, за 7 суток до 35 мм.

Оценка воздействия постоянного объема ненасыщенного рассола на приконтурный массив вокруг горной выработки выполнялась в лабораторных условиях на физической модели из сильвинитовой породы. Отверстие диаметром 30 мм в физической модели, имитирующее горную выработку, заполнили ненасыщенным рассолом и создали избыточное давление 0,2 МПа. Разгерметизация модели произошла по истечении 44-х суток после ее выдержки под давлением 0,2 МПа через растворенные полости в боковой и торцевой стенках модели (рисунок 6).



стрелками показаны места разгерметизации;

а – внутренняя сторона модели; б – внешняя сторона модели

**Рисунок 6 – Характер разгерметизации физической модели вследствие растворения сильвинитовых пород**

На продольном разрезе физической модели отчетливо видно, что растворение происходит одновременно не по всей полости отверстия (выработки). Ячеистая форма

полостей растворения, их неравномерное распределение по стенкам свидетельствуют о том, что в первую очередь растворяются участки и области с более высоким содержанием солей калия и магния.

### Выводы

По результатам лабораторных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Увлажнение соляных пород насыщенным рассолом приводит к уменьшению их прочности: каменной соли на 32 %, пород с переслаиванием каменной соли и глины на 28 %, глинистых пород на 22 %.

2. Увлажнение сильвинитовых пород ненасыщенным рассолом приводит к уменьшению их прочности на 41 %.

3. В стационарных условиях при отсутствии циркуляции ненасыщенного рассола скорость растворения сильвинитовых пород в течение первых 14 часов изменяется от 12 до 2,1 г/ч. В течение последующих 154 часов (6,4 суток) уменьшается с 2,1 г/ч до 0,9 г/ч, что в среднем составляет 1,2 г/ч.

4. Основным фактором воздействия ненасыщенных рассолов на приконтурный массив горной выработки является быстрое растворение сильвинитовых пород по контуру выработки.

5. Одним из мероприятий по уменьшению растворения соляных пород, сохранению их устойчивости вблизи гидроизоляционных перемычек с целью повышения их герметичности и срока службы может быть дополнительная гидроизоляция пород по контуру горной выработки со стороны поступления рассолов.

### Список использованных источников

1. Полянина, Г.Д. Технология и безопасность разработки Верхнекамского калийного месторождения / Г.Д. Полянина, А.Н. Земсков, Ю.Н. Падерин; под ред. О.А. Ханжина. – Пермь: Кн. изд-во, 1990. – 262 с.

2. Зильбершмидт, В.Г. Исследования влажности горного соляного массива и ее влияние на прочностные свойства пород Верхнекамского калийного месторождения / В.Г. Зильбершмидт, О.А. Тиментеев // Технология и безопасность горных работ. – 1976. – С. 132-137.

3. Проскуряков, Н.М. Физико-механические свойства соляных пород / Н.М. Проскуряков, Р.С. Пермяков, А.К. Черников; под ред. И.Г. Сидорова. – Л.: Недра, 1973. – 271 с.

4. Асанов, В.А. Влияние рассолов на механические свойства соляных пород / В.А. Асанов, А.В. Евсеев // ГИАБ. – 2010. – № 2. – С. 363-366.

---

Zolnikov N.A., Klimovich V.V., Tsitova N.V., Deshkovsky V.N.

### Brines' influence on salt rocks

*The laboratory investigation results of the influence of saturated and unsaturated brines into salt rock samples are presented. In the laboratory conditions were obtained uniaxial compression strength of salt rock samples depending on their moistening time with saturated and unsaturated brines. Quantitative measures of the dissolution of salt rocks samples and the physical model were obtained.*

Поступила в редакцию 01.04.2015 г.