

14. Li Z., Wang E., Ou J., Liu Z. Hazard evaluation of coal and gas outbursts in a coal-mine roadway based on logistic regression model. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. Vol. 80. pp. 185–195.
15. Xiaogang F., Chaohui J. The cause analysis and countermeasures of coal burst at 5868 return air way heading face in Wulan coal mine. *Colliery Saf.* 2013. Vol. 44(10). pp. 196–198.
16. Quanlong L., Xinchun L. Effective stability control research of evolutionary game in China's coal mine

- safety supervision. *Journal of Beijing University of Technology*. 2015. Vol. 17(4). pp. 49–56.
17. Zemskov A. N., Kondrashov P. I., Travnikova L. G. Natural Gases and Control at Potash Deposits. Perm, 2008. 414 p.
18. Andreiko S. S., Ivanov O. V., Nesterov E. A., Litvinovskaya N. A. Gas content of productive potash seams in new areas of Uralkali and Silvinit mines. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten*. 2010. No. 4. pp. 186–190.

УДК 621.396:621.1/2

ОПЫТ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ НА СТАРОБИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ



Д. Н. МУСАЛЕВ,
зам. генерального
директора



Н. Н. ПРОХОРОВ,
заведующий отделом,
канд. техн. наук

ОАО «Белгорхимпром», Минск, Беларусь



А. М. КЛАБУК,
главный геолог,
klabuk@kali.by
ОАО «Беларуськалий»,
Солигорск, Беларусь

Введение

В последние годы в отечественной и зарубежной практике горного дела все большее распространение получают аппаратные методы контроля состояния породного массива при выполнении различного рода горных работ [1–11]. К числу таких методов относится георадиолокация, выполняющая роль высокочастотной электроразведки.

Георадиолокация – относительно новый волновой метод геофизики, основанный на неразрушающей методике обследования окружающей среды. Суть метода заключается в анализе отраженных от границ слоев электромагнитных импульсов, способных изменять свои амплитудно-частотные характеристики при переходе через границу слоев с различными электрофизическими свойствами. Такими границами в исследуемых средах являются, например, контакт между сухими и влагонасыщенными грунтами,

Рассмотрено одно из направлений геофизических исследований на Старобинском месторождении калийных солей – научно-техническое сопровождение проходки горных выработок методом георадиолокации. Приведен пример научно-технического сопровождения разведочной выработки, первой пересекавшей зону блокообразующего Краснослободского разлома.

Ключевые слова: месторождение калийных солей, Краснослободская зона разломов, горные выработки, научно-техническое сопровождение, шахтные геофизические исследования, георадиолокация.

DOI: 10.17580/gzh.2018.08.05

контакты между породами различного литологического состава, между породой и материалом искусственного происхождения (поиск скважин, трубопроводов, кабельных трасс, выявление пустот), между мерзлыми и тальными грунтами и т. д.

Метод георадиолокации обладает рядом достоинств, такими как высокая мобильность установок и малая трудоемкость в использовании, высокая разрешающая способность, возможность получать быстрое двухмерное представление зондируемой среды в виде вертикального геофизического разреза, возможность оперативной интерпретации материалов наблюдений уже на стадии полевых работ с выдачей предварительных результатов. К основным недостаткам метода можно отнести высокую помеховосприимчивость, невысокую глубинность исследований.

Разрешающая способность и глубина исследования георадаров связаны между собой и зависят от длины волны (размера применяемых антенн), мощности и длительности излучаемого в исследуемую среду электромагнитного импульса. Глубинность георадиолокационного метода зависит и от литологии изучаемой геологической среды, условий проведения наблюдений. При этом

расположение антенных блоков на профиле наблюдения должно быть по оси максимальной интенсивности их излучения в сторону исследуемых объектов [12, 13].

