
Опытнo-методические георадиолокационные исследования свинцово-цинковых месторождений

*Л.Б. Волкомирская¹, В.В. Варенков¹, О.А. Гулевич¹, Н.В. Кривошеев²,
А.Е. Резников¹*

1) Институт земного магнетизма ионосферы и распространения радиоволн Российской академии наук им. Н.В. Пушкова.

2) Донской государственный технический университет

Аннотация. Рассматриваются возможности выявления дополнительных ресурсов полиметаллических руд на основе геофизических исследований с помощью георадиолокации, что может значительно повысить экономическую привлекательность месторождения. Проведены опытнo-методические работы по сопоставлению геологических данных предварительной разведки и георадиолокационного исследования георадами ГРОТ 12.

Ключевые слова: георадар, радарограмма, геологический разрез, профиль, аномалия, рудное тело, разведка месторождений, видеоимпульсы.

Георадиолокационные исследования участка месторождения «Узынжал» проводились с поверхности с помощью георадара ГРОТ 12 производства ООО «Таймер» с антеннами 2 м (georadargrot.com/grot12h). Георадары серии ГРОТ 12 отличаются от аналогов тем, что являются моноимпульсными георадами повышенной мощности, использующими в качестве зондирующего сигнала короткие видеоимпульсы наносекундной длительности. Методика и результаты исследований с их применением представлены, например, в работах [1-3].

Месторождение «Узынжал» на сегодняшний день является одним из крупных и богатых свинцово-цинковых месторождений Казахстана, оно расположено в Агадырском районе, в 20 км к западу от железнодорожной станции Киик, в пределах одной из крупнейших структур Центрального Казахстана – Акбастауской структурно-формационной зоны широтного простирания, которая на востоке, по-видимому, сочленяется с Акжал-Аксоранской – близширотного простирания.

Город Балхаш и поселок Агадырь удалены от месторождения на 180 и 100 км соответственно. Месторождение расположено в Акбастауском рудном районе и приурочено к Акбастауской синклинали зоне. Оруденение приурочено к горизонту доломитизированных, мраморизованных известняков и к контакту с подстилающими углистыми известняками. Форма рудных залежей линзо-пластообразная, простирание северо-восток - юго-запад, падение на северо-восток, наклонное. Длина залежей по простиранию 1900-2400 м (средняя 2150 м), размер залежей по падению - 200-600 м (средний 400 м), мощность - 4-90 м (средняя 40 м), глубина залегания 0-400 м [4].

На рис. 1 отображен контур карьера с нанесенными профилями георадиолокационной съемки. Синими линиями обозначены геологические разрезы, полученные по данным скважинного бурения.

