© В.А. Еременко, В.Н. Филиппов,
В.В. Дорогунцов, Е.А. Белоусов,
А.И. Федоренко, 2005

УДК 622.831:622.2

В.А. Еременко, В.Н. Филиппов, В.В. Дорогунцов,
Е.А. Белоусов, А.И. Федоренко

РАЙОНИРОВАНИЕ ВЫРАБОТОК ПО СПОСОБАМ КРЕПЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Семинар № 2

В условиях неравномерного поля напряжений в блоках целиках Шерегешевского месторождения оптимальные форма и размеры поперечного сечения выработок такие, при которых объемы зоны хрупкого разрушения минимальные. Эти зоны соответствуют участкам опасных концентраций напряжений. Рост напряжений наблюдается в массиве вокруг выработок, пройденных в крепкий породах на глубине, где гравитационные силы не достигали значений предела прочности породы.

Одной из наиболее трудоемких операций в общей технологии добычи руды является проведение горных выработок – приходится трудоемкости около 30% от общей доли. Повышение производительности труда и других технико-экономических показателей проходки выработок достигается за счет увеличения глубины заходки, взрываемой за один прием с обеспечением перераспределения зоны опорного давления вглубь массива горных пород.

На шахте Шерегешевского месторождения при системе разработки этажного принудительного обрушения проведение, например, откаточных ортов осуществляют через 27 м вкрест простирания рудных тел по направлению главных составляющих напряжений. Работы по проходке выработок площадью 10,2 м^2 выполняется по породе и магнетитовой руде (коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову 12÷18) при бурении шпуров глубиной 2,5÷2,7 м.

Технология проведения горизонтальных выработок с применением комплекта шпуров диаметром 40-43 мм заключается в следующем. В центральной части забоя выбуривается компенсационная скважина, диаметром 105 мм, длиной не менее 20 м. Скважина также служит для определения категории, удароопасности методом электрометрии. Вруб состоит из четырех параллельных шпуров, глубиной 2,5 м, расположенных по вершинам ромба вокруг скважины. Длина диагоналей ромба, а также расположение шпуров во врубе изменяются в зависимости от физико-механических свойств горных пород – 250÷350 мм. Оконтуривающие шпуры выбуриваются на расстоянии 650-1000 мм один от другого и 250-350 мм от проектного контура выработки под углом 2-3° по отношению к стенке орта. Число шпуров составляет 14, всего 40.

Шпуры заряжают патронированным аммонитом 6ЖВ. Для обеспечения обратного направления инициирования патрон-боевик размещают в донной части заряда. Способ взрывания огневой с применением ЗП. Интервалы замедления между группами зарядов ВВ колеблются от 2 до 10 с.

Анализ результатов проходки выработок показал, что переход на новую схему расположения шпуров вокруг компенсационной скважины позволил увеличить коэффициент использования шпуров

до 0,95÷0,97; сократить время обуривания забоя за счет уменьшения числа шпуров; уход составил 2,37 м.

На Шерегешевском месторождении 70-80 % динамических явлений связаны со взрывными работами. Наиболее значительное влияние на горные выработки оказывают взрывы в процессе оформления компенсационных камер, а также выполнения операций по обрушению панелей. После них в различных районах шахтного поля регистрируются обрушения горных пород, заколообразование и др. Энергетический класс взрывов, рассчитанный, как и класс динамических явлений, по сейсмограммам, полученным на сейсмостанции «Таштагол», колеблется от 5 до 8,7 и более.

Для оценки состояния выработок при проведении массовых и технологических взрывов установлен критерий удароопасности K_1 нами принято отношение сейсмической энергии, накопленной в массиве горных пород к потенциальной энергии, заключенной во взрыве заряда ВВ, проведены экспериментальные исследования в условиях Шерегешевского месторождения.

Удароопасность массива горных пород после каждого взрыва оценивалась параметром K_1, определяемым из выражения

$$K_1 = \frac{E_в}{\mathrm{J} \cdot \mathrm{Q}}, \qquad (1)$$

где E_B – сейсмическая энергия взрыва, Дж; $E_в = 10^K$, K – показатель энергетического класса, равный $K = 2,76 \cdot \mathrm{lq}\ \tau + 2,24$, где τ – длительность сейсмического события, J – полная удельная работа взрыва заряда ВВ, Дж/кг; Q – масса заряда ВВ (граммонит 79/21), кг.

В результате проведенных взрывов по подготовке и обрушению технологических блоков установлено, что величина K_1 изменялась от 10^{-5} до 10^{-3}, причем величина K_1 характеризовала состояние массива горных пород, где производился взрыв (табл. 1–3). При значениях K_1 близких к нулю, НДС массива не претерпело существенных изменений. При K_1 равном от $3,5 \cdot 10^{-4}$ до 10^{-3} и более, в шахте происходили горные удары, микроудары и толчки, вызвавшие обрушения пород и поднятие железнодорожных путей и т. п. (табл. 4). Определение сейсмической энергии взрывов позволяет оперативно оценивать удароопасность массива, что обеспечит повышение безопасности в шахте и снижение затрат на подготовительно-восстановительные работы.

Прочностные и деформационные характеристики пород Шерегешевского месторождения представлены в табл. 5. Модуль упругости пород изменяется от $2,3 \cdot 10^4$ до $6,9 \cdot 10^4$ МПа, а магнетитовой руды — от $4,1 \cdot 10^4$ до $2,8 \cdot 10^4$ МПа. Коэффициент Пуассона составляет 0,19-0,23.

Для оценки относительной хрупкости горных пород определялись коэффициенты K_1 и K_2, характеризующие склонность материала к хрупкому разрушению за счет упругой энергии, накопленной в самом материале. Результаты испытания образцов горных пород на хрупкость и оценка их удароопасности приведены в табл. 6.

Коэффициенты удароопасности пород, основанные на их хрупкости: $K_1 = \varepsilon_y / \varepsilon_n$ и $K_2 = E / M$, где ε_y – упругая энергия; ε_n – полная энергия; E – модуль упругости; M – модуль спада горной породы.

Критерии оценки по категориям удароопасности приведены ниже.

	Удароопасные	**Неудароопасные**
K_1	>0,7	<0,7
K_2	<1,0	>1,0

Судя по коэффициентам, K_1 >0,7 и K_2 < 1,0, горные породы относятся к

Таблица 1

Оценка удароопасности горных пород при взрывах по участку Главному

Дата	Время	Энерг. класс	Энергия взрыва E, Дж	Кол-во ВВ	Блок	Горизонт, м	Вид взрыва	Критерий удароопасности
02.04.04	7.26	6,7	$4,6\times10^{6}$	8800	14	+255	подсечка	$1,4\times10^{-4}$
02.04.04	23.25	7,0	$5,0\times10^{7}$	7900	56	+185	подсечка	$1,7\times10^{-3}$
11.04.04	12.25	8,7	$7,4\times10^{8}$	314573	56	+255-+185	массовый взрыв	$6,6\times10^{-4}$
22.04.04	7.22	6,0	$3,9\times10^{6}$	3894	14	+255	подсечка	$2,8\times10^{-4}$
23.04.04	8.59	8,2	$6,6\times10^{8}$	7600	56	+185	подсечка	$2,4\times10^{-3}$
27.04.04	23.26	7,1	$5,1\times10^{7}$	5000	56	+185	подсечка	$2,8\times10^{-3}$
1.05.04	7.52	6,7	$4,6\times10^{6}$	2194	56	+185	подсечка	$5,8\times10^{-4}$
07.05.04	7.13	6,1	$4,0\times10^{6}$	9900	14	+255	подсечка	$1,1\times10^{-4}$
07.05.04	23.27	6,7	$4,6\times10^{6}$	4380	56	+185	подсечка	$2,9\times10^{-4}$
14.05.04	7.26	6,2	$4,1\times10^{6}$	4200	56	+185	подсечка	$2,7\times10^{-4}$
18.05.04	23.18	6,0	$3,9\times10^{6}$	2000	14	+255	подсечка	$5,4\times10^{-4}$
20.05.04	16.22	5,8	$3,8\times10^{5}$	1500	14	+325	комп. камера	$1,8\times10^{-5}$
19.05.04	23.20	6,7	$4,6\times10^{6}$	1800	14	+325	комп. камера	$6,3\times10^{-4}$
27.05.04	15.32	6,2	$4,1\times10^{6}$	1200	56	+185	подсечка	$9,5\times10^{-4}$
29.05.04	23.20	6,4	$4,3\times10^{6}$	5600	14	+325	комп. камера	$2,1\times10^{-4}$
02.06.04	23.48	7,0	$5,0\times10^{7}$	3800	56	+185	подсечка	$3,6\times10^{-3}$
03.06.04	23.18	5,9	$3,8\times10^{5}$	1600	14	+255	подсечка	$6,6\times10^{-4}$
11.06.04	23.27	6,7	$4,6\times10^{6}$	9700	14	+255	подсечка	$1,3\times10^{-4}$
20.06.04	13.04	7,7	$5,8\times10^{7}$	312423	14	+325÷+255	массовый взрыв	$5,2\times10^{-5}$
07.09.04	23.21	6,7	$4,6\times10^{6}$	7800	14	+255	подсечка	$1,6\times10^{-4}$
09.09.04	7.26	5,8	$3,8\times10^{5}$	4200	56	+185	подсечка	$2,5\times10^{-5}$
11.09.04.	8.00	5,7	$3,7\times10^{5}$	2600	56	+185	подсечка	$3,9\times10^{-4}$
23.09.04	23.22	6,6	$4,7\times10^{6}$	5780	56	+185	подсечка	$2,2\times10^{-4}$

Таблица 2

Оценка удароопасности горных пород при взрывах по участку Новый Шерегеш

Дата	Время	Энерг. класс	Энергия взрыва Е, Дж	Кол-во ВВ	Блок	Горизонт, м	Вид взрыва	Критерий удароопасности
29.04.04	23.31	7,0	$5,1\times10^{7}$	13600	26-27	+325	подсечка	$1,0\times10^{-3}$
21.05.04	21.17	5,8	$3,8\times10^{5}$	2000	290	+255	комп. камера	$5,0\times10^{-5}$
25.05.04	23.46	5,7	$3,7\times10^{5}$	6800	290	+185	подсечка	$1,5\times10^{-5}$
28.05.04	23.43	5,5	$3,5\times10^{5}$	4200	290	+185	подсечка	$2,0\times10^{-5}$
09.06.04	23.21	6,5	$4,4\times10^{6}$	4500	290	+255	подсечка	$2,7\times10^{-5}$
09.07.04	15.20	6,4	$4,3\times10^{6}$	5300	27	+255	комп. камера	$2,7\times10^{-5}$
13.07.04	5.27	5	$3,1\times10^{5}$	5300	27	+255	подсечка	$2,2\times10^{-4}$
15.07.04	7.21	6,3	$4,2\times10^{6}$	4200	27	+325	комп. камера	$1,6\times10^{-5}$
19.07.04	23.26	6,7	$4,6\times10^{6}$	6700	27	+325	комп. камера	$2,8\times10^{-4}$
27.07.04	21.17	6,6	$4,5\times10^{6}$	4200	290	+325	комп. камера	$1,9\times10^{-4}$
04.08.04	23.21	6,8	$4,7\times10^{6}$	12900	290, 26-27	+325	комп. камера	$3,0\times10^{-4}$
06.08.04	23.22	6,8	$4,7\times10^{6}$	12200	290, 26-27	+325	комп. камера	$1,0\times10^{-5}$
24.08.04	23.42	5,3	$3,3\times10^{5}$	1800	22	+255	подсечка	$1,0\times10^{-5}$
01.09.04	23.29	6	$3,9\times10^{6}$	5300	22	+255	подсечка	$5,0\times10^{-5}$
03.09.04	0.06	6,4	$3,3\times10^{6}$	5900	26-27	+325	подсечка	$2,0\times10^{-4}$
04.09.04	7.23	5,9	$3,8\times10^{5}$	7100	290	+325	комп. камера	$1,5\times10^{-5}$

категории «удароопасные». К удароопасным породам участков Шерегешевского месторождения отнесены сиениты, граниты, роговики, альбитопорфириты, мраморизованный известняк и магнетитовая руда.