Опыт применения георадаров в горных выработках Старобинского месторождения калийных солей показывает, что распространяющаяся в массиве горных пород электромагнитная волна, излучаемая передающей антенной георадара, испытывает отражение от тех участков подземной среды, в которых наблюдается изменение ее физических параметров: мощности и глубины залегания слоев, их диэлектрической проницаемости и проводимости.

Общеизвестно, что если волна падает из менее оптически плотной среды в более плотную или более проводящую (например, из соли во влажную глину), коэффициент отражения отрицателен, и в этом случае отраженный от границы сигнал «переворачивается», т. е. меняет свою полярность. Отраженный от менее плотной или менее проводящей среды сигнал не меняет своей полярности (например, переход «соляной массив – горная выработка»). Отражение от плавной границы приводит к тому, что сигнал «растягивается» во времени. Плавная граница искажает сигнал, преобразуя его форму. Слабая проводимость среды приводит к затуханию сигнала, в то время как сильная проводимость – к дисперсионному искажению отраженного сигнала (в частности, к появлению низкочастотных отражений в случае наличия влагонасыщенных разностей). Граница резкого изменения электрофизических свойств массива горных пород более контрастно проявляется на георадарных разрезах [14, 15].

В шахтных условиях использование метода георадиолокации имеет свои особенности. При исследованиях передающая и приемная антенны георадара размещаются таким образом, что максимальная интенсивность излучаемого импульса направлена вдоль исследуемого пласта, а не в крест напластованию (как в основном происходит на поверхности земли). Вследствие анизотропии исследуемой среды наиболее интенсивный зондирующий импульс распространяется вдоль пласта (происходит «фокуси-

ровка сигнала» по пласту), в котором проводятся исследования, что неоднократно подтверждалось опытом работ в шахтных условиях. В настоящее время применимость метода георадиолокации для условий соляного массива Старобинского месторождения ограничивается глубиной около 25–30 м по напластованию горных пород.

Практика георадиолокационных исследований в ОАО «Беларуськалий»

Применение метода георадиолокации на Старобинском месторождении имеет довольно широкий круг решаемых задач, таких как изучение состояния околовыработочного пространства и межтрековых целиков, выбор местоположения контрольно-стволовых и разведочных скважин на уровне продуктивных горизонтов [16, 17].

Еще одним из направлений использования метода георадиолокации на Старобинском месторождении является поэтапное научно-техническое сопровождение проходки разведочных выработок в притектонических зонах на уровне разрабатываемых пластов с целью обеспечения безопасных условий ведения горных работ по условиям водозащиты. Примером такого рода исследований может являться пересечение Краснослободской зоны разломов горными выработками на шахтном поле Краснослободского рудника Второго рудоуправления ОАО «Беларуськалий».

Шахтное поле данного рудника разделено Краснослободской зоной разломов (КЗР) на западный и восточный блоки. Суммарная амплитуда КЗР на уровне подошвы соленосной толщи составляет порядка 66 м. В настоящее время на руднике отработываются запасы Третьего калийного горизонта (13-я соляная пачка) восточного блока. Для вскрытия запасов западного блока было принято решение о пересечении КЗР подземными горными выработками.

Согласно проекту, с целью вскрытия признаков начала разломной зоны в ходе эксплуатационной разведки было пройдено 8 разведочных выработок, в которых проводился комплекс геофизических исследований (методами сейсморазведки, электро-