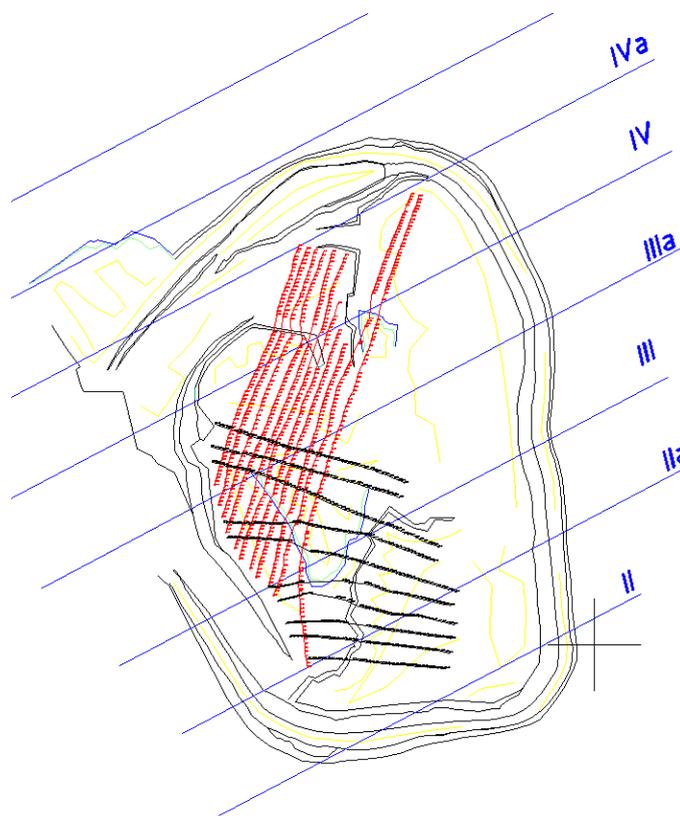


Рис. 1. Схема участка месторождения. Красными и черными точками обозначены профили, пройденные георадаром.

В программе камеральной обработки GROT подготовлен проект, совмещающий проведенные георадарные исследования и имеющуюся информацию с места проведения исследований (рис. 2).

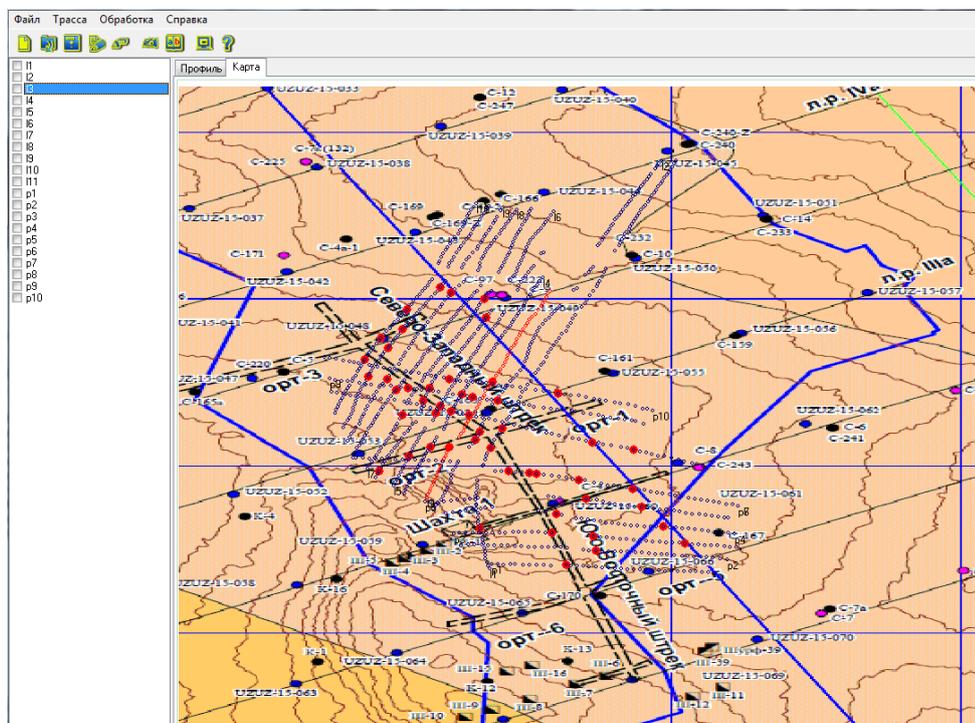


Рис. 2. Карта проекта с подложкой геологической карты (рис.3). Красными метками выделены аномалии, выявленные методом георадиолокации.

Сопоставление геоэлектрических разрезов с данными геологической разведки рассмотрено на примере одного из профилей.

На рис. 3 представлена волновая форма и радарограмма выбранного профиля с выполненной фильтрацией вычитания огибающей [5-7]. Кроме того, радарограмма (рис. 3) представлена с учетом рельефа местности, то есть изменением координаты высоты поверхности по профилю съемки.

Для выделения подповерхностных границ использовалась техника вычитания огибающей и усиления [5-7].

