

УДК 622.831

**Е.В. Бильдушкинов, В.Д. Гухман, С.А. Константинова,
В.В. Латынин, В.А. Соловьев**

**ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ
ВЫРАБОТОК НА РУДНИКЕ «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНЫЙ»
АК «АПРОСА»***

Семинар № 2

Рудник «Интернациональный» с 1999 г ведет разработку подкарьерных запасов кимберлитовой трубки на глубинах 600,0–960,0 м. Ведется подготовка к отработке запасов второй очереди на глубинах 545,0–600,0 м и 960,0–1090,0 м.

В диапазоне глубин 556,3–876,5 м кимберлитовая трубка пересекает породы Чарской свиты, сложенные слоями из каменной соли и осадочных пород (доломиты, известняки и пр.) Выше и ниже по разрезу залегают пласты осадочных пород.

Проблема устойчивости горнокапитальных и горноподготовительных выработок остро встала в конце 2002 г. [1, 2], когда повсеместно были обнаружены разрушения железобетонной крепи выработок, деформации несущих конструкций, пучение почвы с нарушением рельсовых путей.

Начиная со середины 2003 г на руднике «Интернациональный» проводится геомеханический мониторинг состояния капитальных и подготовительных выработок в соответствии с

методикой, разработанной сотрудниками ОАО «Галургия» и института «Якутнипроалмаз».

Цель геомеханического мониторинга состоит в том, чтобы на основе актуальных данных о свойствах и состоянии пород, вмещающих горные выработки, а также крепи подземных сооружений, оперативно выдавать заключения о возможности дальнейшей эксплуатации выработок или рекомендации по мерам их охраны, включая ремонт.

Задачами геомеханического мониторинга являются

- визуальные и инструментальные наблюдения за эволюцией геологической среды, а также крепи подземных сооружений;
- оценка в лабораторных (на образцах) и натуральных условиях прочностных, деформационных и реологических показателей горных пород;
- изучение процессов деформирования и разрушения пород, окружающих незакрепленные и закрепленные горные выработки методами

*Работы проводятся при финансовой поддержке АК «АПРОСА» и частично поддерживаются РФФИ (проект 07-01-97613 р-офи).

математического моделирования.

На шахтном поле рудника «Интернациональный» установлены 20 реперных станций, оборудованных 115 контурными и глубинными реперами с гибкими тягами конструкции ОАО «Галургия». Глубина заложения реперов находится в диапазоне от 0,3 до 15,0 м. Периодичность замеров составляет 3–4 раза в год.

Инструментальные и визуальные наблюдения проводятся на всех рабочих горизонтах рудника во всех основных типах выработок и их сопряжениях.

Для накопления банка данных по результатам натуральных измерений и их первичной обработки с построением графиков смещений приконтурных пород и конвергенции контура горных выработок, а также накопления банка фотографий с периодическим фиксированием состояния крепи горных выработок и их сопряжений создано программное обеспечение «Diamond». В электронную базу данных внесены сведения о местоположении замерной станции и геологическом строении пород.

Некоторые результаты геомеханического мониторинга приведены в работах [3–6]. Ниже излагаются особенности поведения во времени пород, окружающих горные выработки, в зависимости от основных влияющих горно-геологических и горнотехнических факторов (глубины расположения выработки, типа вмещающих ее пород, площади поперечного сечения выработки, типа ее крепи, степени изрезанности породного массива близрасположенными выработками).

Горные выработки горизонтов №№ 4–6 рудника (глубина расположения $H = 620 - 780$ м) размещены в соленосных породах, представляющих собой переслаивание пластов каменной соли слоями из доломитов и известня-

ков, а выработки 8-го горизонта ($H = 960$ м) – в осадочных породах (доломиты и известняки). Основными видами крепи горных выработок в солевых породах являются анкерное, а в осадочных – металлические арки из профиля СВП. Выработки, примыкающие к шахтным стволам, и камеры различного назначения, в том числе и общешахтные бункеры, закреплены монолитной бетонной крепью.

Замерные станции заложены в наиболее информативных точках рудника: в одиночных выработках 4 и 6-го горизонтов (выработка к закладочным скважинам и сбойка № 2), вблизи клетового ствола на горизонтах № 4 и № 6 (сопряжение и камера ожидания), камерах 5-го горизонта (КОСО и РПП), вблизи сопряжения двух выработок на 6-ом горизонте (квершлаг со сбойкой № 2), сопряжение скипового ствола с дозаторной камерой на отметке 803 м и в конвейерном штреке на глубине 801 м, а также на сопряжениях шахтных стволов с подходными выработками на всех рабочих горизонтах.

