© Т.Ф. Харисов, А.Л. Замятин, А.С. Ведерников, 2016

УДК 622.83

Т.Ф. Харисов, А.Л. Замятин, А.С. Ведерников

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ СТВОЛА ШАХТЫ «ИМ. С.М. КИРОВА» ТУРЬИНСКОГО МЕДНОГО РУДНИКА*

По результатам геофизических исследований, выполненных на стволе шахты «им. С.М. Кирова» были определены глубина залегания пробки из грунта и обломков крепи в нарушенном стволе, глубина залегания коренных пород. Исходя из полученных данных, согласно РД 07-291-99 «Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами», были разработаны рекомендации, обеспечивающие ликвидацию ствола шахты, с учетом его аварийного состояния.

Ключевые слова: ствол шахты, ликвидация, нарушения крепи, деформация массива, геофизические исследования.

Турьинский медный рудник был открыт приблизительно в конце XVIII века и являлся основным поставщиком меди в России. В 1920 г. шахты рудника были законсервированы (затоплены). В 1930 г. работа Турьинского рудника была восстановлена, вследствие чего в 1980 г. была проведена реконструкция стволов шахт «Им. С.М. Кирова», «Капитальная» и «Никитинская». Ствол шахты «Им. С.М. Кирова» предназначен для выполнения вспомогательных операций, также в стволе размещено лестничное отделение и трубопровод водоотлива, по которому велась откачка воды со всего Турьинского медного рудника.

Сечение ствола прямоугольное, площадь сечения ствола в свету составляет $S_{св} = 7{,}7$ м^2, глубина ствола 425 м, где он сбит с выработками ТМР лишь одним горизонтом гор. 425 м на отметке -210 м [1]. Ствол закреплен деревянной крепью, состоя-

* Исследования выполнены в рамках гранта РФФИ №14-05-00324.

ние которой на сегодняшний день неизвестно. Данные по размеру воротника ствола отсутствуют.

15 ноября 2011 г. в 23:00 произошел прорыв воды на отметке -20 м ствола шахты «Им. С.М. Кирова» с разрушением восточной части крепи и вывалом глинистого грунта в ствол. С целью недопущения подобных происшествий была произведена перекрепка нарушенного участка крепи ствола на протяжении 20 м. В июле 2012 г., в связи с продолжающейся деформацией конструкций зданий и сооружений на промплощадке ствола шахты «Им. С.М. Кирова», был произведен демонтаж конструкций копра, надшахтного здания и части галереи ствола шахты. 7 апреля 2014 г. в стволе шахты «Им. С.М.Кирова» произошел вывал горной массы, который заполнил приямок зупфового насоса и ствол почти до кровли рудного двора с образованием пробки в стволе шахты. Также произошло оседание земной поверхности вокруг ствола. В связи со сложившейся аварийной ситуацией, 7 апреля 2014 г. ООО «ВМК» был произведен демонтаж оставшихся прилегающих построек с засыпкой образовавшегося провала и выравниванием промплощадки ствола.

Ствол шахты «Им. С.М. Кирова» находится в аварийном состоянии, и необходимо ликвидировать его согласно правилам РД 07-291-99 «Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами», с возведением двух перекрытий из железобетона или металлических балок, одно из которых устанавливается на глубине залегания коренных пород, но не менее 10 м от земной поверхности, а другое – на уровне земной поверхности [2].

Образовавшаяся пробка из грунта и обломков крепи не дает полностью засыпать ствол шахты, вследствие чего для ликвидации разрушенного ствола необходимо произвести научно-исследовательскую работу по определению глубины расположения пробки, состояние вмещающих пород, чтобы оценить возможность ее устранения и выполнения необходимых мероприятий по требуемой процедуре его ликвидации. Для решения поставленной задачи были произведены натурные геофизические исследования горного массива вблизи ствола и непосредственно над образовавшейся пробкой [3].

Для зондирования горного массива около ствола шахты «Им. С.М. Кирова» использовался комплекс геофизических методов: метод спектральной сейсморазведки (метод спектрального сейсмопрофилирования, ССП) и георадарного зондирования [4, 5].