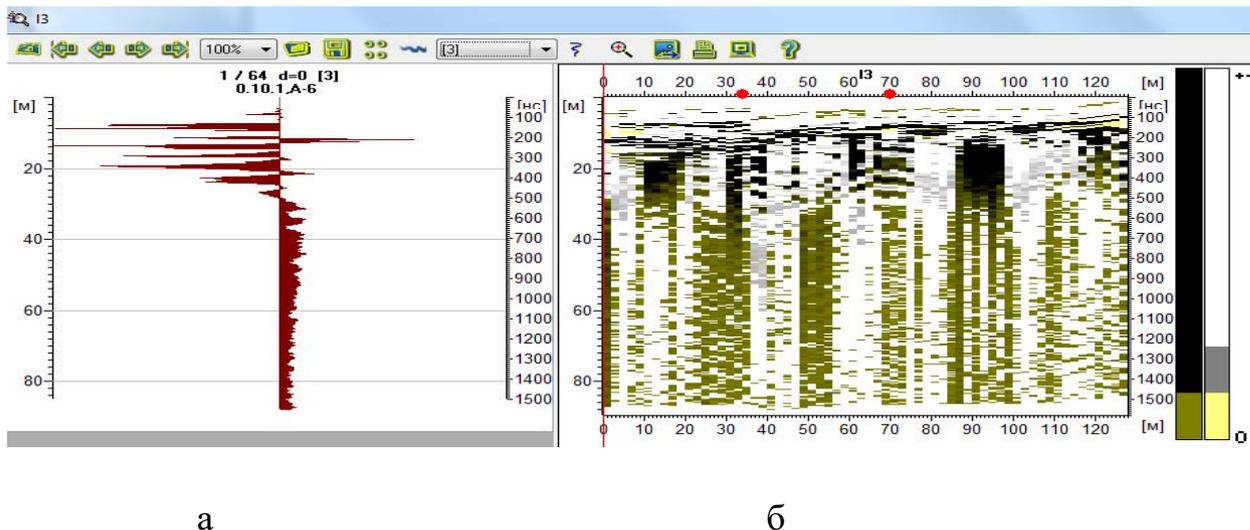


Рис. 3. Волновая форма (а) и радарограмма (б) профиля 13 с отображением рельефа. Красными метками обозначены аномалии, которые соответствуют подповерхностным пустотам. На точке профиля первой метки (33 от начала) расположена аномалия на глубине 300 нс по шкале временных задержек, на второй точке - аномалия на глубине 320 нс.

На рис. 4 показана обработка георадарных данных, в ходе которой были выделены 6 слоев с разными по литологическому составу средами.

