

УДК 622.831; 622.235

А.А. Еременко, А.Н. Александров, А.Г. Скворцов, А.М. Царев

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ГРАНИЦ МЕЖДУ НАЛЕГАЮЩЕЙ ТОЛЩЕЙ КРОВЛИ
ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ И ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ
НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ГОРНОЙ ШОРИИ**

Проведены наземные исследования границ между налегающей толщей кровли выработанных пространств и дневной поверхностью. Представлены результаты измерений налегающей толщи горных пород ударным способом возбуждения сейсмических колебаний. Получена величина налегающей толщи равная 320 м.

Ключевые слова: исследования, горные породы, колебания, волновое поле, кровля разработки.

Полевые наземные исследования проводились в п. Шерегеш и в г. Таштагол. На Горно-Шорском филиале ОАО «Евразруда» работы были выполнены на трех профилях в пределах участка Подрусловый.

Длина профилей составляла 115 м. Шаг наблюдений и перемещений пунктов возбуждения колебаний равнялся 5 м. При выполнении работ использовался ударный способ возбуждения сейсмических колебаний в режиме накопления сейсмического сигнала с использованием системы сложения-вычитания. Эта система обеспечивает подавление регулярных волн-помех с вектором поляризации в вертикальной плоскости – продольных, поперечных SV-волн и обменных.

На всех профилях для возбуждения колебаний использовался молот, массой 12 кг. Удары наносились по металлической подложке или специально изготовленному для этой цели устройству в процессе выполнения работ.

Для возбуждения колебаний использовался также пластиковый молоток массой 1 кг. Общее число накоплений при работе с большим молотом равнялось 32, при работе с пластиковым молотком – 40.

Для регистрации сейсмических колебаний использовались одиночные горизонтальные сейсмоприемники GS20-DX с резонансной частотой 10 Гц. Запись сейсмического сигнала осуществлялась 24-канальной цифровой сеймостанцией «Эллисс».

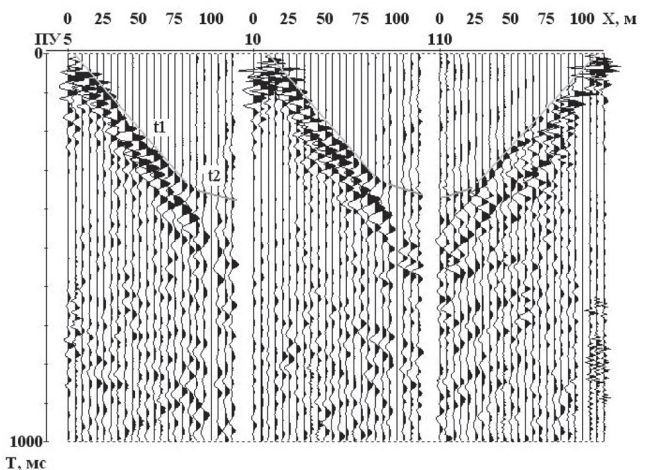


Рис. 1. Структура волнового поля на профиле:
ПУ – шаг перемещения; t_1 и t_2 – соответственно прямая и отраженная волны

Рассмотрена структура волнового поля, зарегистрированная в пределах исследуемого участка. В структуре волнового поля на профиле прослеживаются прямая волна t_1 и преломленная на кровле скальных пород волна t_2 , которая выходит впервые вступления на удалениях 80–90 м. Это дает возможность оценить глубину кровли скальных пород на этих профилях, которая составляет 32–36 м. В целом характер сейсмической записи сложный за счет неровности преломляющей границы, наличия в разрезе дифрагирующих объектов, невидержанности поверхностных условий, присутствия кратных волн.

Граничная скорость на кровле скальных пород на этом профиле невелика и составляет около 1100 м/с. Мощность верхнего горизонта скальных пород с такой скоростью, составляет около 40 м. Вероятно, этот слой является корой выветривания.

Средняя скорость прямой волны t_1 , характеризующая верхний слой не-скальных отложений, составляет 240–260 м/с.

Полученные данные о мощности поверхностных отложений, которая изменяется от 10 до 35 м, хорошо согласуются с геологическим разрезом участка.

Рассмотрена возможность решения задачи по обнаружению границы между налегающей толщей кровли и выработанным пространством. Фактически она сводится к решению двух взаимосвязанных задач: выделение в разрезе искомого объекта; определение глубины его кровли.

Первая задача связана с определением типа и классов волн, с помощью которых возможно обнаружить объект.

В поперечнике размер исследуемого объекта невелик и составляет всего 30–50 м. При глубине его залегания около 300–350 м в сейсмическом поле он отображается либо в

виде дифракционного объекта, либо в виде комбинации непротяженной отражающей площадки и двух дифракционных волн от границ, ограничивающих его по вертикали. При этом следует обратить внимание, что искомым объект будет обладать максимальной акустической контрастностью и соответственно высокой интенсивностью волн, связанных с ним.