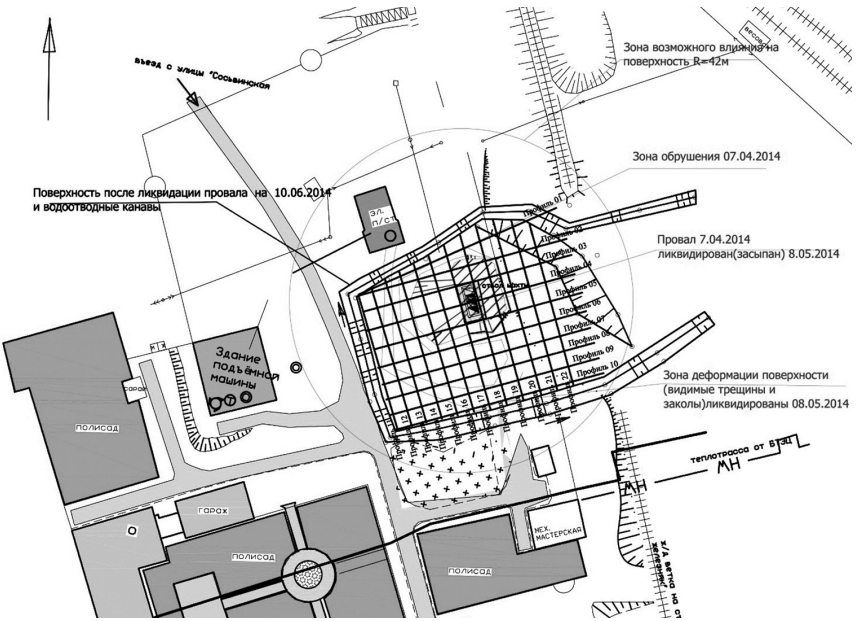

Рис. 1. Схема расположения профилей зондирования промплощадки ствола шахты им. С.М. Кирова

Метод спектральной сейсморазведки основан на использовании зависимости между спектральным составом колебательного процесса, возникающе¬го при ударном воздействии на обнаженную поверхность горного массива, и структурным строением этого массива. Физические основы метода подробно описаны в размещенных на сайте разработчика метода работах (www.newgeophys.spb.ru). Метод спектрального сейсмопрофилирования хорошо работает в комплексе с георадарным зондированием.

Основой метода георадарного зондирования (георадиолокации) является отражение электромагнитной волны от границ между средами, имеющими различные электрофизические свойства.

Комплексное геофизическое зондирование с использованием георадара «ОКО-2» и комплекса ССП было выполнено по двадцати двум профилям, образующие сетку вблизи ствола и над ним. Расположение сетки профилей зондирования с интервалом между профилями 3 м показано на рис. 1.

На данных, полученных при проведении спектрального сейсмопрофилирования (ССП) и георадарного зондирования,

возможно структурировать массив от поверхности и до глубины 100 м [6].

В качестве образца проанализируем спектральное изображение сейсмосигналов профиля № 16, проходящего непосредственно по поверхности пробки, над стволом шахты «Им. С.М. Кирова» (рис. 2).

На интервале глубин от 0 м до 20–25 м, исходя из величины добротности гармонических составляющих сейсмосигнала, можно утверждать, что граница залегания коренных пород находится предположительно на глубине 20–25 м от поверхности и выделена фиолетовым цветом на рис. 2.

Зоны с наименьшей добротностью сейсмосигнала обозначены зеленым цветом, это области деструктоpизованного массива, повышенная нарушенность которого обусловлена проводимыми ранее горными работами на Турьинском медном руднике.

По спектральному изображению сейсмосигнала на профиле № 16 между 4 и 8 м по горизонтальной оси и на глубине 50–55 м прослеживается скачок добротности сейсмосигнала, что свидетельствует о резкой смене величины сцепления между поро-

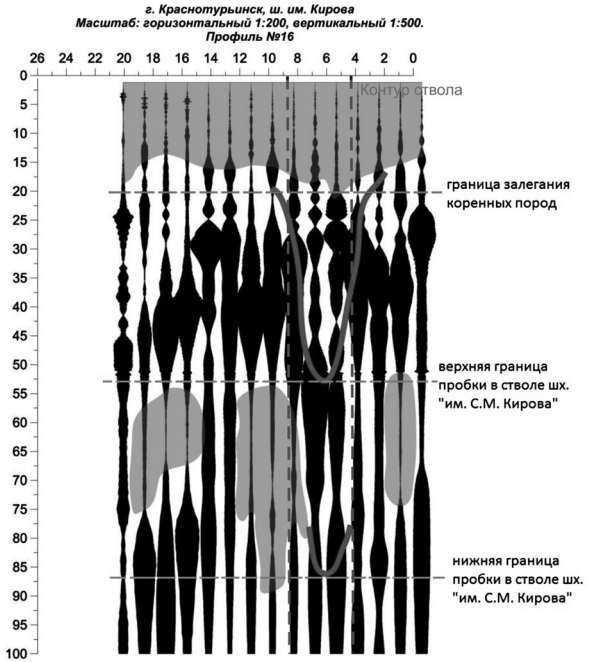

Рис. 2. Профиль спектрального сейсмопрофилирования (ССП) № 16

дами и наличием границы в массиве пород с разной степенью структурной нарушенности. Исходя из вышесказанного, можно утверждать, что верхняя граница пробки находится на отметке 50–55 м от поверхности. Второй скачок данного сейсмосигнала наблюдается на глубине 77–87 м, тем самым обозначая нижнюю границу пробки в стволе.