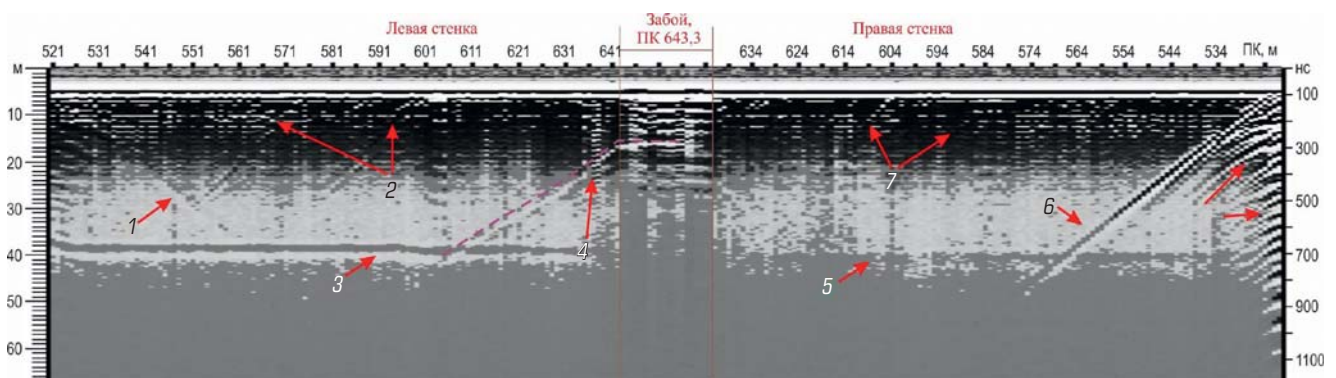


Рис. 1. Георадарный разрез, полученный при профилировании по стенкам разведочной выработки № 5 (при подходе к основному сбросу КЗР):

- 1 – отражения от сбояки сзади; 2 – отражения от серии трещин после перегиба с ПК 578; 3 – отражения от разведочной выработки № 3;
- 4 – отражения от границы пород с различными электрофизическими свойствами; 5 – отражения от разведочной выработки № 3 (сзади);
- 6 – отражения от сбояки; 7 – отражения от горного комбайна

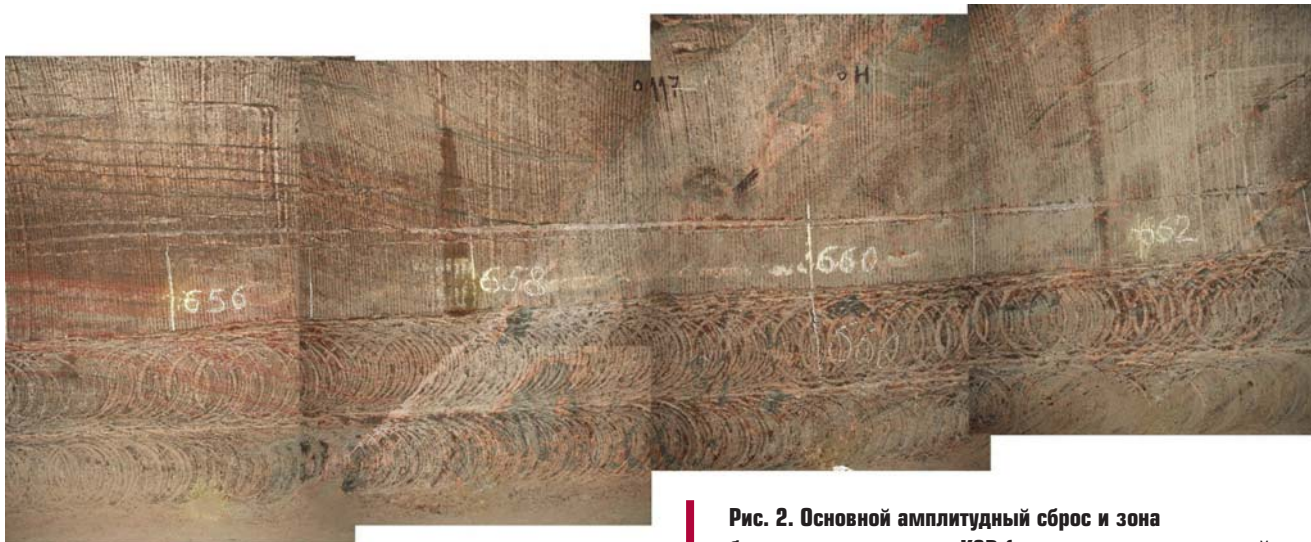


Рис. 2. Основной амплитудный сброс и зона брекчированных пород КЗР (левая стенка разведочной выработки № 5 главного северо-западного направления Третьего калийного горизонта Краснослободского рудника