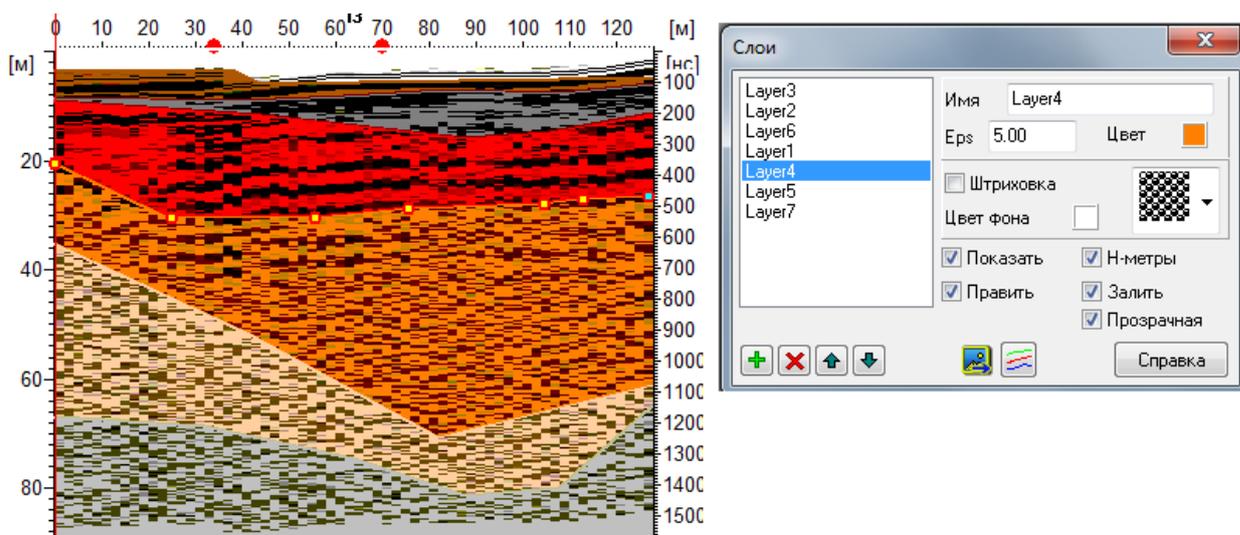


Рис. 4. Обработка радарограммы профиля 13 с помощью интерфейса «слои» программы камеральной обработки GROT.

На основе сопоставления слоев геоэлектрического и геологического разрезов каждому слою задана скорость распространения сигнала, то есть проведена процедура миграции – один из алгоритмов обработки георадиолокационных данных, которая позволяет перевести глубину каждого слоя из наносекунд (реально измеряемых георадаром времен задержек регистрируемого сигнала) в метры (расчетная глубина) с учетом изменения скоростей распространения электромагнитных волн в разных средах. Данные полученного разреза (рис. 5) показывают возможность выделения слоя руды.