Задача определения глубины искомого объекта, в случае его обнаружения в разрезе, сводится к корректному определению скоростного закона в исследуемой среде.

С учетом данных о скоростном строении верхней части разреза и данных о проектной глубине кровли блоков 5 и 6 (рис. 2) был сформирован теоретический временной разрез.

При расчете временного разреза была использована скоростная модель № 1 со следующими параметрами: глубина до кровли камеры блоков 5 и 6 – 345 м; мощность рыхлых отложений – 30 м; скорость в рыхлых отложениях – 250 м/с; мощность скальных отложений – 315 м; скорость (принятая) в скальных отложениях – 2000 м/с; средняя скорость до потолка камеры блоков 5 и 6 – 1245 м/с; скорость продольных волн в пределах участка работ равна 3500–4500 м/с; средняя скорость – 4000 м/с.

Принимая, согласно справочным данным, соотношение скорости поперечных волн продольных как 0,5, скорость поперечной волны была принята равной 2000 м/с.

Рассмотрение теоретического временного разреза показывает, что если искомая неоднородность располагается в середине сейсмического профиля длиной 115 м, то на временном разрезе она будет проявляться в виде единой, практически горизонтальной оси синфазности в пределах всего профиля, которая сформирована отраженной и рефрагированными волнами.

Сопоставление теоретических и экспериментальных данных для условий профиля, расположенного над блоком 6

	Время $t_{\text{отр}}$, мс	Скорость $V_{\text{ср}}$, ($V_{\text{эф}}$), м/с	Глубина H , м
Модель № 1	554	1245	345
Модель № 2	586	1177	345
Экспериментальные данные на профиле	около 600	1070	около 321

Анализ временного разреза показывает также, что для надежного определения скоростных характеристик среды по параметрам рефрагированных (рефрагированной) волн, длина сейсмического профиля должна быть значительно больше используемой при проведении настоящих работ.

Для оценки средней скорости поперечных SH-волн до искомого объекта в пределах блоков 5 и 6, была рассмотрена также и модель № 2, предусматривающая наличие коры выветривания.

Параметры этой модели № 2 были приняты следующие: глубина до кровли камеры блоков 5 и 6 – 345 м; мощность рыхлых отложений – 30 м; скорость в рыхлых отложениях – 250 м/с; мощность коры выветривания – 40 м; скорость коры выветривания – 1100 м/с; мощность скальных отложений – 275 м; скорость (принятая) в скальных отложениях – 2000 м/с; средняя скорость до потолка камеры блоков 5 и 6 – 1177 м/с.

Согласно выполненным расчетам суммарная ось синфазности отраженной и рефрагированных волн от кровли выработки (в условиях ее проектной глубины) на временном разрезе для модели № 1 располагаться на времени 554 мс, для модели № 2 – на временах 585 мс.

С учетом выполненных теоретических расчетов рассмотрим результаты, полученные на профилях, которые пересекают обрушенные блоки.

Обращает на себя внимание близость времен экспериментально об-

наруженных сейсмической границы и времени теоретически рассчитанных границы на модельных временных разрезах. Эти сведения приведены в таблице. Здесь же представлены сведения о скоростных характеристиках среды и глубине кровли искомого объекта для использовавшихся моделей и вычисленных по результатам экспериментальных данных.

Однако близость ее значения к теоретическим модельным величинам средней скорости, а также квазигоризонтальная форма оси синфазности этой волны и высокая ее интенсивность на экспериментальных временных разрезах дает основание достаточно обоснованно считать, что данная волна может быть связана с кровлей обрушенного блока 6.

На рис. 3 представлена обобщенная сейсмограмма по другому профилю в сопоставлении с временными разрезами по профилям. На обобщенной сейсмограмме отраженные волны практически не выделяются. Вместе с тем, на временном разрезе на временах около 550 мс прослеживается интенсивная отраженная волна. При этом структура временных разрезов по профилям в диапазоне более 500 мс имеет определенное сходство.

Анализ полученных сейсмических результатов позволяет оценить глубину кровли блока № 6 в 320 м. Ширина блока по сейсмическим данным составляет 60 м, что близко к его реальным данным.