Максимальное главное напряжение имеет северо-западное направление (азимут линии действия 345°), наклонено под углом 5-10° к горизонтальной плоскости и в 2,8-3,0 раза превышает вес столба налегающих пород (табл. 7). На глубине 518 м (гор. +115 м) абсолютное значение максимального главного напряжения составляет (-39)-(-22) МПа. На гор. +255 м максимальное напряжение имеет также северо-западное направление (азимут 325°), наклонено под углом 5-10° к горизонтальной плоскости и по абсолютной величине составляет (-25,8)-(-22,2) МПа.

Взаимосвязь между абсолютными значениями главных напряжений выражается соотношениями:

$$\sigma_1 = 2,6\sigma_3\,,\ \ \sigma_2 = 1,4\sigma_3\,,$$

$$\sigma_3 = \gamma H \qquad (2)$$

Первые признаки удароопасности на Шерегешевском месторождении зарегистрированы в 1971 г. на глубине 160 м в выработке, проводимой в зоне влияния очистных работ. С глубины 300 м отмечались стреляния. Далее с понижением горных работ за период с 1990 по 2003 гг. произошло 92 динамических явления в форме интенсивного заколообразования, стреляния, внезапного

обрушения

Таблица 3

Оценка удароопасности горных пород при взрывах по участку Болотный

Дата	Время	Энерг. класс	Энергия взрыва Е, Дж	Кол-во ВВ	Блок	Горизонт, м	Вид взрыва	Критерий удароопасности
18.08.04	7.25	5,5	$3,5\times10^{5}$	1700	5	+255	подсечка	$5,8\times10^{-5}$
19.08.04	16.07	6,5	$4,4\times10^{6}$	4194	5	+255	подсечка	$2,9\times10^{-4}$
19.08.04	23.36	6,7	$4,6\times10^{6}$	2880	5	+325	комп. камера	$4,4\times10^{-4}$
21.08.04	7.51	6,2	$4,1\times10^{6}$	1500	5	+325	комп. камера	$7,6\times10^{-4}$
23.08.04	23.16	6,5	$4,4\times10^{6}$	3340	5	+325	комп. камера	$3,7\times10^{-4}$
25.08.04	15.33	7,4	$5,4\times10^{7}$	6426	5	+325	комп. камера	$2,3\times10^{-3}$
26.08.04	15.25	5,7	$3,7\times10^{5}$	1700	5	+255	подсечка	$6,1\times10^{-5}$
28.08.04	7.22	6,7	$4,6\times10^{6}$	2100	5	+255	подсечка	$6,1\times10^{-4}$
31.08.04	7.23	6,4	$4,3\times10^{6}$	4000	5	+325	комп. камера	$3,0\times10^{-4}$
31.08.04	15.19	6,5	$4,4\times10^{6}$	2100	5	+325	комп. камера	$5,8\times10^{-4}$
01.09.04	7.31	5,8	$3,8\times10^{5}$	600	5	+325	комп. камера	$1,7\times10^{-4}$
03.09.04	7.25	6,7	$4,6\times10^{6}$	2100	5	+325	комп. камера	$6,1\times10^{-4}$
06.09.04	23.29	6	$3,9\times10^{6}$	2300	5	+325	комп. камера	$4,7\times10^{-4}$
10.09.04	15.36	6,8	$4,7\times10^{6}$	8900	5	+325	комп. камера	$1,4\times10^{-4}$

Таблица 4

Критерий удароопасности при взрывах

Критерии удароопасности, К	Заключение о состоянии массива	Тип динамических явлений
$K < 10^{-5}$	Массив горных пород склонен к накоплению упругой энергии и реализации ее в виде микроразрушений	Толчки
$10^{-5} < K < 1,7\cdot10^{-4}$	Локальная концентрация напряжений в выработках	Толчки, стреляния, интенсивное заколообразование
$1,7\cdot10^{-4} < K < 3,5\cdot10^{-4}$	Напряжения достаточны для динамических явлений с сейсмической энергией $10^{3} – 10^{6}$ Дж	Микроудары, толчки, стреляния
$3,5\cdot10^{-4} < K < 10^{-3}$	Удароопасное	Горные удары, микроудары, толчки
$K > 10^{-3}$	Удароопасное на площадях более 400 м^2	Удары горно-тектоничес-кого типа, горные удары

Таблица 5

Прочностные и деформационные свойства горных пород участков Шерегешевского месторождения

Место отбора образцов	Горная порода	Предел прочности на одноосное сжатие	Модуль упругости $E \cdot 10^4$	Коэффициент Пуассона, ν
		МПа		
Подрусловый				
Гор. +185 м, разведочный штрек № 4	Порфирит	27,7	6,8	0,23
Гор. +255 м, скв.	Скарн	27,2	6,9	0,19
	Магнетитовая руда	32,7	7,8	0,19
Болотный				
Гор. +185 м, орт № 56	Магнетитовая руда	61,7	4,1	0,27
	Сиенит слабоскарнированный	89,5	3,3	0,23
	Скарнированный сиенит с магнетитом	25,0	2,3	0,15
Главный				
Гор. +185 м, квершлаг № 1	Гранит	164,0	6,3	0,19
Гор. +185 м, Восточный квершлаг № 2	Порфирит	153,0	6,8	0,23
Гор. +185 м, орт № 57	Магнетитовая руда	58,4	6,6	0,22
Горизонт +185 м (Новый Шерегеш)				
Орт № 20	Мраморизованный известняк	52,8	3,2	0,19
Орт № 25	Скарн гранат-пироксеново-го состава	105,6	6,7	0,21
Обгонный штрек	Магнетитовая руда	85,9	8,7	0,12
Штрек № 7	Магнетитовая руда	80,7	11,2	0,06
Штрек № 4	Мраморизованный известняк	26,9	4,6	0,17
Орт № 33	Скарн гранат-пироксеново-го состава	61,1	8,2	0,29
Среднее		68,8	7,1	0,17
Горизонт +115 м				
Грузовой квершлаг	Скарн гранат-эпидот-пироксенового состава	88,4	7,3	0,33
Порожняковый квершлаг	Скарн эпидот-пироксеново-го состава	88,9	7,2	0,28
Среднее		88,65	7,25	0,3

горных пород, толчков и микроударов. В основном толчки и микроудары отмечались на участках Новый Шерегеш и Главный.

Следует отметить, что в декабре 2003 г. и в марте 2004 г. произошли сильные микроудары на участке Главном в районе блока № 14, вызванные накоплением напряжений в массиве горных пород в результате взрывных работ. Динамические явления зарегистрированы энергетическими классами 6,3 и 9,4. В горных вы-

работках выявлены места нарушений, такие как
вспучивание почвы и поднятие рельсовых путей, обрушение горных пород в объеме 8-10 м^3 и др

В связи с этим граница отнесения опасного по горным ударам массива по вертикали располагается с гор. + 325 м по гор. +118 м, и ниже до выклинки рудных тел. Удароопасным является участок горных пород на стыке участков Болотный и Главный, а также массив, ограниченный разведочной линией 2-2, и породным контактом в лежачем боку (северо-западное направление) участка Главный, за исключением северо-восточной части участка Главный.

Рассматривая условия отработки Шерегешского месторождения, следует отметить следующие особенности:

- месторождение характеризуется наличием блочковой структуры и высокими тектоническими полями напряжений, в которых горизонтальные напряжения в 1,4–3,0 раза больше вертикальных;
- появление динамических явлений в форме микроударов 6–9 энергетического класса;
- увеличение объемов обрушения горных пород (8–10 м^3), вспучивание почвы и искривление рельсовых путей;
- наличие рудных и породных блоков – целиков, охранных целиков, пустот и реки на земной поверхности;
- около 80 % проявлений горного давления в динамической форме происходит на горизонте подсечки блоков, при оформлении компенсационных камер и ведении взрывных работ и др.

Переход к разработке рудных тел на больших глубинах и отнесения части Шерегешевского месторождения к опасной по горным ударам обусловил необходимость решения принципиально новых задач по условиям применения различных типов и видов крепей.

По месторождениям различают выработки, находящиеся вне и в зоне влияния очистных работ. В зависимости от расположения выработок относительно направления действия главных составляющих поля напряжений выработки и устойчивость выработок будет различным. Прочность вмещающих пород, окружающих

Таблица 6

Место отбора, горная порода	**Показатель удароопасности**	
	K_1	K_2
Участок Подрусловый		
Гор. +255 м, скарн	0,89	0,2
Гор. +25 м, магнетитовая руда	0,92	0,12
Участок Болотный		
Гор. +185 м, орт № 56, магнетитовая руда	0,73	0,07
Гор. +185 м, орт № 53, скарнированный сиенит	0,91	0,14
Участок Главный		
Гор. +185 м, орт № 57, магнетитовая руда	0,84	0,26
Гор. +395 м, блок № 33, пироксеновый порфирит	0,76	0,23
Гор. +395 м, разведочная скважина, скарнированный порфирит	0,80	0,15
Участок Новый Шерегеш		
Гор. +185 м, обгонный штрек, РШ-7, магнетитовая руда	0,85	0,14
Гор. +185 м, орты № 25, 33, скарн гранат-пироксеновый	0,88	0,15
Гор. +185 м, орт № 20, РШ-4, мраморизованный известняк	0,94	0,05
Гор. +185 м, орт № 33, порфирит	0,83	0,13

горную выработку

Таблица 7

Прочностные и деформационные характеристики пород Шерегешевского месторождения участка Новая промплощадка

Направление скважины, порода	Кол-во об-раз-цов	Модуль упругости $E \cdot 10^{-4}$, МПа	Коэффициент вариации, R, %	Коэффициент Пуассона, ν	Коэффициент вариации, R, %	Предел прочности на сжатие $[\sigma_{сж}]$, МПа	Коэффициент вариации, R, %
Горизонт +225 м							
Вертикальная, туфы трахитового порфирита	8	8,52	11,7	0,23	10,9	129	24,1
Горизонтальная, азимут 180°, туфы трахитового порфирита	8	7,24	20,04	0,21	24,5	132	17,2
Горизонтальная, азимут 270°, мраморизованный известняк	8	7,32	9,7	0,22	17,1	90	10,9
Горизонт +255 м							
Вертикальная, туфы трахитового порфирита	8	8,5	13,2	0,26	25,9	138	6,2
Горизонтальная, азимут 37°, мраморизованный известняк	6	6,0	13,8	0,25	15,6	137	20,6
Горизонтальная, азимут 307°, мраморизованный известняк	6	6,0	25,4	0,25	20,0	118	19,9

определяется действующими напряжениями на срез [2, 3]. В боках и кровле выработок срезающие напряжения могут быть определены из выражения:

$$\tau_{ср} = 0{,}5 \cdot (\sigma_{//} - \sigma\perp + 2\,\tfrac{a}{h} \cdot \sigma_{//}), \quad (3)$$

где σ// – величина горизонтальной составляющей напряжения в массиве, действующей вдоль оси выработки; $\sigma\perp$ – величина горизонтальной составляющей напряжения в массиве, действующей перпендикулярно оси выработки; a – ширина выработки; h – высота выработки.