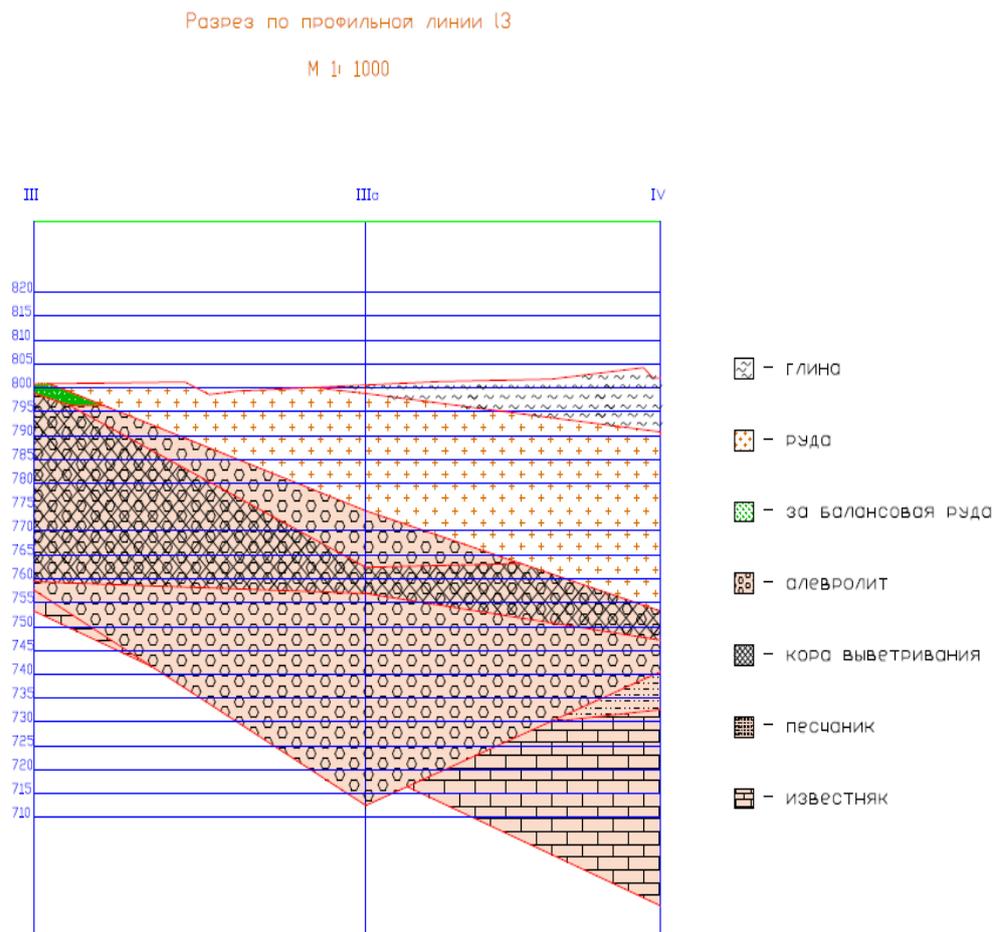


Рис. 5а. Геологический разрез по данным скважинного бурения.

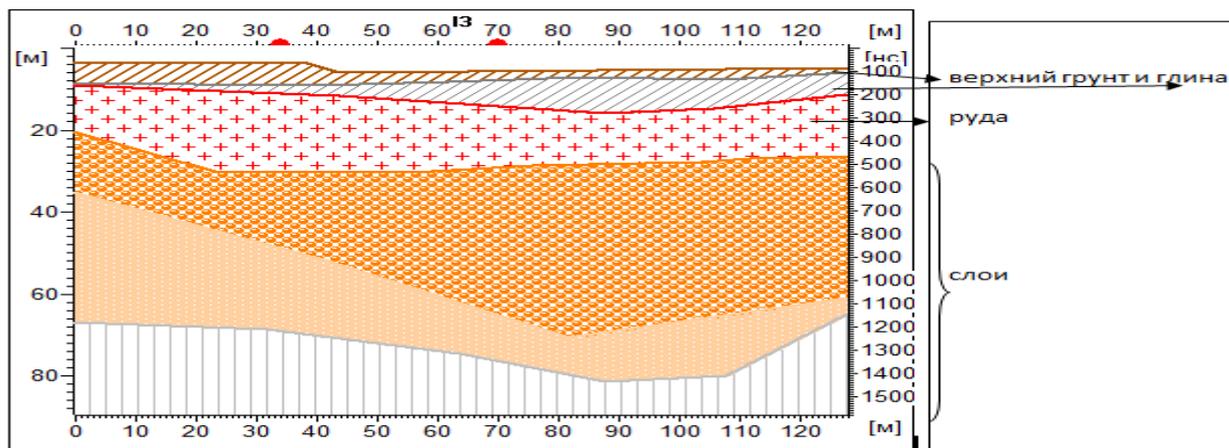


Рис. 5б. Разрез, построенный на основе георадиолокационного профиля с проведенной процедурой миграции.

На основании сопоставления разреза, полученного при помощи георадиолокации и данных скважин можно получить глубину пустотных аномалий (18 и 20 метров соответственно) [8-10].

На рис. 6 а, б построена 3D модель исследуемого участка по данным программы GROT в разной цветовой палитре отображения амплитуды зондирующего сигнала.