В пределах Юго-Восточного участка на Таштагольском месторождении ис-

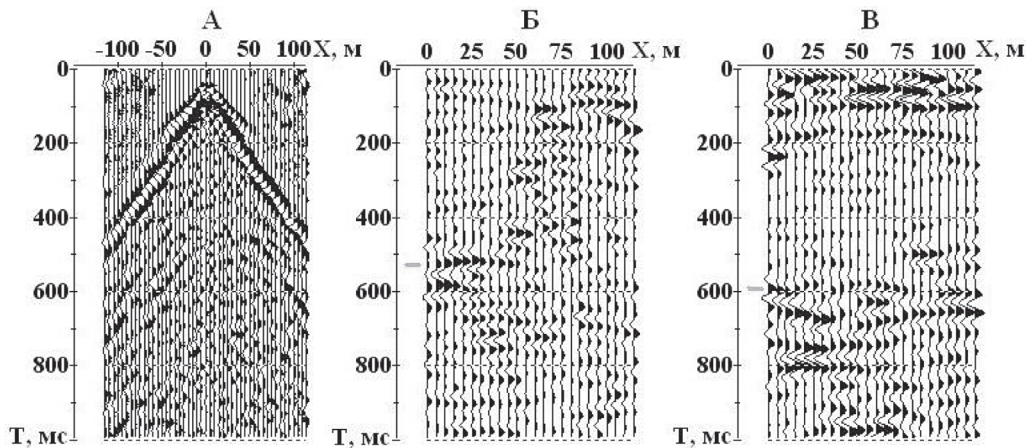


Рис. 3. Обобщенная сейсмограмма по профилю, и временные разрезы по другим профилям: А – обобщенная сейсмограмма по профилю, Б – временной разрез по профилю, В – временной разрез по другому профилю

следования были выполнены на профиле над выработанным пространством.

Выполненные исследования позволили получить представление о структуре волнового поля в пределах участка и о строении верхней части толщи горных пород.

Структуру волнового поля поперечных SH-волн в пределах профиля иллюстрируют две сейсмограммы (рис. 4). На исходных сейсмических записях выделяется преломленная волна, которая выходит в первые вступления на ближайшем пикете от

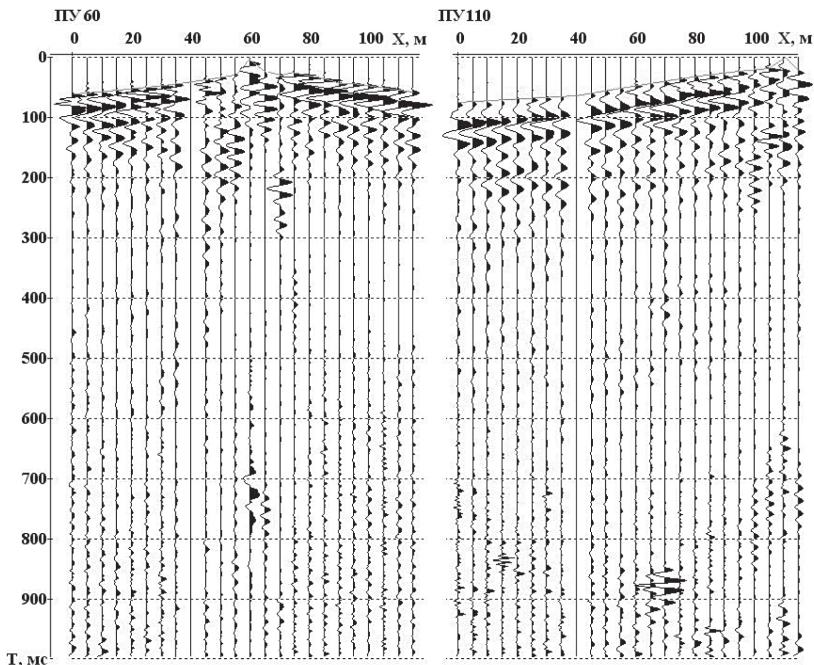


Рис. 4. Исходные сейсмические записи на профиле

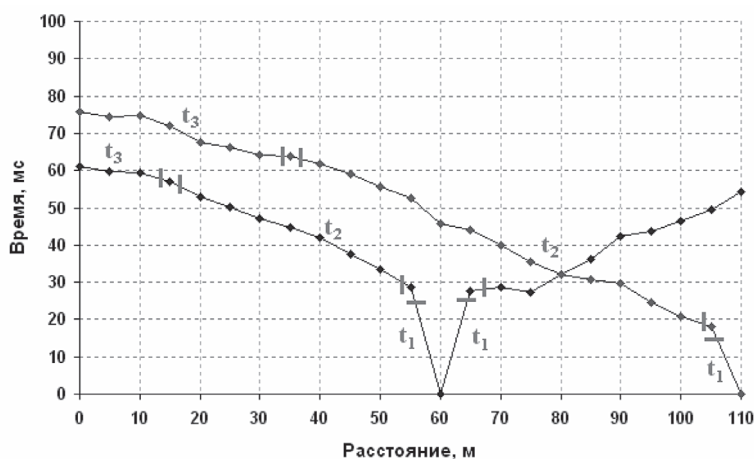


Рис. 5. Годографы преломленных волн по профилю: t_1 – прямая волна, t_2 и t_3 – преломленные волны

пункта возбуждения. Это свидетельствует о том, что мощность поверхностного слоя нескальных отложений не превышает 2–2,5 м. Далее в структуре волнового поля в интервале времен до 155–200 мс выделяется ряд волн (отраженных и кратных) от относительно неглубоких границ. Отраженные волны от более глубоких границ в явном виде на сейсмических записях не выделяются.