В том случае, когда направление выработки совпадает с направлением максимальной горизонтальной составляющей напряжения, касательные напряжения в кровле и в боках выработки определяются соответственно из выражений

$$\tau^{к}_{ср} = (\sigma_1 - \sigma_3 + 2 \cdot \tfrac{h}{a} \cdot \sigma_1) \cdot 0{,}5, \quad (4)$$

$$\tau^{б}_{ср} = (\sigma_3 - \sigma_2 + 2 \cdot \tfrac{a}{h} \cdot \sigma_3) \cdot 0{,}5. \quad (5)$$

Когда направление выработки совпадает с направлением минимальной горизонтальной составляющей (σ1), то касательные напряжения в кровле и боках выработки определяются соответственно из выражений

$$\tau^{к}_{ср} = (\sigma_2 - \sigma_3 + 2 \cdot \tfrac{h}{a} \cdot \sigma_2) \cdot 0{,}5, \quad (6)$$

$$\tau^{б}_{ср} = (\sigma_3 - \sigma_2 + 2 \cdot \tfrac{a}{h} \cdot \sigma_3) \cdot 0{,}5, \quad (7)$$

где σ_1 – минимальная горизонтальная составляющая напря-

жения; σ_2 – максимальная горизонтальная составляющая напряжения; σ_3 – вертикальная составляющая напряжения, равная γH.

Формулы (4) и (6), (5) и (7) дают соответственно минимальные и максимальные касательные напряжения.

Напряжения среза для кровли и боков выработок, расположенных под углом к максимальной горизонтальной составляющей напряжения определяется из выражения

$$\tau_{ср} = \sqrt{\frac{\tau_{\min}^2}{1 - \varepsilon^2 \times cos^2\theta}}, \qquad (8)$$

где τ_{min} - минимальное действующее напряжение среза на кровле и в боку выработки; ε - эксцентриситет - геометрическое место точек, отношение расстояния которых от данной точки (фокуса) и от данной прямой (директриса постоянна). Кривая есть эллипс при $\varepsilon < 1$ и, в частности, окружность при $\varepsilon = 0$. Θ - угол между максимальной горизонтальной составляющей и осью выработки, измеряющийся от 0 до 90°.

Эксцентриситет определяется раздельно для кровли и боков выработки из следующего соотношения

$$\varepsilon^2 = 1 - \frac{\tau_{\min^2}}{\tau_{\text{мах}^2}}, \qquad (9)$$

где τ_{max} - максимальное напряжение на срез, действующее в кровле или боках выработки.

В том случае, когда ширина выработки равна высоте, минимальное напряжение среза для выработок, расположенных под углом к минимальной горизонтальной составляющей напряжения, определяется из выражения

$$\tau_{ср} = \tau_{max} \cdot \cos\theta, \qquad (10)$$

Коэффициент устойчивости горных выработок определяется из выражения [3-5]:

$$K_y = \sqrt{\frac{\left[\tau_{ср}\right]}{\tau_{ср}}}, \qquad (11)$$

Таблица 8

Значения коэффициента структурного ослабления

Коэффициент структурного ослабления	Расстояние между трещинами, м
0,9	>1,5
0,8	1,5 – 1,0
0,6	1,0 – 0,5
0,4	0,5 – 0,2
0,2	< 0,2

где $[\tau_{ср}]$ – предел прочности вмещающих пород на срез, равный $К_с \cdot [\sigma][9]$; $[\sigma]$ – предел прочности вмещающих пород (руд) на одноосное сжатие; $\tau_{ср}$ – действующее напряжение среза в кровле или в боках выработки; $К_с$ – коэффициент структурного ослабления, принимается согласно табл. 8.

После определения коэффициента устойчивости горных пород (руд) по табл. 9 определяется категория устойчивости горных пород, конструкция и параметры крепи. При выборе конструкций крепи предпочтение следует отдавать крепям, которые взаимодействуют с приконтурным массивом, например набрызгбетон – анкера с сеткой – набрызгбетон. Особенно такие крепи наиболее эффективны в удароопасных условиях.

При выборе типа крепи в условиях проявлений горного давления в динамической форме предпочтение следует отдать крепям, взаимодействующим с приконтурным массивом, и, особенно, комбинированным крепям.

Под комбинированной крепью следует понимать сочетание различных видов крепи в выработке (штанговая крепь с набрызгбетоном, штанговая крепь с металлической сеткой, штанговая крепь с металлической сеткой и набрызгбетоном и др.).

Для условий Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда» набрызгбетон должен наноситься сразу после выполнения взрывных работ. Он создает на контуре выработки защитное покрытие, сглаживает неровности контура и снижает при этом

Таблица 9

Категория устойчивости и рекомендуемые виды крепей для условий горнорудных предприятий ОАО «Евразруда»

Степени устойчивости	Категория устойчивости	Коэффициент устойчивости	Допустимое время обнажения	Рекомендуемые виды крепей
Весьма устойчивые	1	>1	не ограни-чено	набрызгбетон; без крепи
Устойчивые	2	1-0,65	до 30 суток	набрызгбетон - анкера; набрызгбетон - анкера - сетка
Средней устойчивости	3	0,65-0,45	до 10 суток	набрызгбетон - анкера - сетка; металлическая арочная
Неустойчивые	4	<0,45	не более суток	набрызгбетон - анкера – сетка - набрызгбетон; металлическая арочная

местные концентрации напряжений, упрочняя трещиноватый приконтурный массив.

При комбинированной крепи: набрызгбетон – анкера – сетка – набрызг-бетон первый слой набрызгбетона наносится по всему периметру выработки, второй слой на сетку только по своду выработки. Толщина его мажет быть различной в зависимости от категории устойчивости.

Конструкция анкерной крепи должна обеспечивать быстрое вступление в работу и сохранять расчетную несущую способность в течение всего срока работы крепи.

В расчет штанговой крепи входит определение длины, сетки расположения и диаметра штанг. Порядок расчета заключается в следующем.

С учетом тектонических горизонтальных напряжений величина действующего напряжения на контурах выработки $\sigma_д$ определяется по формуле

$$\sigma_д = \frac{\lambda \cdot \gamma \cdot a}{f \cdot \kappa_c}, \qquad (12)$$

где λ – коэффициент бокового распора.

$$\lambda = \sigma_1 / \sigma_3, \qquad (13)$$

где f – коэффициент крепости пород по М.М. Протодьяконову.

Длина штанги равна [6]

$$l_{шт} = l_в + 1,5 l_з + l_к, \qquad (14)$$

где $l_в$ – высота зоны возможного обрушения пород, м.

$$l_в = \frac{\lambda \cdot a}{f \cdot \kappa_c}, \qquad (15)$$

$l_з$ – глубина заделки штанги в ненарушенном массиве (0,3–0,4 м); $l_к$ – длина выступающей в выработку части штанги (0,1–0,16 м).

Расстояние между штангами определяется из выражения

$$A = \sqrt{\frac{\frac{3,14 \cdot d^2}{4} \cdot \left[\sigma_p\right]}{\sigma_д \cdot n}}, \qquad (16)$$

где d – диаметр штанги, м^2 (диаметр штанги принимается на основе практических данных); σ_p – предел прочности штанги при растяжении, МПа; n – коэффициент запаса (n = 2-4).

Основные параметры крепи: длина, диаметр и сетка расположения штанг, толщина набрызгбетонного покрытия. Параметры штанговой крепи определяются со-

гласно методике расчета, изложенной выше.

Толщина набрызгбетонного покрытия определяется по формуле

$$\delta = \sqrt{\frac{0.11 \cdot n \cdot \gamma \cdot A}{\left[\sigma^{и}_{сж}\right]}}, \qquad (17)$$

где $\left[\sigma^{н}_{сж}\right]$ – предел прочности набрызгбетона при одноосном сжатии, МПа.

Величина нагрузки на крепь определяется по формуле 12.

Расстояние между штангами определяется из выражения

$$A = \sqrt{\frac{\frac{3,14 \cdot d^2}{4} \cdot \left[\sigma_{ср}\right]}{\sigma_{д} \cdot n \cdot \kappa_{сц}}}, \qquad (18)$$

где $\kappa_{сц}$ – коэффициент повышения сцепления породы свода обрушения за счет натяжения металлической сетки, равный 1,1÷1,2.

Рассмотрим пример расчета.

Выбрать рациональный вид крепи штрека, проходимого на шахте Шерегешевского месторождения участка Главный на горизонте +255 м (Н = =330 м). Штрек будет проходиться по порфиритам мелкозернистой текстуры, сиенитам мелкозернистой структуры, скарнам пироксенгранатового состава. Коэффициент крепости пород 16-18 по М.М. Протодьяконову. Средневзвешенная объемная масса горных пород 2,7 т/м^3. Породы имеют незначительную трещиноватость ($К_С$ = 0,8). Ширина штрека а = 3,3, высота h = 3,1 м. Азимут выработки относительно максимальной горизонтальной составляющей равен 50^0. Выработка проходится вне зоны влияния очистных работ.

Решение

1. Для условий Шерегешевского месторождения компоненты главных горизонтальных напряжений вне зоны влияния очистных работ равны: максимальная горизонтальная составляющая, направленная по простиранию рудного тела $\sigma_2 = 2,6\gamma \times H$, минимальная горизонтальная составляющая, действующая вкрест простирания рудного тела $\sigma_1 = 1,4 \ \gamma \times H$.