разведки и георадиолокации). На основании их результатов было принято решение о проходке разведочной выработки № 5 с пересечением границы КЗР до полного вскрытия забоем границы зоны дробления. Проходка разведочной выработки осуществлялась с поинтервальным подвиганием забоя при научно-техническом сопровождении методом георадиолокации, являющимся наиболее оперативными.

В ходе проведения георадиолокационных исследований изучалось призабойное пространство разведочной выработки № 5 и выявлялись участки, осложненные тектоническими нарушениями и геологическими аномалиями. Интервал проходки горной выработки в каждом этапе не превышал 75 % фактической глубины георадиолокационного зондирования при исследовании состояния призабойной части массива выработки (в основном, не более 20 м). После окончания проходки каждого этапа и анализа полученной геофизической информации выдавались рекомендации по безопасному ведению горных работ по условиям водозащиты. Проходка каждого последующего этапа допускалась только при отсутствии рассолонасыщенных пород в соленосной толще по направлению дальнейшей проходки выработки.

Основным методом георадиолокационных исследований при проведении работ был метод продольного профилирования по стенкам и забоя горной выработки, вспомогательным — метод зондирования. Георадиолокационное зондирование позволяло определить диэлектрическую проницаемость горных пород данного участка шахтного поля. Так, на основании данных метода зондирования было установлено, что диэлектрическая проницаемость соляных пород по мере приближения к КЗР изменяется незначительно: от 6,8 до 7,0 у.е. Изменение проницаемости горных пород в сторону увеличения указывает на то, что породы становятся менее проницаемы для зондирующего импульса. В данном случае это может быть связано с изменением состава, структуры и влажности пород при приближении к КЗР.

Начальный цикл георадиолокационных исследований по изучению призабойной части массива разведочной выработки № 5 был выполнен в декабре 2015 г. На данном этапе исследований,

на расстоянии около 24 м от левого угла разведочной выработки № 5 по напластованию пород на уровне III сильвинитового слоя были зафиксированы отражения от протяженной структуры, близкой к линейной. Учитывая тенденцию распространения структуры, на основании геометрических построений был сделан вывод, что зарегистрированное геологическое нарушение будет вскрыто при дальнейшей проходке выработки на расстоянии не ближе 30 м. Исходя из того, что дальность методов георадиолокации при шахтных исследованиях составляет около 30 м, на данном этапе исследований не представлялось возможным сделать однозначных выводов о природе геологического нарушения.

Далее при выполнении очередного цикла георадиолокационных наблюдений на расстоянии около 4,5 м от левого угла выработки по напластованию пород на уровне III сильвинитового слоя были зафиксированы слабоконтрастные отражения от линейной структуры субмеридионального простирания. На основании имеющихся материалов исследований, а также геологической информации поверхностной геофизики о строении КЗР было сделано предположение, что на расстоянии около 8 м от существующего забоя будет встречена геологическая трещина, а угол воздымания сильвинитовых слоев начнет возрастать (рис. 1).

На расстоянии около 12,5 м от левого угла разведочной выработки № 5 также были зафиксированы уверенные контрастные отражения от протяженной линейной структуры субмеридионального простирания. Данная отражающая граница была проинтерпретирована как трещина, секущая сильвинитовые слои Третьего калийного горизонта (разлом КЗР, основной сброс). При этом в пределах дальности методов георадиолокации зоны повышенного рассолонасыщения выявлены не были. Выполненные на основе материалов геофизических наблюдений построения позволили сделать вывод, что зафиксированное геологическое нарушение при дальнейшей проходке выработки будет вскрыто на расстоянии около 15 м от существующего забоя.