Для анализа степени влияния горно-геологических факторов (глубина расположения выработки, геологического строения вмещающего породного массива) рассмотрены результаты мониторинговых наблюдений на замерных станциях № 1 и № 2. Геологическое строение породного массива и схема установки реперов показаны на рис. 1. Станция № 1 оборудована в выработке, проведенной к закладочной скважине на горизонте № 4 ($H = 620$ м), станция № 2 – в сбойке № 2 между квершлагами № 1 и № 2 на горизонте № 6 ($H = 780$ м). Обе выработки могут считаться одиночными, имеют арочную форму, площадь поперечного сечения $S = 13,9$

м², закреплены анкерами длиной 1,8 м по сетке 0,8 × 0,8 м.

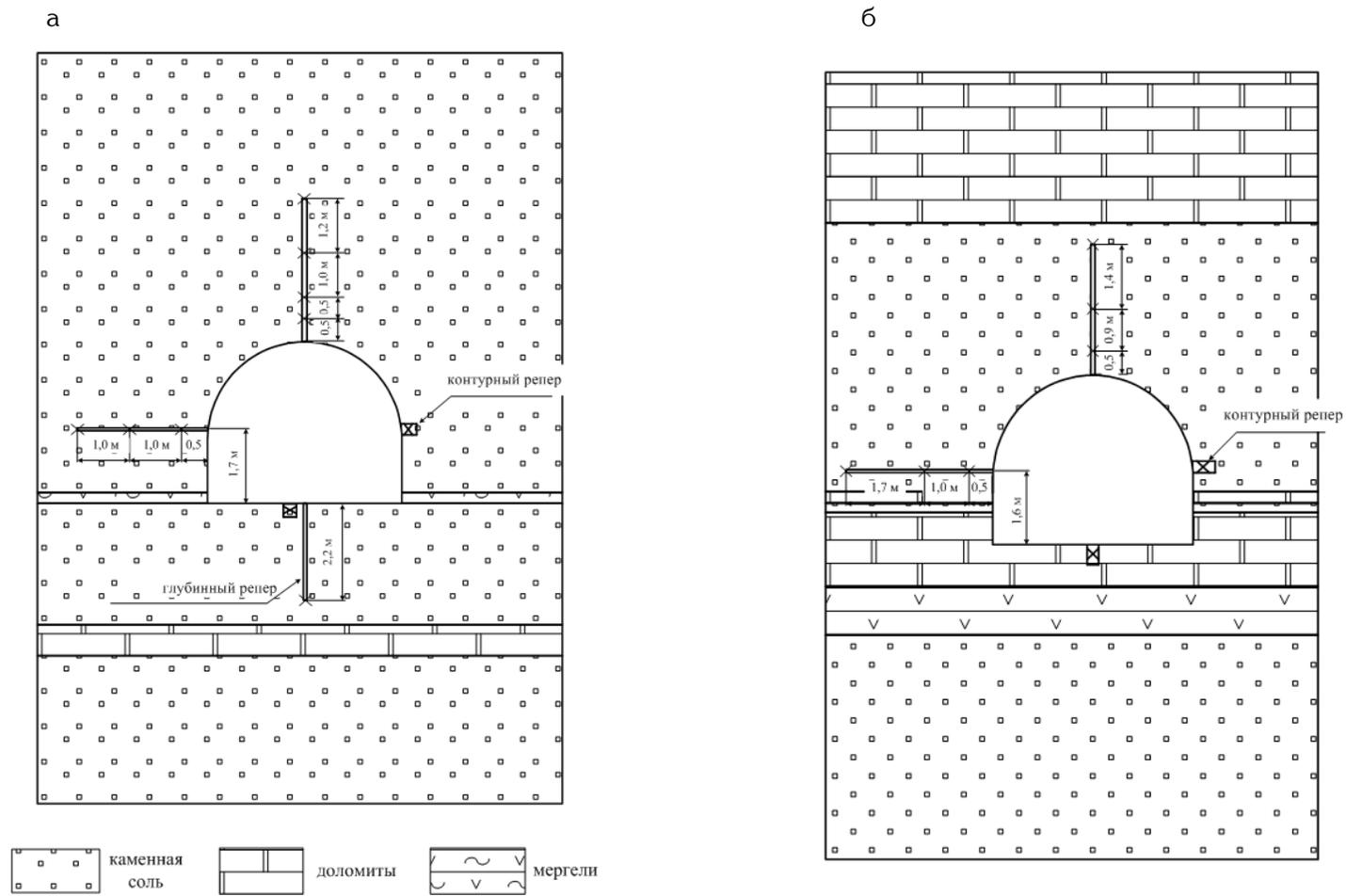


Рис. 1. Геологическое строение породного массива и схемы реперных станций: а – станция № 1; б – № 2

Некоторые результаты мониторинга
(период наблюдений с 05.06.2003 по 24.08.2007)

№ станции	Краткая характеристика экспериментальной выработки	S, м ²	H, м	Средняя скорость горизонтальной конвергенции породного контура, мм/год
1	Закладочный уклон, горизонт № 4	13,9	620	2,92
2	Сбойка № 2 между квершлагами, горизонт № 6	13,9	780	3,54