2. Определяем действующие касательные напряжения среза в кровле и боках выработки по формулам 3-8. Для этого по формулам (3) и (5) определяем соответственные минимальные и максимальные касательные напряжения в кровле выработок.

$$\tau^{к}_{ср} = (\sigma_1 - \gamma H + 2\frac{h}{a}\ \sigma_1)0,5 = (1,4 \times 0,027 \times$$

$$\times 330 - 0,027 \times 330 + 2\frac{3,1}{3,3} \times 1,4 \times 0,027 \times$$

$$\times 330)0,5 = =15,08 \text{ МПа};$$

$$\tau^{к}_{ср} = (\sigma_2 - \gamma H + 2\frac{h}{a}\ \sigma_2)0,5 = (2,6 \times 0,027 \times$$

$$\times 330 - 0,027 \times 330 + 2\frac{3,1}{3,3} \times 2,6 \times 0,027 \times$$

$$\times 330)0,5 = 31,78 \text{ МПа}.$$

По формулам (4) и (6) определяем минимальные и максимальные касательные напряжения в боках выработки.

$$\tau^{б}_{ср} = (\gamma H - \sigma_1 + 2\frac{a}{h} \times \gamma H)0,5 = (0,027 \times$$

$$\times 330 - 1,4 \times 0,027 \times 330 + 2\frac{3,3}{3,1} \times \times 0,027 \times$$

$$330) \times 0,5 = 13,15 \text{ МПа};$$

$$\tau^{б}_{ср} = (\gamma H - \sigma_2 + 2\frac{a}{h} \times \gamma H)0,5 = (0,027 \times$$

$$\times 330 - 2,6 \times 0,027 \times 330 + 2\frac{3,3}{3,1} \times$$

$$\times 0,027 \times 330)0,5 = 1,25 \text{ МПа}.$$

3. Определяем действующие напряжения на срез в кровле и боках штрека по формулам (7) и (8):

$$\tau^{к}_{ср} = \sqrt{\frac{\tau_{\min^2}}{1 - \varepsilon^2 \times \cos^2\theta}};$$

$$\varepsilon^{к} = 1 - \frac{\tau_{\min^2}}{\tau_{\max^2}} = 1 - \frac{15,08^2}{31,78^2} = 0,775;$$

$$\tau_{ср}^{к} = \sqrt{\frac{15,08^2}{1-0,775\times\cos^2 50}} = 18,29 \text{ МПа};$$

$$\varepsilon^{б} = 1 - \frac{\tau_{\min^2}}{\tau_{\max^2}} = 1 - \frac{1,25^2}{13,15^2} = 0,991;$$

$$\tau_{ср}^{б} = \sqrt{\frac{1,25^2}{1-0,991\times\cos^2 50}} = 1,75 \text{ МПа}.$$

4. Определяем предельные напряжения среза:

$\left[\tau_{ср}\right] = K_C \left[\sigma_{сж}\right] 0,3 = 0,8 \times 170 \times 0,2 =$ =27,2 МПа.

5. Определяем коэффициент устойчивости кровли и боков выработки по формуле (10):

$$K_y^{к} = \sqrt{\frac{[\tau_{ср}]}{\tau_{ср}^{к}}} = \sqrt{\frac{27,2}{18,29}} = 1,2;$$

$$K_y^{к} = \sqrt{\frac{27,2}{1,75}} = 3,94.$$

6. По табл. 9, согласно полученным коэффициентам устойчивости, определяем категорию устойчивости. Кровля и бока выработки относятся к первой категории устойчивости.

7. Согласно табл. 9 выработку не следует крепить.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана методика определения облегченных типов крепей для условий Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Курленя М.В., Еременко А.А., Шрепп Б.В.* Геомеханические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. — Новосибирск: Наука, 2001. — 184 с.
2. *Инструкция* по креплению горных выработок. ВостНИГРИ, Новокузнецк, 1979. — 61 с.
3. *Указания* по безопасному ведению горных работ на месторождениях Горной Шории, склонных к горным ударам. Новокузнецк, 1991. — 90 с.
4. *Федоренко А.И., Шрепп Б.В.* Управление состоянием массива на удароопасных месторождениях Сибири: уч. пособие (СибГИУ). — Новокузнецк. — 2001. — 95 с.
5. *Заславский Ю.З., Дружко Ю.Б.* Новые методы крепи горных выработок. — М.: Недра. — 1989. — 256 с.
6. *Фадеев А.Б.* Метод конечных элементов в геомеханике. М., 1987.

Коротко об авторах

Еременко В.А. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИГД СО РАН,
Филиппов В.Н. – главный инженер Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда»,
Дорогунцов В.В. – управляющий карьером ООО «Доломит»,
Белоусов Е.А. – начальник участка Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда»,
Федоренко А.И. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой открытых горных работ Сибирского государственного индустриального университета.

© С.В. Мазеин, С.М. Песков, 2005

УДК 519.24.003.13

С.В. Мазеин, С.М. Песков

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА РОТОРА НА ТПМК «ХЕРРЕНКНЕХТ»

Семинар №2

Целью данной публикации ставится обобщение опыта работы ротора тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) «Херренкнехт» на проходке Лефортовского тоннеля Москвы для дальнейшего использования данного ТПМК в грунтах на трассах проектируемых тоннелей в городе. При этом детально освещено внедренное на механизированном комплексе мероприятие, сокращающее затраты по замене режущего инструмента ротора для увеличения эффективности проходки.

Концепция ротора (конструкция рабочего органа, тип и расположение режущего инструмента), разработанная немецкими специалистами (1), при строительстве Лефортовского тоннеля решала следующие задачи (рис. 1):

- стабильность резания и устойчивость фронта забоя;
- соответствие развиваемого усилия резания и прочности пород;
- уменьшение забивания ротора глиной и валунами;
- минимальный износ и быстрая замена режущего инструмента.

Вышеперечисленные факторы в условиях неоднородных по составу пород при большом сечении забоя являются влияющими как друг на друга, так и на результаты проходки. Остановимся на проблеме износа и замены резцов, как наименее исследованном вопросе, и накопленном опыте по контролю и замене режущего инструмента, как наиболее трудоемкой операции в процессе проходки.

1. *Тип и расположение режущего инструмента на роторе*

Выбранные для Лефортово двухдисковые шарошки сделали возможной разработку полутвердых грунтов (известняка). Однако неоднородность фронта забоя (одновременное напластование известняка и глины), относительно большой прогиб ротора, связанный с его габаритными размерами и сопоставимый с глубиной внедрения режущего инструмента, попадание не прогнозированной расчетами высокопрочной породы повлекли за собой точечные нагрузки на шарошки, превышающие установленные для их подшипников и диска. Кроме того, вибрации в крепежной системе болтами прямой натяжки ускорили разрушение шарошек.

Рис. 1. Состояние ротора после входа в демонтажную камеру Лефортовского тоннеля

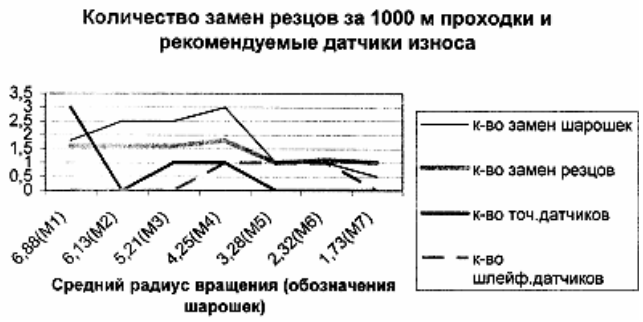


Рис. 2

В Лефортово имелись случаи выхода из строя подшипников и раскалывания дисков шарошек. При этом опыт Лефортовского тоннеля показал, что продолжительные выходы в кессон для замены шарошек оказывают негативное влияние на результаты проходки.

Двухдисковые шарошки в центральной части работали стабильно, так как на этих шарошках путь резания и число границ между твердым и мягким грунтом меньше, чем на краях ротора, а также больше нагрузки при вращении. И эти шарошки (М 5, М 6 и М 7), удаленные от центра ротора на расстояние 1,67-3,23 м, и их крепления в Лефортово заменялись мало. Об этом говорит статистика (рис. 2) по числу замен шарошек и резцов во время кессонных работ в Лефортово при нахождении центральной части забоя в известняковом слое (мощность 6-8 м) за 5 месяцев (1000 м проходки).

Ротор оснащался резцами шириной 250 мм, весом 32 кг, общее число - 88, с двойным заполнением дорожек среза, внутренние и внешние дорожки заполняются четырежды, выступ резцов перед ротором составлял 155 мм.

Посадочное место резца состояло из двух деталей. При эксплуатации имел место ударный эффект при соприкосновении инструмента с посадочным местом и происходил процесс деформирования держателей.

Крепление режущих инструментов на периферии ротора – ковшей - показало недостаточную надежность болтовых соединений и высокую трудоемкость при высверливании обломков болтов при замене ковшей. Пять отсутствующих полуковшей в конце проходки, когда не было времени на кессонные работы, привели к большой выработке тела ротора.

Центральный ротор представлял собой независимо от основного ротора вращающееся (обычно в противоположную сторону) режущее колесо диаметром 3,1 м. Оно состояло из 4 лучей и центрального забурника с 6 резцами и пикой, оснащен 16 периферийными ковшами, 7 шарошками и 16 резцами.

На 150 м проходки в зоне разуплотнения пород при выходе из песков в глину часть центрального забурника была потеряна (2), при этом, как показал компьютерный контроль за параметрами щита, резко возросли сила необходимого прижима ротора к забою для обеспечения необходимой скорости проходки и число аварийных отключений центрального ротора. После восстановления данного режущего инструмента проблем с работой этого ротора не возникало при проходке в крепких известняках и своевременной замене режущего инструмента. Так за 2 месяца были заменены:

- 3 шарошки, ближние к центру ротора;
- 16 полуковшей;
- 6 резцов, ближних к центру ротора;
- 2 пики;
- 4 резца на забурнике.

2. Износ и замена режущих инструментов

Износ режущих инструментов наблюдался в следующих проявлениях:

- равномерный (абразивный) износ (шарошки);
- частичная потеря режущей гребенки (резцы, ковши);

- неравномерный износ шарошки при заклинивании вращения,
- разрушение крепления (разрыв болтов крепления шарошек и ковшей, деформация держателей резцов);
- разрушение тела инструмента (резцы, ковши, шарошки) и ротора.

К немедленной замене инструмента приводил только последние случаи износа – разрушение инструмента и крепления. Остальные проявления износа регулярно отслеживались, и замена происходила после анализа динамики износа. Первоначально предусмотренные проектом дистанционные определители степени износа режущего инструмента не были установлены.

Время на обследование и замену режущего инструмента составляло основную часть выходов в кессон (около 90 %), общее число которых – 515 бригадных заходов за время проходки. При этом каждая четвертая смена минимум являлась просмотровой, во время которой производилась подготовка рабочего места с установкой трапов в камере экскавации, а затем - настройка и работа промывочного оборудования для очищения резцов, подлежащих визуальному осмотру на наличие износа, от грунта. Работа осложнялась высокой адгезионной способностью глины (налипание на металлические поверхности), составляющей около 50 % от объема горной массы.

Вывод

Сложилось мнение, что в будущем необходимо наряду с усилением и пересмотром типа крепления режущего инструмента, а также типа и размеров резцов и шарошек необходимо установить дистанционные определители износа на ковшах, резцах и теле ротора для минимизации затрат и работ по осмотру и замене изношенного инструмента.

3. *Дистанционное определение износа резцов и ковшей*

Фирма «ГенеСис Электроник ГмбХ» разработала специально для фирмы «Херренкнехт» оборудование, позволяющее определять границы износа резцов и ковшей.