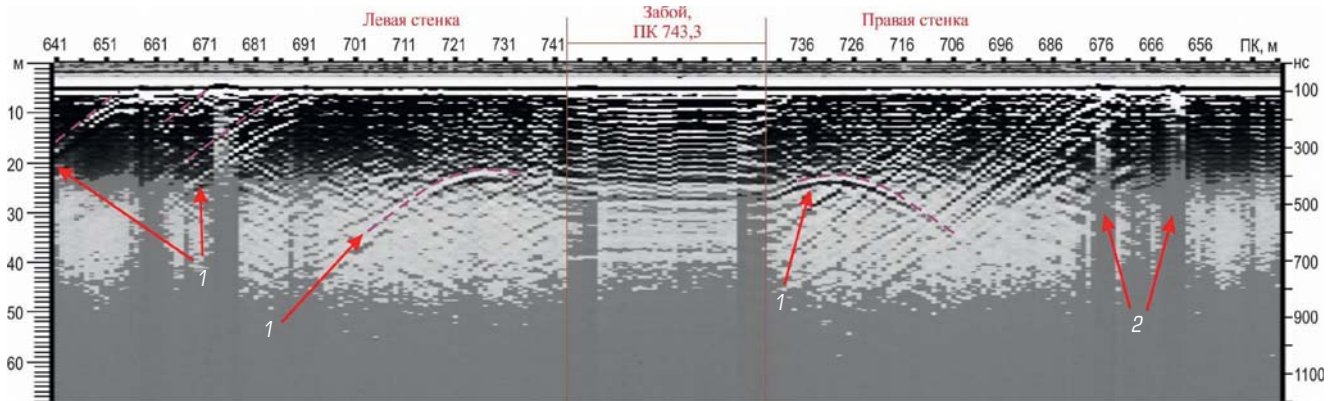


Рис. 3. Георадарный разрез, полученный при профилировании по стенкам разведочной выработки № 5 (после пересечения разлома КЗР):

1 – отражения от границ пород с различными электрофизическими свойствами (разломная зона); 2 – затухание сигнала в глинистых породах

На основании данных, полученных при исследованиях, было рекомендовано дальнейшую проходку горной выработки осуществлять с подъемом 6° . Проходка очередного интервала разведочной выработки № 5 полностью подтвердила выданный прогноз. На расстоянии 15,3 м от забоя предыдущего цикла исследований было вскрыто геологическое нарушение, основной амплитудный сброс и зона брекчированных пород Краснослободского разлома (рис. 2).

Как показало дальнейшее научно-техническое сопровождение проходки разведочной выработки № 5, на радарограммах следующих этапов работ также регистрировались отражения от геологических трещин с амплитудами смещения от 0,1 м; от трещин, приуроченных к антиклинальной складке с крутыми углами залегания; от прослоев глины в каменной соли и от брекчированной глины, сцементированной галитом.

Выработкой также был вскрыт участок внедрения массивной глины высотой около 1–1,5 м с прожилками розоватой волокнистой соли. На этом участке наблюдается изменение азимутов падения видимых фрагментов слоев глины (в виде антиклинальной складки): юго-восточное направление падения слоев сменяется на северо-западное (рис. 3).

Геофизические исследования по научно-техническому сопровождению поэтапной проходки разведочной выработки № 5 выполнялись по мере пересечения КЗР до выхода в «нормальное поле» западного блока шахтного поля Краснослободского рудника (см. рис. 3). После пересечения основного амплитудного сброса КЗР последующая проходка разведочной выработки № 5 осуществлялась в пределах 11-й соляной пачки западного блока. Всего было выполнено 9 циклов геофизических исследований с применением метода георадиолокации.

Отражающие границы, выделенные этим методом, отмечались на тех участках профилей наблюдений, где залегание сильвинитовых слоев Третьего калийного горизонта было осложнено наличием амплитудных трещин, изменением углов залегания слоев, замещением сильвинитовых слоев.