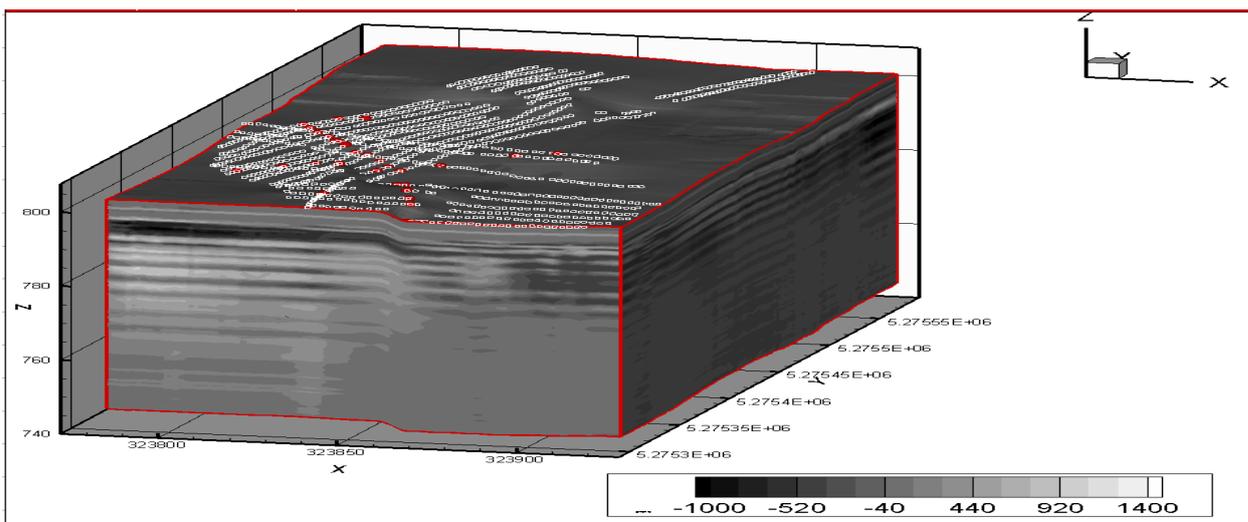


Рис. 6а. Модель участка в 3D, белыми кружками обозначены точки профилей георадиолокационной съемки, красными выявленные пустотные аномалии.

Палитра – оттенки серого.

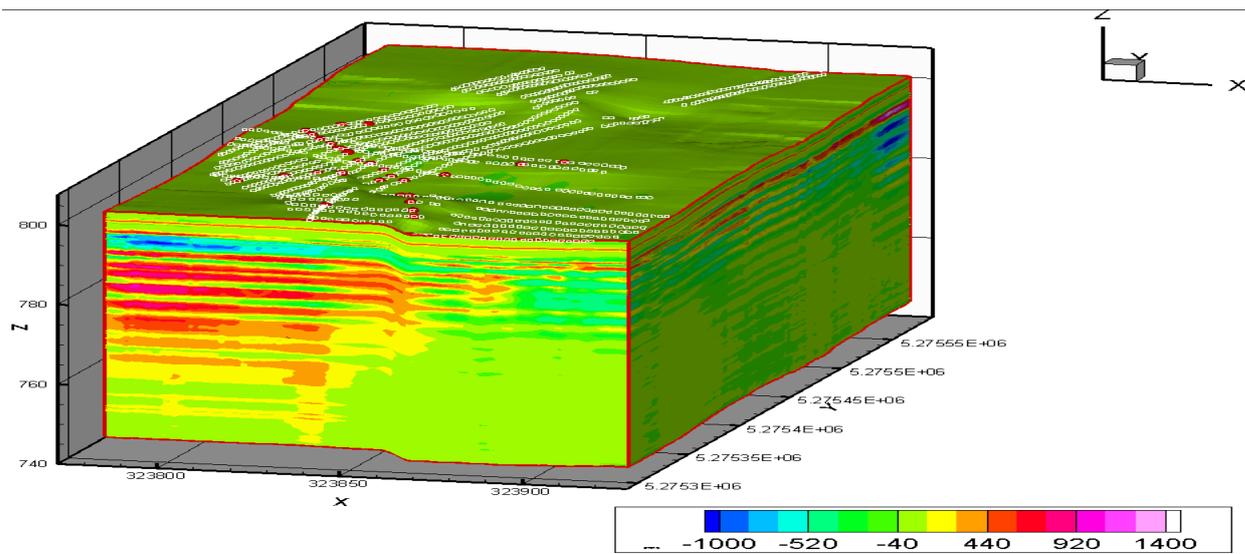


Рис. 6б. Модель участка в 3D, белыми кружками обозначены точки профилей георадиолокационной съемки, красными выявленные пустотные аномалии.