Задача была решена таким образом, что в тело держателя инструмента встраивается электронный датчик, который путем индуктивной передачи с резцов распознает, не нарушена ли граница допустимого износа.

Для считывания данных с любого инструмента, каждый датчик подключается с помощью 2-х проводов к соответствующему прибору для измерения силы тока.

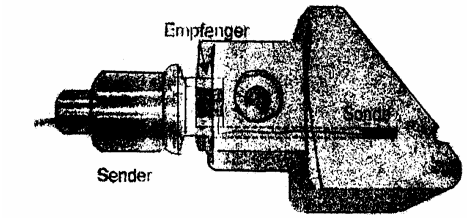
3.1. *Принцип работы датчика и приемника*

Датчик подключается к +24 В постоянного тока с помощью 2-х проводов. Для источника питания датчик выполняет роль проводника, т.е. в зависимости от состояния зонда через прибор проходит определенный ток, который почти не зависит от напряжения электросети. Обычно это ток, равный 8 мА (<10 мА). Когда зонд из-за износа оборудования разрушается, датчик устанавливает ток неисправности >30 мА. Через воздушный зазор между датчиком и инструментом (приемником), который может составлять до 5 мм, осуществляется индуктивная передача информации о состоянии зонда.

Электроника датчика, а также приемника и зонда инструмента выполнена полностью залитой компаундом. Датчик изготовлен из высококачественной стали и имеет один двухполюсный коаксиальный штепсель для подключения.

3.2. *Принцип работы прибора для контроля резцов*

Прибор для контроля за резцами предназначен для одновременного контроля за несколькими режущими инструментами посредством измерения проходящего по ним тока. Прибор размещается на доступном для контроля месте на



Датчик, приемник и зонд

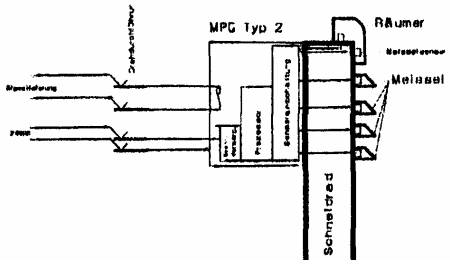


Схема коммутации

Рис. 3 Прибор с контрольными лампами

машине и подключается к каждому датчику. Прибор имеет постоянное питание 24 В постоянного тока, осуществляемое через поворотно-пропускное устройство и начинает действовать сразу же после подачи напряжения. Путем размыкания коммутационный контакт посылает по вращающемуся каналу информацию о том, что граница износа инструмента достигнута (или о том, что контур тока прерван).

Чтобы точно определить инструмент (или контур тока), ставший причиной сообщения, необходимо подойти к прибору и считать его показания. Это показание содержит и дополнительную информацию о рабочем состоянии прибора. Кроме того, таким образом можно активировать и деактивировать отдельные входы датчика или шлейфа.

3.3. *Описание прибора*

Прибор контроля резцов выполнен в металлическом корпусе, класс защиты IP 65. Электроника крепится к внутренней стороне крышки корпуса. Корпус крепится к стенке вращающейся машины с помощью болтов, расположенных под крышкой корпуса (рис. 3).

У каждого датчика есть своя лампа. При подаче питающего напряжения прибор сразу же начинает работать. Все каналы последовательно измеряются с 5-секундными паузами. О состоянии каждого датчика сигнализируют предназначенные для этого лампы.

Восемь каналов (каналы 1-8) предназначено для датчиков, расположенных на резцах, и 8 каналов для шлейфов (9-16).

Нажав на клавишу «тестирование», можно пройти вручную (быстрее) все каналы. Кроме того, с помощью клавиши можно деактивировать и активировать любой из каналов.

Клавиша «Тест» выполняет две функции:

- кратковременное нажатие всегда приводит к переключению на следующий

канал, таким образом можно быстро переключиться на необходимый канал

- длительное нажатие на клавишу (>5 сек.) деактивирует (или активирует) необходимый в данный момент канал, что подтверждается переключением на лампу «Chisel disabled».

Прибор включается, когда подается напряжение 24В постоянного тока. Отдельного выключателя не существует. При выключении отключается пода-ваемое напряжение.

3.4. *Эксплуатация и автоматический режим работы*

При подаче рабочего напряжения (включении) сначала загораются на короткое время все лампы состояния, а потом гаснут. Затем прибор переходит на работу в автоматическом режиме. Это становится известным, когда загорается лампа канала №1. Через каждые 5 секунд прибор переходит в следующий канал. После канала 16 прибор снова переключается на канал 1. Когда прибор находится в соответствующем канале, то лампы извещают о соответствующем состоянии только этого канала. Каналы 1-8 предназначены для датчиков резцов, каналы 9-16 для контуров тока (шлейфовых датчиков). В приборе постоянно проводятся измерения в автоматическом режиме, за исключением случаев, при которых используется клавишный режим.

Реле изменяет состояние в случае погрешности только тогда, когда время измерения канала истекло, т.е. с переходом в ближайший канал. Если каналы деактивированы, в начале канала может кратковременно загореться лампа «датчик неисправен». Но это нормально, поскольку обусловлено принципом измерения.

3.5. *Расположение датчиков на роторе*

Исходя из прогноза наиболее изнашиваемых частей ротора, были выбраны места установки датчиков на резцах и теле ротора (рис. 2). 3 датчика были установлены на периферийных ковшах, 2 датчика - на резцах с радиусом вращения с ротором 4,6 и 5,4 м, 1 шлейфовый датчик – на луче ротора от радиуса 2,3 до 4,9 м. Число датчиков и соответственно каналов было ограничено шестью, остальные 10 каналов – резервные, которые будут задействованы при развитии системы определения износа.

4. *Ожидаемый эффект от функционирования системы дистанционного определения износа*

По скромным подсчетам, 25% времени кессонных работ затрачивается на промывку и осмотр режущего инструмента, особенно ковшей, где более всего налипает грунт. Для снижения трудозатрат, чтобы осуществлять интенсивную проходку Серебряноборских тоннелей, и была установлена система дистанционного определения износа ротора. Данная система работает без сбоев во все время проходки в течение 2004 года, проверка силы тока на датчиках ненарушенных резцов показывает 6-7 мА, шлейфа на теле ротора – 10 мА.

На 3 из 16 ковшей (20 %) установлены датчики, и эти ковши могут не осматриваться при ненарушенных датчиках. А это – 2,25 % всего кессонного времени, поскольку половина времени осмотра и очистки уходит на ковши, как наиболее удаленные и загрязненные части ротора:

$$2{,}25\ \% = 100 \cdot (0{,}9 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}2)$$

Кроме этого, на 1 луче из 8 расположен шлейфовый датчик, показывающий состояние поверхности металла на теле одного из лучей ротора. Если датчик в нормальном состоянии, то необходимость очистки этой поверхности отпадает.

Два датчика, расположенные на резцах в наиболее нагруженной области их воздействия на забой, сигнализируют об общем состоянии резцов в этой области и степени необходимости про-ведения работ по замене инструмента. Это касается и датчиков на ковшах.

Таким образом, если бы аналогичная система определения износа была установлена во время проходки Лефортовского тоннеля, то она бы предположительно экономила 11 кессонных смен (из 515), или 1,5 суток, во время которых прошли бы 12 метров тоннеля.

Опыт использования системы показывает ее надежность и достоверность, необходимость ее отключения во время сварочных работ, возможность ее развития на большее количество резцов и детализирования по зависимости «ток-износ».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Maidl B.* Autobahnring Moskau. Levortovskije tonneli Lefortovotunnel. Bericht Nr. 11. Überprüfen der Schildmaschine// Zwischen-bericht. Überprüfung der Schneidradkonzeption als Basis für die Schneidradabnahme bei der Firma Sotralentz. - Bochum, 2001.

2. *Грачев В.П., Горбунов Г.Н., Синицкий Г.М., Власов С.Н.* Лефортовский тоннель – половина пути пройдена! // Метро и тоннели. – 2002. - №4. – С. 20-25.

Коротко об авторах

Мазеин С.В. – кандидат технических наук, сервис-инженер ЗАО «Херренкнехт тоннельсервис»,
Песков С.М. – ведущий инженер-электроник ООО «Тоннель-2001».

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ВостНИИ			
ГОЛОСКОКОВ Сергей Иванович	Разработка метода прогноза пылевой обстановки в угольных шахтах на основе масштабных параметров	05.26.03	к.т.н.

© С.М. Простов, Е.В. Костюков, В.А. Хямяляйнен, М.А. Кузнецов, 2005

УДК 622.271.333: 550.372

С.М. Простов, Е.В. Костюков, В.А. Хямяляйнен, М.А. Кузнецов

*ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН СКРЫТОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ГРУНТОВОМ МАССИВЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

Семинар № 2

При ведении горных работ на участке ОАО "Бачатский угольный разрез" произошло резкое снижение устойчивости западного рабочего борта: имели место многочисленные оползни глинистых отложений различного объема с отдельными водопроявлениями, зафиксированными на глубине 13-17 м от земной поверхности. Обрушение борта происходило с оседанием на 3-4 м призмы прибортового массива. При этом в верхней части обрушения участок уступа высотой до 3-6 м имел угол откоса, близкий к 90°, а в нижней части он выполаживался до 20-30°. Обрушение пород происходило с образованием трещин отрыва. На оползнеопасных участках производили отсыпку скальных вскрышных пород и бульдозерное планирование откоса до углов 15-20°, обеспечивающих стабильное состояние глинистых пород.

Основной причиной снижения устойчивости грунтов явилось образование обводненных зон в прибортовом массиве за счет фильтрации воды из намывных грунтов выведенного из эксплуатации гидроотвала Сагарлыкский, на поверхности которого был организован отвал вскрышных пород с высотой насыпного массива до 20-30 м. Для отвода фильтрационных и поверхностных вод по границе Сагарлыкского гидроотвала был сооружен канал шириной 1,5-2 м и глубиной 1-2 м. С целью выявления путей фильтрации грунтовых вод в прибортовом массиве были проведены геофизические исследования на участке длиной 2000-2200 м (вдоль бровки борта карьера) и шириной 300-500 м. Схема опытного участка представлена на рис. 1.

Для исследования прибортового массива было намечено 6 профилей: продольные O_1x_1 и O'_2x_2, параллельные бровке борта; поперечные O_1y_1, O_2y_2, O_3y_3 и O_4y_4, расположенные в створе с зонами наиболее интенсивных оползней. Анализ геологического строения массива показал, что в пределах исследуемого участка происходит монотонное увеличение мощности слоя h глинистых отложений в направлении, обратном осям O_1x_1 и O'_2x_2, и в направлениях осей O_1y_1, O_2y_2, O_3y_3 и O_4y_4. Минимальные, максимальные значения h и координаты соответствующих отметок приведены в таблице.

Из геологических данных следует, что плоскость границы между рыхлыми грунтовыми отложениями и твердыми коренными породами имеет падение в сторону обнажения (борта карьера), что способствует сползанию глинистого массива по этой поверхности скольжения на участках насыщения грунтов влагой.