На разделе участков массива с различными электрофизическими свойствами (отличные от вмещающих пород литологические и петрофизические свойства, трещиноватые, влагонасыщенные породы и т. д.) образовывались отраженные волны с отрицательным коэффициентом отражения. На участках, содержа-

щих глинистые породы, затухание зондирующего электромагнитного импульса проходило быстрее вследствие их большей влагонасыщенности, нежели на участках нормального залегания горных пород (см. рис. 3).

Проведенные исследования и выданные рекомендации позволили при безусловном обеспечении безопасности горных работ по условиям водозащиты значительно сократить сроки проходки разведочной выработки № 5 (почти в 2 раза быстрее, чем было предусмотрено проектом); отказаться от бурения нисходящих гидрогеологических скважин для определения обводненности песчаников 12-й глинисто-карбонатной пачки. Благодаря корректровке угла проходки выработки удалось вскрыть участок брекчированной глины без необходимости крепления выработки, а следовательно, позволило сэкономить значительные материальные средства путем отказа от предусмотренного в проекте арочного крепления выработки на участке пересечения разлома.

Заключение

Выполненная научно-исследовательская работа является уникальной: впервые на Старобинском месторождении калийных солей разведочной выработкой был пересечен крупный блокообразующий разлом. Приобретенный в ходе выполнения работ практический опыт научно-технического сопровождения проходки разведочной выработки в разломной зоне был использован при проходке других разведочных выработок на участке пересечения Краснослободского разлома.

Данная область применения метода георадиолокации достаточно перспективна и постоянно развивается. В настоящее время научно-техническое сопровождение проходки разведочных выработок методами георадиолокации проводится на Старобинском месторождении калийных солей в краевых и притектонических зонах с целью обеспечения безопасности горных работ по условиям водозащиты.