7	Камера ремонта самоходного оборудования, горизонт № 5	38,0	690	7,24

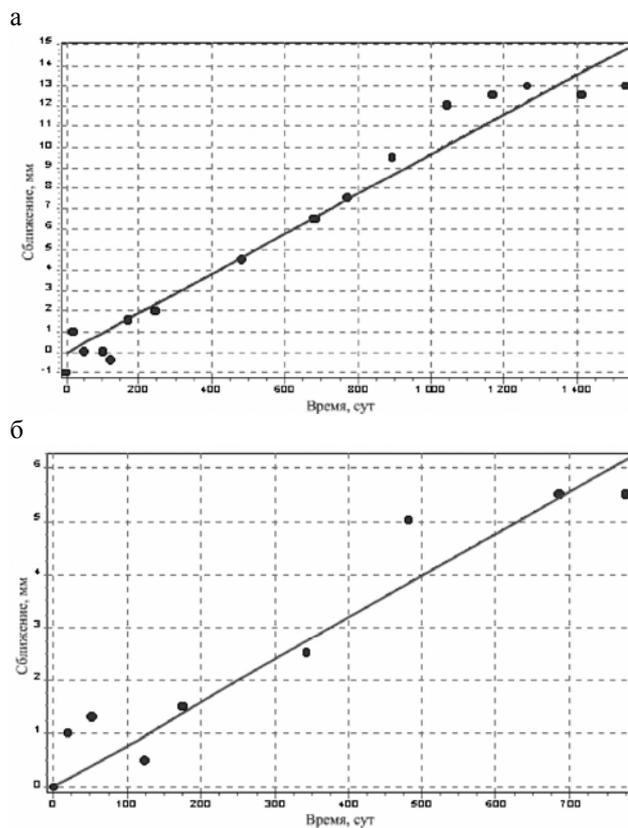


Рис. 2. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) сближения контурных реперов на станции № 1 (горизонт № 4, H = 620 м)

ном направлении равны и составляют всего 2,92 мм в год;

- на станции № 2 вертикальная конвергенция породного контура в 2 раза превышает горизонтальную.

Инструментальными за-
мерами установлено, что

- в массиве каменной соли поле естественных напряжений близко к гидростатическому;
- ползучесть соленосных пород не затухает во времени, а ее скорость нелинейно зависит от глубины расположения выработки;

На рис. 2 и 3 показаны графики зависимости от времени конвергенции породного контура экспериментальных выработок, из которых видно, что

- на станции № 1 влияние скорости конвергенции породного контура в горизонтальном и вертикаль-

- область эффективного влияния одиночной выработки на смещение приконтурных пород составляет $(1,5 \text{ ч } 2,0)R$, где R – средний радиус выработки;

- наличие в геологическом разрезе слоя «неползуших» пород (типа доломитов, ангидритов, мергелей)