Цветная палитра.

На рис. 7а, б показаны плоскостные срезы исследуемого участка на разных глубинах с обозначенными белыми точками профилями георадиолокационной съемки.

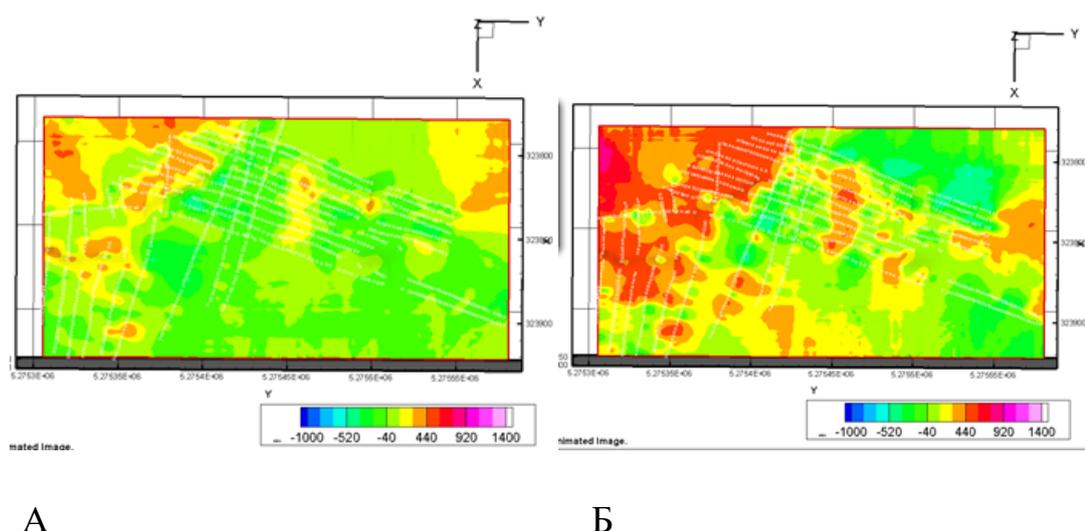


Рис.7. Горизонтальный срез 3D: А - на глубине 660 нс, Б - на глубине 320 нс по шкале временных задержек (по исходным данным).

На рис. 7 зеленым цветом проявляются зоны с повышенной проводимостью на глубине слоя, соответствующего кровле (Б) и подошве (А) рудного тела [11,12]. С учетом проведенной процедуры миграции глубина среза А соответствует горизонту 15 метров по глубине, глубина среза Б - 35 метров. Сопоставление положения аномалий, полученных при анализе радарограмм с границами, нанесенными на геологической карте показывает частичное соответствие данных георадиолокации и указанных на карте ориентировочных положений штреков. Кроме того, на георадарных данных отчетливо проявляются аномалии, связанные с разведочными скважинами.

Проведенные исследования показали возможности георадиолокации по определению слоев руды, что позволяет использовать георадиолокацию для увеличения эффективности разведки месторождений за счет минимизации вскрышных работ и количества разведочных скважин при исследовании запасов полезных ископаемых. При этом непрерывная регистрация при проведении профилирования методом георадиолокации позволяет более подробно описывать расположение рудного тела в геологическом разрезе.

Регистрация аномалий пустотного типа, доступная в методе видеоимпульсной георадиолокации, позволяет заблаговременно проводить мероприятия по обеспечению устойчивости карьера при открытом способе разработки.

Авторы благодарят специалистов ТОО Научно-производственная компания «АлГеоРитм», Республика Казахстан за предоставление данных георадиолокационной съемки и данных геологической разведки.

Литература

1. Balabin R.V., Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V., Lyakhov G.A., Musalev D.N., Reznikov A.E., Safieva R.Z., Semyonov S.N.