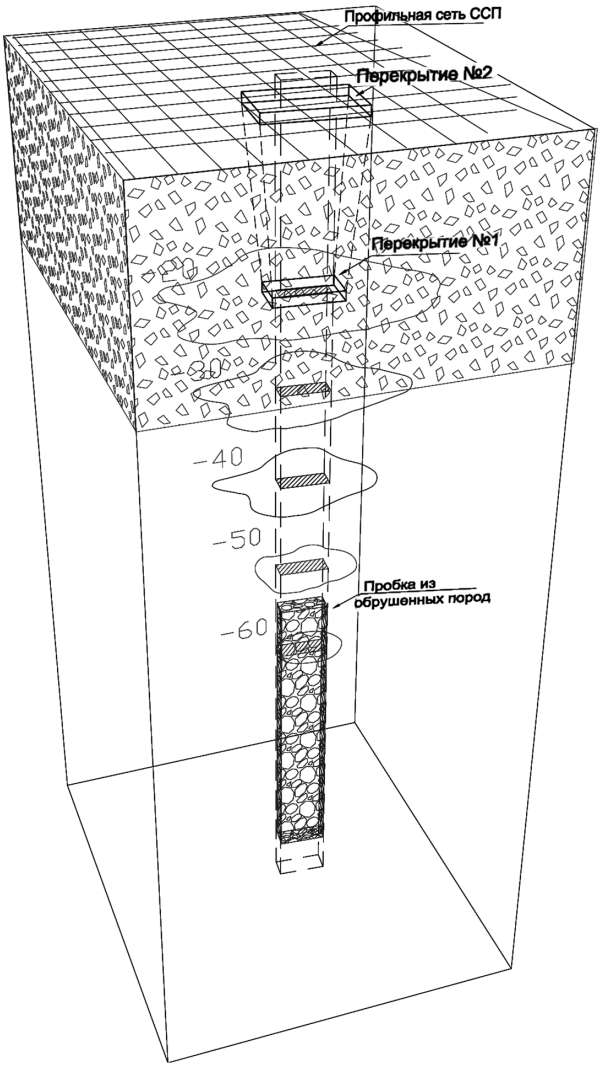

Рис. 3. Схема ликвидации ствола шахты «Им. С.М. Кирова» в аксонометрии

Проанализировав 22 профиля геофизического зондирования массива вблизи ствола шахты «Им. С.М. Кирова», можно сделать выводы:

1) граница скальных пород находится на глубине 20–25 м от поверхности;

2) верхняя граница пробки в стволе шахты находится на глубине 50–55 м;

3) нижняя граница пробки в стволе шахты находится на глубине 77–87 м.

Для устранения образовавшейся пробки в стволе необходимо произвести вскрышные работы с поверхности и до глубины 87 м. Поскольку обрушенная в ствол порода разрушила крепь, расстрелы, лестничный ходок и коммуникации, велика вероятность того, что на глубине более 100 м могла образоваться еще одна пробка. Также высока вероятность того, что при засыпке ствола образуется новая пробка по причине высокой захламленности ствола. Отсюда следует, что полную засыпку ствола «Им. С.М. Кирова» произвести крайне проблематично.

Сложившаяся ситуация на стволе шахты «Им. С.М. Кирова» делает невозможным процесс ликвидации ствола по всем правилам инструкции РД 07-291-99, в результате чего были разработаны организационно-технические мероприятия, обеспечивающие безопасную ликвидацию нарушенного ствола с учетом его состояния на данный момент.

В связи с невозможностью вскрытия ствола, ликвидацию ствола шахты «Им. С.М. Кирова» произвести с сооружением двух прочных железобетонных перекрытий без засыпки ствола до земной поверхности (рис. 3). На рис. 3 представлен ствол шахты «Им. С.М. Кирова» в аксонометрии со схемой деформаций массива на глубинах 20, 30, 40, 50 и 60 м изображенные изолиниями.

Первое перекрытие обустроить, увеличенное по контуру ствола не менее 1 м (3200×5700 мм) на глубине залегания коренных пород, около 20 м от поверхности.

Второе перекрытие заглубить за зону промерзания, около 2 м от поверхности, чтобы обеспечить его долговечность. Размеры второго (верхнего) перекрытия определяются исходя из угла воронкообразования, который составляет 85°. Следовательно, размеры второго перекрытия должны составлять 3600×6100 мм [2].

Толщину перекрытий определить в проекте расчетным путем, исходя из принятых материалов (металлические балки, бе-

тон, арматура и т.д.) и их характеристик. Нагрузку определить исходя из веса налегающих пород, на первой – между перекрытиями, на второй – из веса пород до поверхности. После возведения перекрытий и засыпки их сверху грунтом, вокруг устья ствола следует установить ограждение высотой не менее 2,5 м.