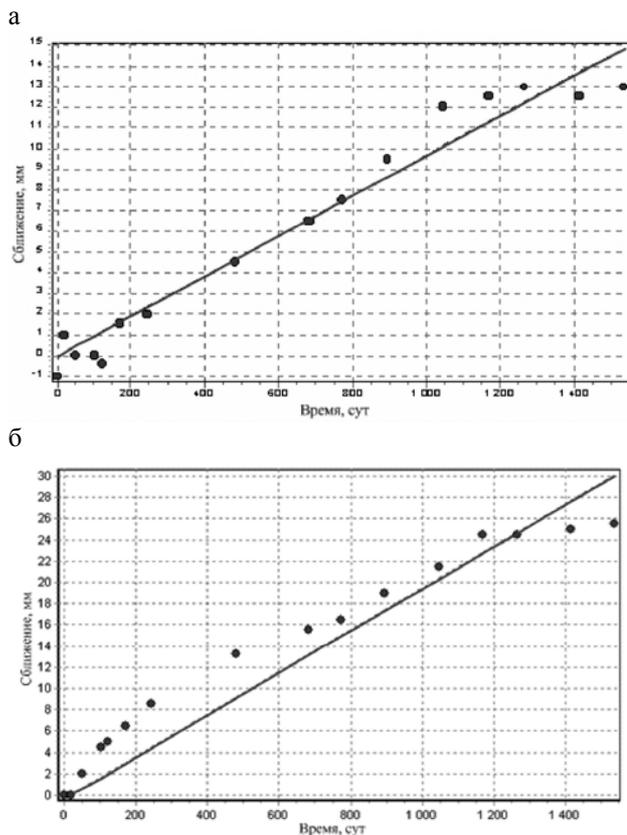


Рис. 3. Горизонтальные (а) и вертикальные (б) сближения контурных реперов на станции № 2 (горизонт № 6, $H = 780$ м)

Большинство этих результатов не являются новыми и были ранее [7] установлены для других месторождений (Верхнекамское месторождение калийных и калийно-магневых солей в России, Старобинское месторождение калийных солей в Белоруссии). Новизна полученных результатов состоит в количественной оценке деформационных и реологических показателей соленосных пород Чарской свиты.

На рис. 4 приведен график зависимости от времени конвергенции породного контура в вертикальном направлении на станции № 5,

которая расположена в районе сопряжения клетового ствола с выработками околоствольного двора на горизонте № 6 ($H = 780$ м).

Экспериментальная выработка имеет сечение площадью $S = 6,5 \text{ м}^2$ и закреплена металлическими арками из профиля СВП. За период наблюдений скорость конвергенции породного контура экспериментальной выработки составила 16,31 мм/год в горизонтальном направлении и 17,66 мм/год – в вертикальном. Использование податливой арочной крепи обеспечило безопасную эксплуатацию экспериментальной выработки в условиях интенсивной ползучести приконтурных пород.

приводит к уменьшению скорости конвергенции породного контура выработки, но в любом случае ползучесть пород не затухает во времени;

- увеличение площади поперечного сечения выработки приводит к увеличению скорости смещения породного контура выработки (таблица);
- при повышении коэффициента изрезанности массива [7] близрасположенными горными выработками в значительной степени возрастает конвергенция породного контура экспериментальной выработки;
- во всех экспериментальных выработках наблюдается пучение почвы.

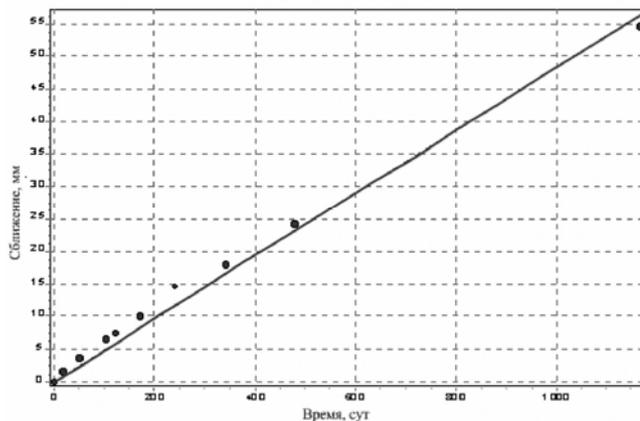


Рис. 4. Вертикальные сближения контурных реперов на станции № 5 (горизонт № 6, $H = 780$ м)

На станции № 6 ($H = 801$ м), которая оборудована в районе сопряжения скипового ствола с подходной выработкой, имеют место значительная глубина, увеличение площади поперечного сечения экспериментальной выработки и высокий коэффициент изрезанности массива выработками различного производственного назначения (общешахтный бункер, дозаторная камера скипового ствола).