Поскольку под данными породами залегают значительные запасы угля, а развитие горных работ и перемещение борта требует принятия специальных мер по повышению устойчивости, руководством УК "Кузбассразрезуголь" была поставлена задача установления зон скрытой фильтрации в прибортовом массиве.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 05-05-64100.

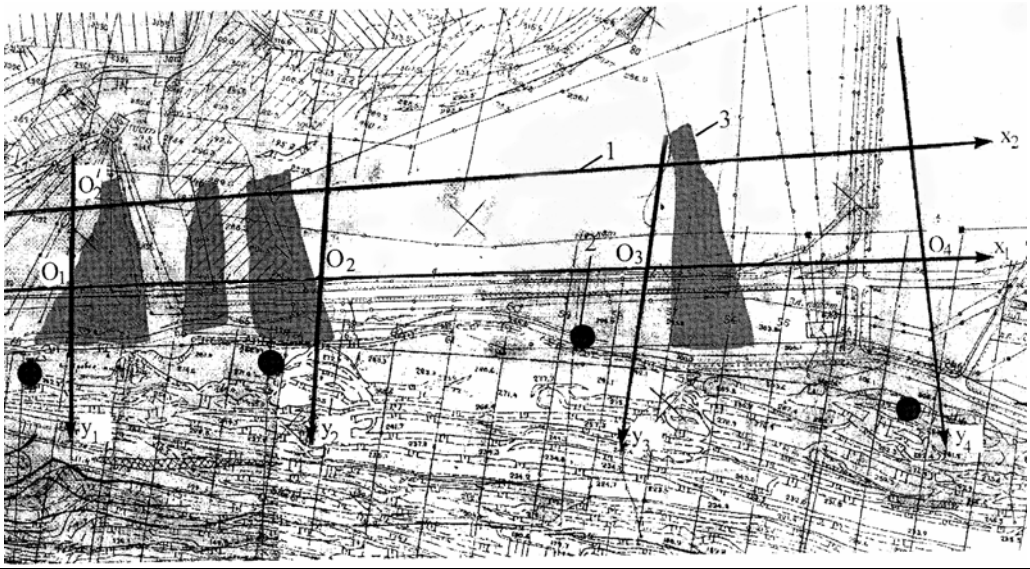
Изменение мощности слоя глинистых отложений

Параметры слоя	Профиль					
	O'_2x_2	O_1x_1	O_4y_4	O_3y_3	O_2y_2	O_1y_1
h_{min} (координата, м)	7,0 (1520)	20,0 (1250)	3,0 (-450)	3,0 (-450)	17,0 (-350)	23,0 (-450)
h_{max} (координата, м)	29,0 (-150)	37,0 (-150)	45,0 (-200)	32,0 (300)	42,0 (230)	37,0 (20)

Для решения этой задачи был применен бесскважинный геоэлектрический метод, основанный на связи электрофизических свойств пористых грунтов со степенью влагонасыщенности пор. Экспериментально-аналитические основы метода, схемы измерений и применяемая аппаратура описаны в [1]. Методика исследований состояла в следующем: в точках O_1, O_2 и O_3 проводили вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) с максимальным разносом питающих электродов AB_{max} = 300 м с целью установления расположения аномальной по удельному электросопротивлению (УЭС) зоны в глубине массива; по профилям O_1x_1 и O'_2x_2 проводили электропрофилирование (ЭП) с разносом, соответствующим середине аномальной зоны. Данная методика была ранее использована при прогнозе устойчивости техногенных массивов насыпных дамб [2].

Результаты ВЭЗ, приведенные на рис. 2, свидетельствуют о том, что водоносному коллектору соответствуют следующие интервалы на графиках:

Рис. 1. Схема исследуемого участка: 1 – профили зондирования и электропрофилирования; 2 – зоны наиболее интенсивных проявлений оползней; 3 – контуры выявленных зон скрытой фильтрации



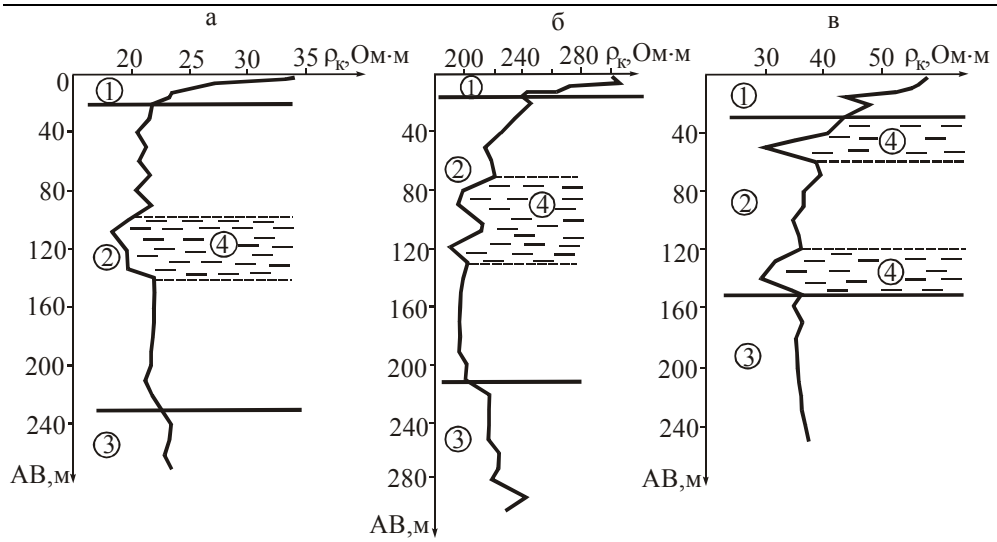


Рис. 2. Прогноз глубины расположения водоносного коллектора по графикам ВЭЗ в точках O_1 (а), O_2 (б) и O_3 (в): 1 – рыхлый почвенный слой; 2 – слой глинистых отложений; 3 – коренные породы; 4 – водоносный коллектор

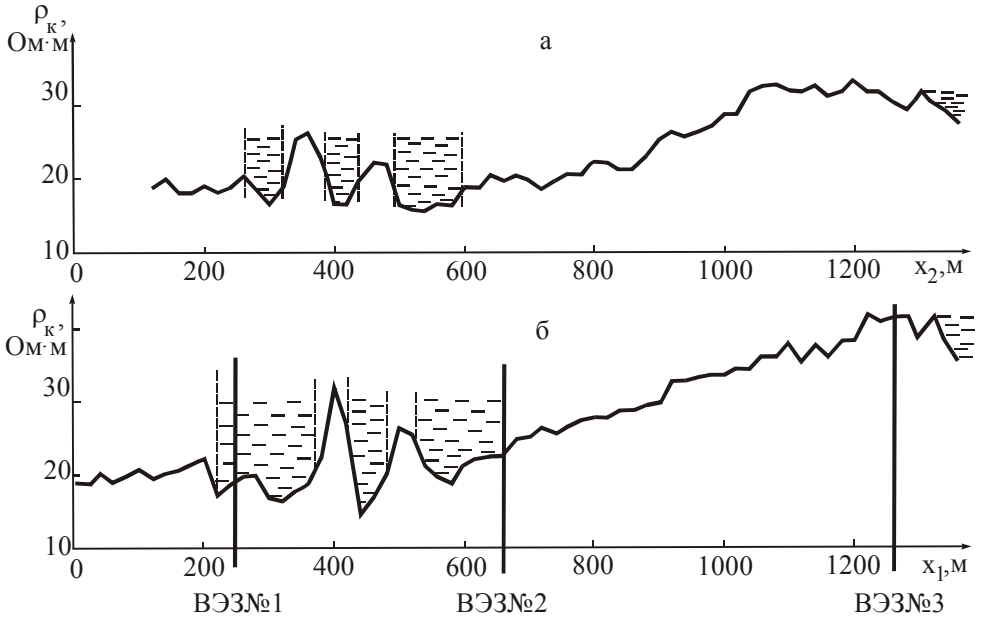


Рис. 3. Прогноз расположения водоносных коллекторов в плане по графикам ЭП по профилям O'_2x_2 (а) и O_1x_1 (б)

AB = 100-140 (x_1 = 0), AB = 70-130 (x_1= = 450 м), AB = 120-150 (x_1 = 1050 м). На графиках ВЭЗ уверенно выделяются три геоэлектрических слоя массива: рыхлый почвенный слой *1* с относительно высоким УЭС, слой глинистых отложений *2;* коренные породы *3*. Внутри слоя *2* границы водоносного

коллектора отмечаются резкими отрицательными аномалиями с амплитудой 10-15 %. Величина разноса, относящаяся к середине аномальной зоны, составила AB = 120 м, что соответствует глубине зондирования h = 18 м.

Результаты ЭП приведены на рис. 3. Характерным является монотонное повышение среднего уровня эффективного УЭС $\rho_к$ в направлениях осей O_1x_1 и O'_2x_2 , отражающее уменьшение мощности h глинистого слоя. При отсутствии аномалий в данном слое взаимосвязь между величинами $\rho_к$ и h описывается следующей зависимостью [1]:

$$\frac{h(x)}{h_0} = \frac{f\left[\rho_к(x)/\rho_1\right]}{f(\rho_{к0}/\rho_1)},$$

где h_0, $\rho_{к0}$ – значения h и $\rho_к$ для начальной точки графика ЭП; ρ_1 – УЭС первого геоэлектрического слоя (проводимостью почвенного слоя пренебрегают); $f(\rho_к/\rho_1)$ – решение прямой задачи электроразведки (палетка) для 2-слойной среды.

На фоне монотонных изменений $\rho_к$ зоны водоносных коллекторов выделяются резкими отрицательными аномалиями с амплитудой до 25-30 %.

Обобщение результатов проведенных исследований позволило установить расположение зон скрытой фильтрации на плане участка (рис. 1, поз. 3) и в поперечных сечениях.

Для предотвращения оползней борта предложены следующие меры:

- устранение источника влагонасыщения грунтов (водоотводящего канала и отстойника);
- водопонижение через систему дренажных скважин на выявленном участке скрытой фильтрации в сочетании с возведением противофильтрационной завесы;
- приведение параметров уступа борта в соответствие с изменившимися физико-механическими свойствами пород;
- укрепление борта (возведение контрфорсов, удерживающих плит, штанг, канатов и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методические* указания по контролю геомеханических и фильтрационных процессов в техногенных породо-грунтовых массивах гидротехнических сооружений горных предприятий комплексным геоэлектрическим методом/ ГУ КузГТУ, НФ "КУЗБАСС-НИИОГР". - Кемерово, 2003. – 42 с.

2. *Костюков Е.В.* Совершенствование методов прогноза устойчивости техногенных массивов гидротехнических сооружений на основе геоэлектрического контроля их состояния/ Е.В. Костюков, С.М. Простов, С.П. Бахаева, С.И. Протасов// ГИАБ. - 2004. - №6. - С. 111-116.