Таким образом, следуя разработанным рекомендациям к инструкции о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами, можно обеспечить безопасную ликвидацию ствола шахты «Им. С.М. Кирова» с учетом его аварийного состояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Надеин А. Г.* Материалы научно-практической конференции, посвященной 150-летию Евграфа Степановича Федорова. Турьинский медный рудник. – Краснотурьинск, 2004. – С. 24–25.

2. *Инструкция* о порядке ведения работ по ликвидации и консервации производственных объектов, связанных с пользованием недрами (РД 07-291-99).

3. *Боликов В. Е.*, *Озорнин И. Л.*, *Харисов Т. Ф.* Усовершенствованная технологическая схема проходки сопряжений ствола с горизонтом в массивах со сложными горно-геологическими условиями / Материалы Международной научно-практической конференции «Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений», г. Екатеринбург, 14–16 октября 2009 г. – Екатеринбург: УГГУ, 2009. – С. 35–40.

4. *Замятин А. Л.* Экспериментальные исследования состояния массива горных пород на объектах недропользования // Проблемы недропользования. – 2014. – № 2. – С. 29–33.

5. *Усанов С. В.*, *Мельник В. В.*, *Замятин А. Л.* Мониторинг трансформации структуры горного массива под влиянием процесса сдвижения // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – № 6. – С. 83–89.

6. *Ведерников А. С.*, *Григорьев Л. В.* Уточнение безопасного расположения автомобильной развязки с помощью геофизических исследований / Материалы Международной научно-практической конференции: Геомеханика в горном деле г. Екатеринбург, 12–14 октября 2011 г. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2011. – С. 35–40. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Харисов Тимур Фаритович – младший научный сотрудник,
e-mail: Timur-ne@mail.ru,
Замятин Алексей Леонидович – младший научный сотрудник,
e-mail: A.zamyatin@mail.ru,
Ведерников Андрей Сергеевич – младший научный сотрудник,
e-mail: avedernikov@igduran.ru,
Институт горного дела УрО РАН.

UDC 622.83

T.F. Kharisov, A.L. Zamyatin, A.S. Vedernikov

ENGINEERING STUDIES ON CLOSURE OF KIROV'S MINE SHAFT AT TURINSKY COPPER MINE

By results of the geophysical surveys executed on a shaft of mine «S.M. Kirov» the stopper depth from soil and fragments was defined support in the broken shaft and a depth of radical breeds. Proceeding from the obtained data, according to RD 07-291-99 «The instruction about an order of conducting works on elimination and preservation of the hazardous production facilities connected with use of natural resources» the recommendations providing elimination of a shaft of mine taking into account its critical condition were developed.

Key words: shaft of mine, elimination, violations support, deformation of the massif, geophysical surveys.

AUTHORS

Kharisov T.F.[1], Junior Researcher, e-mail: Timur-ne@mail.ru,
Zamyatin A.L.[1], Junior Researcher, e-mail: A.zamyatin@mail.ru,
Vedernikov A.S.[1], Junior Researcher, e-mail: avedernikov@igduran.ru,
[1] Institute of Mining of Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
620219, Ekaterinburg, Russia.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research, Grant No. 140500324.

REFERENCES

1. Nadein A.G. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 150-letiyu Evgrafa Stepanovicha Fedorova. Tur'inskiy mednyy rudnik* (Proceedings of Scientific–Practical Conference Dedicated to the 150th Anniversary of Evgraf Fedorov. Turinsky copper mine), Krasnotur'insk, 2004, pp. 24–25.

2. *Instruktsiya o poryadke vedeniya rabot po likvidatsii i konservatsii proizvodstvennykh ob"ektov, svyazannykh s pol'zovaniem nedrami (RD 07-291-99)* (Guidelines on closure and conservation of production facilities connected with subsoil use (RD 07-291-99)).

3. Bolikov V.E., Ozornin I.L., Kharisov T.F. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiya kompleksov podzemnykh sooruzheniy»*, g. Ekaterinburg, 14–16 oktyabrya 2009 g. (Design, Construction and Operation of Underground Structures: Scientific-Practical Conference Proceedings, Ekaterinburg, 14–16 October 2009), Ekaterinburg, UGGU, 2009, pp. 35–40.

4. Zamyatin A.L. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2014, no 2, pp. 29–33.

5. Usanov S.V., Mel'nik V.V., Zamyatin A.L. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2013, no 6, pp. 83–89.

6. Vedernikov A.S., Grigor'ev L.V. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Geomekhanika v gornom dele,* g. Ekaterinburg, 12–14 oktyabrya 2011 g. (Geomechanics in Mining: Scientific-Practical Conference Proceedings, Ekaterinburg, 12–14 October 2011), Ekaterinburg, IGD UrO RAN, 2011, pp. 35–40.