На рис. 5 показаны годографы преломленных волн. Анализ этих годографов позволил выделить на них три волны. В волну t_1 , связанную с поверхностными рыхлыми отложениями. Средняя скорость ее, с учетом принятого шага наблюдений не превышает 230 м/с. Волна t_2 является волной, преломленной на кровле скальных пород. Граничная скорость ее равна 1600–1700 м/с. Волна t_3 – преломленная волна на подошве коры выветривания. Ее граничная скорость составляет 2700 м/с.

Скорость продольных волн в пределах месторождения составляет 5000–5500 м/с. Принимая во внимание, что среднее соотношение скоростей поперечных и продольных волн для скальных пород в среднем равно 0,5 мож-

но отметить, что полученные значения скорости соответствуют ненарушенным скальным породам на этом участке.

Таким образом, в процессе проведения исследований при ударном способе возбуждения среды установлено, что на Шерегешевском месторождении выделение в разрезе отражающих границ, в том числе и от исследуемых целевых объектов, сильно затруднено из-за неровности кровли скальных пород, наличия большого количества дифрагирующих объектов, невыдержанности поверхностных условий, присутствия в структуре волнового поля кратных волн и интенсивных промышленных волн-помех.

На полученных временных разрезах удалось выделить отраженные волны, которые по своим кинематическим и динамическим параметрам близки к расчетным теоретическим параметрам моделей искомым неоднородностей. Это дает основание достаточно обоснованно считать, что обнаруженные сейсмические границы являются кровлей обрушенных блоков и позволяют сделать вывод о возможности и перспективности использования разработанной методики для решения поставленной задачи.

1. Калугин А.С., Калугина Т.С., Иванов В.И. и др. Железорудные месторождения Сибири. Новосибирск: Наука, 1981. 238 с.

2. Жадин В.В. Природа сейсмических проявлений на руднике «Таштагол» в 1981–1983 гг. // ФТПРПИ. 1985. № 1. С. 52–59.

3. Скворцов А.Г. Особенности структуры поля упругих колебаний в нелигифицированных многолетнемерзлых породах // Криосфера Земли. 1997. № 3. Т. 1. С. 66–72. **ИЗБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Еременко Андрей Андреевич – доктор технических наук, профессор,

и.о. зам. директора по научной работе, e-mail: yeryom@misd.nsc.ru,

Александров Артем Николаевич – научный сотрудник, e-mail: aan@ngs.ru,

Институт горного дела СО РАН;

Скворцов Андрей Георгиевич – кандидат технических наук,

ведущий научный сотрудник, e-mail: agskvortsov@mail.ru,

Царев Андрей Михайлович – научный сотрудник, e-mail: tsarev@gmail.ru,

Институт криосферы Земли СО РАН.

UDC 622.831; 622.235

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF INTERFACE BETWEEN THE OVERBURDEN AND ROOFS OF MINED-OUT CAVITIES IN MINERAL DEPOSITS IN GORNAYA SHORIA

Eremenko A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor,

Acting Deputy Director on Scientific Work, e-mail: yeryom@misd.nsc.ru,

Aleksandrov A.N., Researcher, e-mail: aan@ngs.ru,

Mining Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;

Skvortsov A.G., Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher, e-mail: agskvortsov@mail.ru,

Tsarev A.M., Researcher, e-mail: tsarev@gmail.ru,

Earth Cryosphere Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

The researchers have carried out the ground survey aimed at determination of interfaces between the top formation and the roof of mined-out cavities in mines. The structure of wave field within the bounds of the top formation is analyzed. The article reports the results of measurement of the impact-excited seismic vibrations using seismic pickups GS20-DX with the resonance frequency 10 Hz. The velocity model has the following parameters: the top formation thickness is 320 m; loose deposit is 30 m thick; velocity in the loose deposit is 315 m/s; velocity in hard rocks is 200 m/s; P-wave velocity is 3500–4500 m/s.

Key words: research, rocks, vibrations, wave field, roof.

REFERENCES

1. Kalugin A.S., Kalugina T.S., Ivanov V.I. *Zhelezorudnye mestorozhdeniya Sibiri* (Iron ore deposits in Siberia), Novosibirsk, Nauka, 1981, 238 p.

2. Zhadin V.V. *FTPRPI*, 1985, no 1, pp. 52–59.

3. Skvortsov A.G. *Kriosfera Zemli*, 1997, no 3. vol. 1, pp. 66–72.