Коротко об авторах

Простов С.М. – доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и геотехнической механики ГУ КузГТУ,
Костюков Е.В. – аспирант ГУ КузГТУ,
Хямяляйнен В.А. – доктор технических наук, заведующий кафедрой теоретической и геотехнической механики ГУ КузГТУ,
Кузнецов М.А. – руководитель группы геомеханических исследований НФ "КУЗБАСС-НИИОГР".

© И.Б. Мовчан, М.В. Койро, Д.С. Кузнецова, 2005

УДК 550.838

И.Б. Мовчан, М.В. Койро, Д.С. Кузнецова

МОНИТОРИНГ ПЛОТНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Семинар № 2

Постановка задачи

Актуальность темы определяется двумя факторами. Во-первых, интенсивным развитием строительства в крупных промышленных и культурных центрах России. Здесь ряд инженерных аспектов, в частности, состояние грунта, нередко приносятся в жертву соображениям экономической целесообразности. Во-вторых, проведением исследования параметров геологической среды на начальном этапе строительных мероприятий. Вместе с тем, геологическая среда сама по себе может быть нестационарной в силу, например, сезонных процессов протаивания и промерзания верхней части разреза. Дополнительно к естественным процессам давление наземных конструкций, вибрация со стороны подземного и наземного транспорта, ремонтно-строительных мероприятий, меняют напряженное состояние геологической среды.

Очевидна потребность в мониторинговых методах оценки, в частности, плотностной динамики геологической среды, сочетающие: доступную инструментальную базу; возможность выполнения площадных измерений; быструю обработку и интерпретацию их результатов. Последний пункт связан с разработкой формальных методов пересчета поверхностных измерений в геологическое полупространство. Кроме того, необходимо выбрать для опытных работ полигон, где имеется большинство факторов, определяющих нестационарность геологической среды: метро, развитая сеть трещиноватости, строительство жилых кварталов, неглубоко залегающие грунтовые воды.

Измерения и первичная интерпретация их результатов

В качестве такого полигона рассмотрен Васильевский остров С.-Петербурга, половину которого составляет насыпная часть, примыкающая к Финскому заливу. В пределах острова ведутся строительные работы, как в его центре, на естественном грунте, за счет демонтажа старого жилого фонда, так и вдоль побережья, в насыпной части острова. В течение последнего года в пределах острова активно проводится ремонт дорожного покрытия и обновление трамвайных путей. Геологический объем полигона иссечен системой трещин преимущественно северо-восточного простирания (рис. 1, *в*), из которых наиболее протяженная трещина, заложенная вдоль юго-восточной границы острова и ориентированная вдоль русла Невы, рассматривается нами как трещина глубинного заложения. К территории работ подходит ветка метро, проложенная под руслом Невы субортогонально плоскости этой трещины. Материалы родоновой съемки демонстрируют приуроченный к Васильевскому острову минимум эманаций, что косвенно указывает на отсутствие естественной активизации дизъюнктивов.

Метод мониторинга представлен измерениями напряженности гравитационного поля маятниковым способом в его классической реализации [1]. Сеть измерений со-

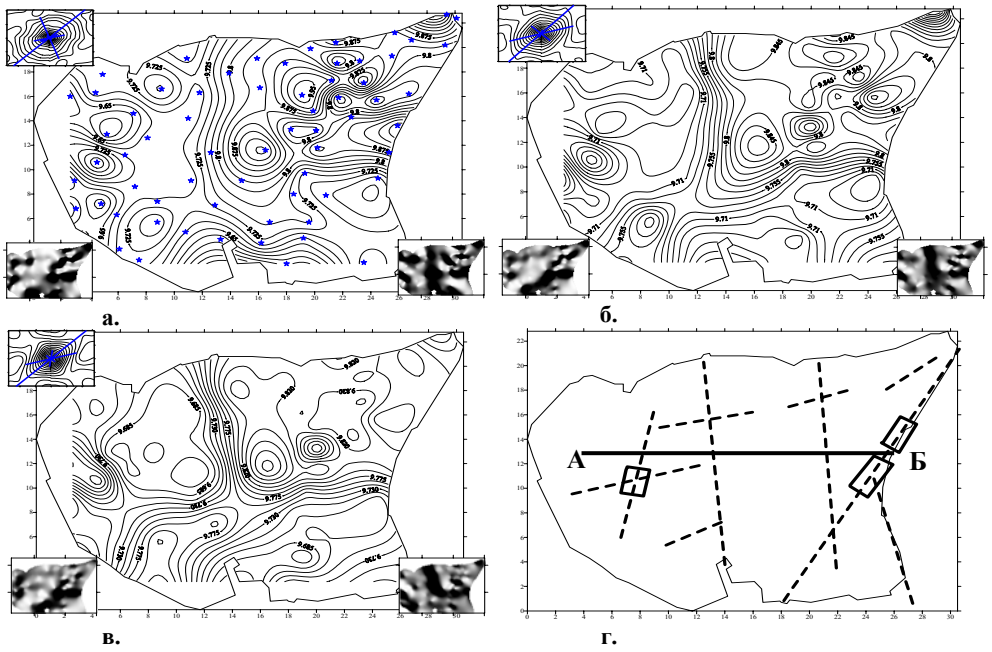


Рис. 1. Первичные результаты гравитационных исследований по Васильевскому острову: а – в марте, б – в мае, в – в сентябре 2004 г, правый и левый нижние углы карты – моделирование подсветки поля $g(x, y)$, верхний левый угол карты – роз-диаграмма поля; г. – карта трещиноватости. Прямоугольники – просадки зданий. Измерительные пикеты обозначены звездочками на рис. 1, *а*.

ставлена 65 пикетами (рис. 1, *а*), равномерно распределенными по площади полигона для достоверной оценки структуры гравитационного поля. На каждом пикете выполнялось от 3 до 5 измерений периода колебаний с последующим расчетом его средней величины и относительной погрешности, которая не превышала 10 %. Территория работ поделена на полигоны, к вершинам которых приурочены измерительные пикеты: при проведении эксперимента контур полигона обходился по или против часовой стрелки с возвращением на один из исходных пикетов для оценки «смещения нуля» под влиянием на маятник температуры и напряжений. Измерительные работы выполнены нами в марте, мае и сентябре 2004 года.

Результаты измерений представлены тремя картами изолиний гравитационного поля, значения напряженности $g(x, y)$ которого выражены в м/сек^2 с точностью до третьего знака после запятой (рис. 1, *а-в*). В структуре поля отчетливо выделяются четыре области: две – с повышенными значениями напряженности и две с пониженными. Зоны резкого пространственного градиента, разделяющие эти области, практически не меняют свою конфигурацию и простирание, как и особенности поля, относящиеся к области его повышенных значений и приходящиеся на часть Васильевского острова с естественным основанием. Насыпная часть острова, маркирующаяся зоной пониженных значений $g(x, y)$, характеризуется заметной временной нестационарностью зафиксированных экстремумов. Наибольшая временная нестационарность в структуре измеренного гравитационного поля свойственна участкам, где реализуется реконст-

рукция старого жилого фонда (в северо-восточной части острова) или строительство нового жилья (в северо-западной части полигона), а также, - где проходит ветка метро. Сопоставление карт гравитационного поля (рис. 1, *а-в*) с фрагментом карты трещиноватости (рис. 1, *г*) отражает прямые пространственные корреляции между положением выраженных зон пространственного градиента поля и протяженными дизъюнктивами. Расчеты, как и визуальные оценки, показывают, что временная изменчивость гравитационного поля наиболее выражена в юго-восточной части Васильевского острова, что теоретически может быть связано с антропогенной активизацией подвижек вдоль плоскости трещины, простирающейся параллельно руслу Невы. На антропогенную природу активизации косвенно указывают минимум родонового фона, наличие ветки метро и интенсивных ремонтно-строительных работ. О наличии самой активизации подвижек вдоль плоскости этой трещины косвенно свидетельствуют трещины по фасаду зданий, просадки и растрескивания дорожного покрытия, значительный перекос несущих элементов зданий, наиболее выраженные в юго-восточной части Васильевского острова (рис. 1, *г*).

Дополнительно нами выполнена компьютерная обработка измеренного гравитационного поля, результаты которой условно разделены на первичные и детальные. Первичная обработка ориентирована на анализ структурных особенностей площадного сигнала. Здесь исключены пересчеты измеренного гравитационного поля в различные редукции (изостатические, Буге и Фая): абсолютные высоты измерительных пикетов невелики (не превышают 50 м), рельеф дневной поверхности слабо дифференцирован, площадь исследуемого полигона мала. Фокус сделан на расчет роз-диаграмм доминирующих простираний изолиний в картах гравитационного поля $g(x,y)$ и его полутоновые представления для наглядного описания временной динамики этого поля. Построения роз-даграмм основаны на автокорреляционных функциях

$$R(\tau_x,\tau_y)=\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} g(x,y)\cdot g(x-\tau_x,y-\tau_y)\,\mathrm{d}x\,\mathrm{d}y\ ,$$

структура которых (рис. 1, *а-в*) симметрична относительно центрального экстремума. Алгоритм выделения доминирующих простираний опирается на распознавание локальных экстремумов, симметричных относительно центрального, и оценку их размеров и удаленности от центрального экстремума. Полутоновые представления являются аналогом фильтрации площадного сигнала по направлениям и ориентированы на подчеркивание в структуре этого сигнала протяженных элементов методом моделирования подсветки и Ламбертова рассеяния [2]. Протяженные элементы в структуре гравитационного поля (рис. 1, *а-в*) подчеркиваются тенями и субортогональны направлению подсветки. Результаты первичной обработки подтверждают изменение во времени доминирующих простираний в изолиниях гравитационного поля, а также заметное изменение степени протяженности отдельных структурных элементов этого поля. Наряду с выделенными временными вариациями амплитуды напряженности гравитационного поля, эти факты косвенно свидетельствуют о наличии как вертикальных, так и горизонтальных (сдвиговых) смещений, в основном, по плоскости дизъюнктивов под действием антропогенной нагрузки.

Реконструкция структурного разреза

Составляет детальную обработку измеренного гравитационного поля. Основанием для этой процедуры служат два алгоритма, апробированные на некоторых геологических объектах. Первый предполагает расчет нормированного гравитационного поля в области геологического полупространства с использованием автокорреляционной функции поля и его последующего покомпонентного разделения.