- Georadar Sensing from Terrestrial Surface and Shafts: Approaches to Evaluation of Rock Fracturing. // Physics of Wave Phenomena, 2015, Vol. 23, № 2, pp. 143-147.
2. Вайнштейн Л.А. Распространение импульсов. // УФН 1976 г., т.18, вып.2, 339 с.
3. Lalande M., Diot J.C., Vauchamp S., Andrieu J. Progr. In Electromagnetics Res. B, 11, p. 205 (2009).
4. Акылбеков С.А., Битимбаев М.Ж. Месторождение «Узынжал» – перспективная сырьевая база свинцово-цинковой подотрасли цветной металлургии Казахстана // Горный журнал Казахстана. 2014, №2, С. 9-14. rucont.ru/efd/456541.
5. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. 143 с.
6. Окунев Ю.Б., Яковлев Л.А. Широкополосные системы связи с составными сигналами. – М.: Связь, 1968. 251с.
7. Maslin N.M. HF Communication: A System Approach. Pitman Publishing. 1987. 240 p.
8. Гридневский А.В. Оценка геоэкологических опасностей и рисков Донбасской агломерации // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1947/.
9. Шеина С.Г., Ищенко А.В. Классификация мероприятий по снижению оползневой опасности при реконструкции // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 104-108.
10. Волкомирская Л.Б., Гулевич О.А. Исследование состояния водных ресурсов с помощью дистанционного метода сверхширокополосной георадиолокации. // Экологические системы и приборы, 2015, №6, с.16-21.
11. Волкомирская Л.Б., Гулевич О.А., Кривошеев Н.В., Ларина Т.Н.,
-

Резников А.Е., Экба Я.А. Пространственное исследование формирования поверхности скольжения оползня методом сверхширокополосной радиолокации и оценка объема перекрывающей толщи пород. // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3567

12. Варенков В.В., Волкомирская Л.Б., Гулевич О.А., Кривошеев Н.В., Резников А.Е., Сахтеров В.И. О связи крутизны фронта зондирующего электромагнитного импульса в среде с поглощением и дисперсией и эффективности обнаружения аномалий диэлектрической проницаемости. // Инженерный вестник Дона, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5281

References

1. Balabin R.V., Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V., Lyakhov G.A., Musalev D.N., Reznikov A.E., Safieva R.Z., Semyonov S.N. Physics of Wave Phenomena, 2015, Vol. 23, № 2, pp. 143-147.
2. Vajnshtejn L.A. Rasprostranenie impul'sov. Impulse Propagation. UFN 1976 g., t.18, vyp.2, 339 p.
3. Lalande M., Diot J.C., Vauchamp S., Andrieu J. Progr. In Electromagnetics Res. B, 11, p. 205 (2009).
4. Akylbekov S.A., Bitimbaev M.ZH. Gornyj zhurnal Kazahstana. 2014, №2, pp. 9-14. URL: rucont.ru/efd/456541.
5. Varakin L.E. Sistemy svyazi s shumopodobnymi signalami. [Communication systems with noise-like signals]. M.: Radio i svyaz', 1985. 143 p.
6. Okunev YU.B., YAKovlev L.A. SHirokopolosnye sistemy svyazi s sostavnymi signalami. [Compound Broadband Communication Systems signals]. M.: Svyaz', 1968. 251p.
7. Maslin N.M. HF Communication: A System Approach. Pitman Publishing. 1987. 240 p.



8. Gridnevskij A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1947/.
9. SHEina S.G., Ishchenko A.V. Nauchnoe obozrenie. 2012. № 6. pp. 104-108.
10. Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A. Ekologicheskie sistemy i pribory, 2015, №6, pp.16-21.
11. Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V., Larina T.N., Reznikov A.E., Ekba YA.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3567
12. Varenkov V.V., Volkomirskaya L.B., Gulevich O.A., Krivosheev N.V., Reznikov A.E., Sahterov V.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5281