Библиографический список

1. Трофимов А. В., Вильчинская О. В., Бреус К. Э., Амосов И. В. Комплексное изучение физико-механических свойств горных пород современными методами и средствами для оптимизации процессов горно-металлургического производства // Цветные металлы. 2014. № 9. С. 16–23.
2. Мухамедгалиев А. Ф., Имансакипова Б. Б., Байгулин Ж. Д., Иво Милев. Определение сдвижения земной поверхности с использованием радиолокационной интерферометрии // Горный журнал. 2015. № 4. С. 76–81. DOI: 10.17580/gzh.2015.04.14
3. Господинова В. Дешифрование цифровых изображений для получения тематической информации в горном деле благодаря системе дистанционных исследований // Маркшейдерский вестник. 2016. № 3. С. 46–50.
4. Сашурин А. Д., Балец А. Е., Панжин А. А., Усанов С. В. Инновационная технология диагностики геодинамической активности геологической среды и оценки безопасности объектов недропользования // Горный журнал. 2017. № 12. С. 16–20. DOI:10.17580/gzh.2017.12.03
5. Gao J., Liu Ch., Wang J., Li Z., Meng X. A new method for mining deformation monitoring with GPS-RTK // Transactions on Nonferrous Metals Society of China. 2011. Vol. 21. P. 659–664.
6. Yangbo Xu, Donglin Dong, Guobin Duan, Xuetao Yu, Zhiwei Yu et al. Geostatistical Analysis of Soil Nutrients Based on GIS and Geostatistics in the Typical Plain and Hilly-Ground Area of Zhongxiang, Hubei Province // Open Journal of Soil Science. 2013. Vol. 3.
7. Loke M. H., Chambers J. E., Rucker D. F., Kuras O., Wilkinson P. B. Recent developments in the direct current geoelectrical imaging method // Journal of Applied Geophysics. 2013. No. 95. P. 135–156.
8. Chen G., Cheng X., Chen W., Li X., Chen L. GPS-based slope monitoring systems and their applications in transition mining from open-pit to underground // International Journal of Mining and Mineral Engineering. 2014. Vol. 5, No 2. P. 152–163.
9. Pitombo C. S., Da Costa A. S. G., Salgueiro A. R. Proposal of a Sequential Method for Spatial Interpolation of Mode Choice // Boletim de Ciencias Geodesicas. 2015. Vol. 21 No. 2. P. 274–289.
10. Yigil C. O., Coskun M. Z., Yayasoglu H., Arslan A., Kalkan Y. The potential of GPS rease Point Positioning method for point displacement monitoring: A case study // Measurement. 2016. Vol. 91. P. 398–404.
11. Xiao Y.-X., Feng X.-T., Hudson J. A., Chen B.-R., Feng G.-L. et al. ISRM Suggested Method for in Situ Microseismic Monitoring of the Fracturing Process in Rock Masses // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2016. Vol. 49, Iss. 1. P. 343–369.
12. Владов М. Л., Старовойтов А. В. Введение в георадиолокацию : уч. пособие. – М. : МГУ, 2004. – 153 с.
13. Старовойтов А. В. Интерпретация георадиолокационных данных : уч. пособие. – М. : МГУ, 2008. – 192 с.
14. Вопросы подповерхностной радиолокации / под ред. А. Ю. Гринева. – М. : Радиотехника, 2005. – 416 с.
15. Черняк Т. Я. Электромагнитные методы в гидрогеологии и инженерной геологии. – М. : Недра, 1987. – 213 с.
16. Мусалев Д. Н., Прохоров Н. Н., Зейтц В. Э., Барбиков Д. В., Иванова Н. Н. Определение местоположения стволов геологоразведочных скважин на уровне продуктивных горизонтов Старобинского месторождения калийных солей // Горный журнал. 2014. № 2. С. 7–10.
17. Мусалев Д. Н., Прохоров Н. Н., Ефимов А. М., Вагин В. Б. Определение местоположения контрольно-стволовой скважины на уровне третьего калийного горизонта Краснолободского рудника геофизическими методами // Нефтехимический комплекс. Приложение к журналу «Вестник Белнефтехима». 2010. № 2(5). С. 6–9. **ГЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 8, pp. 42–47
DOI: 10.17580/gzh.2018.08.05

Experience of GPR application in scientific and engineering supervision of potash mining at the Starobinsk deposit

Information about authors

D. N. Musalev¹, Deputy Chief Executive Officer

N. N. Prokhorov¹, Head of Department, Candidate of Engineering Sciences

A. M. Klabuk², Chief Geologist, klabuk@kali.by

¹ Belgorkhimprom, Minsk, Belarus

² Belaruskali, Soligorsk, Belarus

Abstract

One of the applications of geophysical survey at the Starobinsk potash salt deposit is GPR which is effective in a wide range of problems, including scientific-and-engineering coordination of exploration works in the outer zones and at tectonic contacts. An illustration of such surveys is mining operations at intersection of the faulting zone in the Krasnoslobodskaya Mine field of Belaruskali.

The mine field is cut by the Krasnoslobodskaya faulting zone into west and east blocks. To access reserves of the west block, it was decided to intersect the faulting zone by an exploring opening with the interval face advance using GPR.

The interval of the face advance was never more than 75% of the GPR penetration depth in the survey of the face rock mass (mostly not more than 20 m). As the obtained geophysical information was analyzed, recommendations were made on further safe and water-proof heading, which was only permitted at zero risk of brine inflow in mined-out area.

The accomplished survey and the recommendations enabled unconditionally safe intersection of the faulting zone by mining and considerable reduction in time of the exploring opening driving.

Keywords: potash salt deposit, Krasnoslobodskaya faulting zone, underground openings, scientific-and-engineering supervision, mine geophysical survey, ground-penetrating radar.