Некоторые результаты геомеханического мониторинга изложены в работе [8].

Основываясь на результатах инструментальных измерений и визуальных наблюдений с периодическим фотографированием наиболее характерных изменений состояния крепи и сопоставления состояния объектов фотографирования с течением

времени, а также результатов математического моделирования смещения приконтурных пород и их сравнения с измеренными величинами были разработаны и утверждены в установленном порядке «Временная инструкция по креплению

горных выработок на руднике «Интернациональный» и «Регламент на поддержание в эксплуатационном состоянии горных выработок...». Учитывая результаты мониторинга по руднику «Интернациональный» и схожесть пород Чарской свиты на строящемся руднике «Мир» разработан «Регламент на проведение и крепление горных выработок на руднике «Мир»...».

Оценивая эффективность многолетнего геомеханического мониторинга, следует сказать, что использование его результатов позволяет получать объективную оценку состояния крепи и поведения окружающих пород в целом по руднику и своевременно предпринимать необходимые меры по предупреждению негативных проявления горного давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинова С.А. Особенности проявления горного давления в окрестности капитальных выработок на руднике «Интернациональный» АК «АЛРОСА»/С.А. Константинова, В.А. Соловьев, В.И. Воронцов и др.//Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГУ, 2004. –№7. – С.40 – 43.

2. Константинова С.А. Некоторые проблемы строительства и эксплуатации подземных сооружений в соленосных породах Чарской свиты на подземных рудниках АК «АЛРОСА» и пути их решения / С.А. Константинова, Н.П. Крамсков, А.П. Филатов, М.К. Сороченко// Горный информационно-анали-

тический бюллетень.-М.: МГГУ, 2004.- №11.-С. 210 – 214.

3. *Константинова С.А.* О проявлении горного давления в окрестности капитальных выработок на руднике «Интернациональный» АК «АПРОСА»/ С.А. Константинова, В.А. Соловьев, А.Н. Черепнов // Маркшейдерский вестник. – 2005.-№ 4. – С. 62 – 64.

4. *Константинова С.А.* Прочностные и деформационные характеристики пород, вмещающих кимберлитовую трубку «Интернациональная» / С.А. Константинова, А.С. Кульминский, Н.П. Крамсков // Изв. Вузov, Горн. журн. – 2005. – № 5. – С. 118 – 120.

5 *Константинова С.А.* Геомеханический мониторинг состояния соленосных пород вокруг горных выработок на руднике «Интернациональный» АК «АПРОСА» /С.А. Константинова, Н.П. Крамсков,

А.С. Кульминский, В.А. Соловьев, А.Н. Черепнов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2006. – №4. – С. 105 – 110.

6. *Константинова С.А.* Некоторые особенности деформирования соленосных пород вокруг капитальных горных выработок /С.А. Константинова, А.С. Кульминский, В.А. Соловьев //// Изв. вузов, Горн. журн. – 2007. – № 1. – С. 57 – 62.

7. *Боликов В.Е., Константинова С.А.* Прогноз и обеспечение устойчивости капитальных горных выработок. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 374 с.

8. *Гухман В.Д.* Некоторые результаты мониторинга состояния капитальных и подготовительных выработок на руднике «Интернациональный» /В.Д. Гухман, С.А. Константинова, Н.П. Крамсков, А.С. Кульминский, В.А. Соловьев // Горн. журнал. – 2006. – № 8. – С. 80 – 83. **ИДБ**

— Коротко об авторах —

Бильдушкинов Е.В. – инженер, рудник «Интернациональный», АК «АПРОСА», г. Мирный,

Гухман В.Д. – зам. главного инженера по подземным работам Мирнинского ГОКа АК «АПРОСА», г. Мирный,

Константинова С.А. – профессор, докт. техн. наук, зав. лабораторией геодинамической безопасности ОАО «Галургия», г. Пермь,

Латынин В.В. – начальник рудника «Интернациональный», АК «АПРОСА», г. Мирный,

Соловьев В.А. – докт. техн. наук, вед. научн. сотрудник ОАО «Галургия», г. Пермь.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 2 симпозиума «Неделя горняка-2008». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.Л. Шкуратник*.