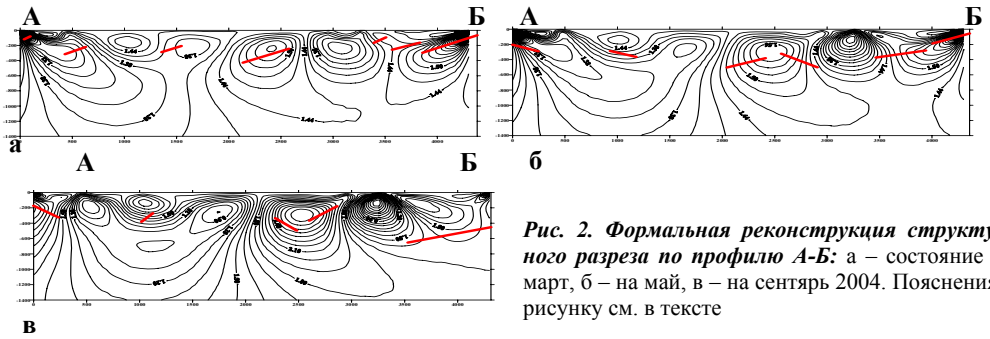


Рис. 2. Формальная реконструкция структурного разреза по профилю А-Б: а – состояние на март, б – на май, в – на сентябрь 2004. Пояснения к рисунку см. в тексте

Второй алгоритм опирается на методику Цирульского А.В. аппроксимации наблюденного гравитационного поля системой подобных по природе откликов от семейства материальных стержней. Объединение этих двух подходов и авторских усовершенствований, ориентированных на оптимизацию пересчетов, привело к созданию авторской программной разработки, результаты которой даны на рис. 2. Он содержит структурную реконструкцию разреза по линии профиля А-Б, отмеченного на рис. 1, *г*. Изолиниями обозначено нормированное гравитационное поле, косвенно отражающее распределение плотности в геологическом полупространстве. Наложенные на изолинии жирные отрезки обозначают подобранное семейство материальных стержней. Опыт использования этих алгоритмов показывает их эффективность при реконструкции син- и антиформ, ступенеобразных структур, определении глубины залегания аномалеобразующего объекта. В данной задаче рис. 2 иллюстрирует наличие временной плотностной динамики в геологическом полупространстве вплоть до глубин 400-500 м. Система материальных стержней определяет приблизительную геометрию и глубину залегания подошвы этой динамической области.

Резюме

Взаимодействие естественных, в том числе, сезонных процессов с активным антропогенным воздействием определяет ненулевую временную динамику геологической среды до глубин 400-500 м. Разработана методика, позволяющая в мониторинговом режиме оценить эту динамику по латерали и по разрезу геологической среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселов К.Е.* Абсолютные измерения силы тяжести. Гравиразведка. М., 1990.

2. *Dods S.D.* The new series of 1:1 000 000-scale magnetic anomaly maps of the Geological Survey of Canada. The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Maps. Tulsa, 1985.

Коротко об авторах

Мовчан И.Б. – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геоэкологии,
Койро М.В. – студент, кафедра «Технология и техника разведки месторождений»,
Кузнецова Д.С. – студентка, кафедра «Инженерная защита»,
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).

© С.В. Глебов, 2005

УДК 622.02.002.56:622.363.2

С.В. Глебов

ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ

Семинар № 2

Широкое применение геофизических исследований при разработке Верхнекамского месторождения солей (ВКМС) началось с 1986 года, когда в результате аварии был затоплен крупнейший в мире калийный рудник. В ходе выполнения промышленных, опытно-методических и научно-исследовательских работ накоплен значительный практический опыт.

Сейчас в процессе разработки месторождения применяются следующие методы:

- наземная и шахтная электроразведка (в основном методами постоянного тока);
- наземная и шахтная сейсморазведка по методике многократных перекрытий по общей глубинной точке (МОГТ);
- наземная и наземно-подземная гравиметрия;
- непрерывный сейсмологический контроль.

Магниторазведка при решении задач калийного производства сегодня не выполняется, однако находят применение материалы работ прошлых лет, в основном при изучении тектоники. В связи с малым объемом буровых работ на шахтных полях калийных рудников использование методов геофизического исследования скважин (ГИС) незначительно, но периодически востребуются архивные каротажные данные.

На сегодняшний день руководство калийных предприятий жестко лимитирует выделение средств на геологоразведочные и в том числе на геофизические работы. В этих условиях при постановке геофизических исследований следует четко определить возможность и целесообразность применения каждого метода в комплексе геологоразведочных работ.

Для этого необходимо оценить реальную информативность видов геофизических работ на этапе разработки Верхнекамского месторождения солей, что включает в себя анализ соответствия возможностей методов ставящимся на производстве задачам, способности изучения интересующих интервалов разреза, обеспечения необходимой точности структурных построений и достоверности геологической интерпретации.

Эта оценка выполняется на основе общих теоретических представлений, моделирования, изучения результатов архивных геофизических работ и использования опыта ведущих специалистов-калийщиков.

С целью обоснования исходных данных для определения информативности используемых геофизических методов выполнены следующие исследования.

Прежде всего, рассмотрены архивные геофизические материалы, проанализирована возможность их применения. Оценена площадная изученность месторождения геофизическими работами. Для этого в среде ArcView Gis создан геоинформационный проект «геофизическая изученность ВКМС» что позволило анализировать большой объем картографической

информации. Выполнено ранжирование территории месторождения по плотности геофизических исследований. Выделены площади, по которым имеются значимые на сегодняшний день геофизические данные, доступные к переинтерпретации на современном уровне. Подобное площадное ранжирование необходимо при оценке возможности использования имеющихся архивных материалов и определения необходимости постановки работ недостающими методами. Так, с учетом того, что нефтяная сейсмораз-ведка неинформативна для соляной и надсоляной толщи, отмечается дефицит сейсморазведочных данных для этих интервалов разреза. Наличие архивных материалов помогло при изучении аварий на БКРУ-3, СКРУ-2. Результаты переинтерпретации гравиэлектро- разведочных работ используются в настоящее время при доизучении готовящегося к отработке Усть-Яйвинского участка. Здесь надо отметить, что необходимо учитывать возможность изменения физических полей во времени, например вследствие изменения минерализации подземных вод или изменения напряженно-деформированного состояния массива в процессе подработки.

На втором этапе исследования выполнен **анализ возможностей геофизических методов** при изучении калийной залежи, включающий в себя оценку **точности структурных построений и достоверности геологических заключений** по данным геофизических исследований. Для этого использованы результаты последующих буровых и подземных геологоразведочных работ. Анализ проведен на основе материалов по Дуринской площади и прилегающей к ней северной части Быгельско-Троицкого участка. Данный район удачен тем, что охватывает как площадь спокойного, ненарушенного залегания пластов соляной и надсоляной толщ, так и южный борт Дуринского прогиба, характеризующийся геологическими нарушениями. В результате определены геологические объекты, интервалы и границы геологического разреза, выделяемые по материалам работ методами наземной гравиразведки, электроразведки и сейсморазведки. Для каждого метода рассчитана величина относительных погрешностей структурных построений, оценено соотношение предполагаемых по данным геофизики и подтвержденных прямыми методами геологических объектов.

Структурно-тектонические карты, составленные по данным разновременных гравиразведочных работ, слабо согласуются друг с другом, выделенные разрывы пространственно не совпадают. По данным бурения подтверждено до 50 % геологических неоднородностей. Погрешность картирования кровли соляной залежи (единственного структурного построения), в среднем составляет 7-9 %, максимум до 18 %. По результатам одной из последних крупномасштабной съемки ВЭЗ достаточно достоверно картируются разрывные нарушения в интервале надсоляной толщи. Но геоэлектрические разрезы по данным ВЭЗ малоинформативны для изучения литологического и стратиграфического строения массива в условиях месторождения. Получены мощности четвертичных отложений, пестроцветной толщи, построена карта кровли соли с относительными погрешностями соответственно 35, 25 и 7 %. Наибольшая достоверность выделения малоамплитудных тектонических элементов и точность стратиграфических построений отмечается по данным малоглубинной сейсморазведки высокого разрешения. Заверочным бурением подтверждены все выявленные геологические неоднородности. Выделены все основные стратиграфические границы от кровли терригенно-карбонатной толщи до кровли подстилающей каменной соли с погрешностью в пределах +0.4-4.1 %. В первом приближении эти выводы можно распространить и на другие участки месторождения.

ЭКСПЕРТНАЯ АНКЕТА №1
определения перечня стандартных задач разведочной геофизики при разработке Верхнекамского месторождения солей.

1. Геологическое обеспечение безопасной и рациональной отработки калийной залежи:

ЗАДАЧА	Важность задачи	Возможный геофизический метод решения
1. Выявление тектонических нарушений	*высокая*	*сейсморазведка, гравиразведка*
2. Картирование кровли водозащитной толщи (ВЗТ)	*средняя*	*сейсморазведка, гравиразведка*

ЭКСПЕРТНАЯ АНКЕТА №2
ранжирование задач и конкретных интервалов геологического разреза по степени важности для калийного производства

1. Геологическое обеспечение безопасной и рациональной отработки калийной залежи:
1.1. Сравнение важности решения задач:

	Картирование кровли водозащитной толщи (ВЗТ)		Решение какой из двух задач важнее для геологического обеспечения безопасной и рациональной отработки калийной залежи?		*Выявление разрывных нарушений*	
						V
абсолютно	очень сильно	сильно	немного сильно	равны	немного сильно	сильно	очень сильно	абсолютно

1.2. Сравнение важности изучения определённых интервалов разреза

	Водозащитная толща (ВЗТ)		Изучение какого из двух интервалов разреза важнее для геологического обеспечения безопасной и рациональной отработки калийной залежи?		*ТКТ*	
V						
абсолютно	очень сильно	сильно	немного сильно	равны	немного сильно	сильно	очень сильно	абсолютно

Фрагменты анкет экспертного опроса

После определения возможностей методов в условиях месторождения необходимо **оценить их соответствие требованиям** заказчика. Основная цель геологоразведочных и в том числе геофизических работ на месторождении - это обеспечение безопасной и рациональной отработки калийной залежи. Для ее достижения требуется решение ряда горно-геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и экологических задач. Часть этих задач являются повседневными, другие ставятся в чрезвычайных ситуациях. Ни один специалист не в состоянии корректно оценить весь широчайший спектр задач, поэтому возникла необходимость выработки коллективного мнения. Определение перечня стандартных задач, ставящихся перед методами разведочной геофизики при разработке Верхнекамского месторождения солей, выполняется путем проведения экспертного опроса. Опрос проводится в два этапа по специально разработанным анкетам среди основных заказчиков геофизической информации - ведущих научных и производственных специалистов, имеющих значительный опыт работы на ВКМС. На первом этапе определяется перечень задач и предварительно оценивается их значимость. На втором

этапе проводится окончательное ранжирование задач и конкретных интервалов геологического разреза по степени важности для калийного производства. Используется метод парных сравнений. Фрагменты анкет первого и второго этапов приведены на рисунке.

Таким образом будут определены исходные данные для оценки геологической информативности основных геофизических методов на этапе разработки Верхнекамского месторождения солей. Количественное выражение информативности будет использовано при технико-экономическом обосновании состава геофизического комплекса. Гибкость предложенной методики позволяет учитывать изменение исходных данных вследствие расширения возможностей методов, изменения их трудоемкости и стоимости.

Коротко об авторах

Глебов С.В. – начальник Центра мониторинга геологической среды ОАО «Уралкалий», г. Березники Пермской обл.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БАШУРА Андрей Николаевич	Прогнозирование состояния выработок на глубоких горизонтах калийных рудников Старобинского месторождения и обоснование эффективных способов охраны	25.00.22	к.т.н.
ПРУШАК Нина Владимировна	Формирование и развитие организационной структуры управления горнопромышленной корпорации (на примере РУП «ПО «Беларуськалий»)	05.02.22	к.т.н.