References

1. Trofimov A. V., Vilchinskaya O. V., Breus K. E., Amosov I. V. Comprehensive study of physical and mechanical properties of rocks by modern methods and means for optimisation of mining and metallurgical operations. *Tsvetnye Metally*. 2014. No. 9. pp. 16–23.
2. Mukhamedgaliev A. F., Imansakipova B. B., Baigurin Zh. D., Ivo Milev. Radar interferometry for monitoring ground subsidence. *Gornyi Zhurnal*. 2015. No. 4. pp. 76–81. DOI: 10.17580/gzh.2015.04.14
3. Gospodinova V. Digital images interpretation to obtain thematic information in mining using remote sensing system. *Marksheiderskii vestnik*. 2016. No. 3. pp. 46–50.
4. Sashurin A. D., Balek A. E., Panzhin A. A., Usanov S. V. Innovative technology for diagnosis of geodynamic activity in geological media and safety assessment of subsoil use objects. *Gornyi Zhurnal*. 2017. No. 12. pp. 16–20. DOI:10.17580/gzh.2017.12.03
5. Gao J., Liu Ch., Wang J., Li Z., Meng X. A new method for mining deformation monitoring with GPS-RTK. *Transactions on Nonferrous Metals Society of China*. 2011. Vol. 21. pp. 659–664.
6. Yangbo Xu, Donglin Dong, Guobin Duan, Xuetao Yu, Zhiwei Yu, et al. Geostatistical analysis of soil nutrients based on GIS and geostatistics in the typical plain and hilly-ground area of Zhongxiang, Hubei Province. *Open Journal of Soil Science*. 2013. Vol. 3.
7. Loke M. H., Chambers J. E., Rucker D. F., Kuras O., Wilkinson P. B. Recent developments in the direct current geoelectrical imaging method. *Journal of Applied Geophysics*. 2013. No. 95. pp. 135–156.
8. Chen G., Cheng X., Chen W., Li X., Chen L. GPS-based slope monitoring systems and their applications in transition mining from open-pit to underground. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*. 2014. Vol. 5, No 2. pp. 152–163.
9. Pitombo C. S., Da Costa A. S. G., Salgueiro A. R. Proposal of a sequential method for spatial interpolation of mode choice. *Boletim de Ciencias Geodesicas*. 2015. Vol. 21, No. 2. pp. 274–289.
10. Yigil C. O., Coskun M. Z., Yayasoglu H., Arslan A., Kalkan Y. The potential of GPS Precise Point Positioning method for point displacement monitoring: A case study. *Measurement*. 2016. Vol. 91. pp. 398–404.
11. Xiao Y.-X., Feng X.-T., Hudson J. A., Chen B.-R., Feng G.-L., et al. ISRM suggested method for in situ microseismic monitoring of the fracturing process in rock masses. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. Vol. 49, Iss. 1. pp. 343–369.

12. Vladov M. L., Stavoytov A. V. Introduction into Georadiolocation: Tutorial. Moscow : Moscow State University, 2004. 153 p.
13. Starovoytov A. V. Georadiolocation data interpretation. Moscow : Moscow State University, 2008. 192 p.
14. Problems of Subsurface Radiolocation. Ed. by A. Yu. Grivev. Moscow : Radiotekhnika, 2005. 416 p.
15. Chernyak T. Ya. Electromagnetic Methods in Hydrogeology and Geological Engineering. Moscow : Nedra, 1987. 213 p.
16. Musalev D. N., Prokhorov N. N., Zeytts V. E., Barbikov D. V., Ivanova N. N. Definition of location of geological prospecting boreholes at the level of productive horizons of Starobinsky potash salts deposit. *Gornyi Zhurnal*. 2014. No. 2. pp. 7–10.
17. Musalev D. N., Prokhorov N. N., Efimov A. M., Vagin V. B. Positioning of control borehole on the level of potash seam III in Krasnoslobodsky Mine using geophysical methods. *Neftekhimicheskii kompleks. Belneftekhim Bulletin Supplement*. 2010. No. 2(5). pp. 6–9.

