

Практическое применение георадиолокации для исследования россыпных месторождений алмазов

К.О. Соколов, к.т.н., научный сотрудник, ФГБУН «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН»

При подсчете запасов твердых полезных ископаемых важнейшими требованиями к оценке являются точность и достоверность, которые зависят от количества и качества разведочных данных и правильной их геологической интерпретации. Согласно [1, 2], оценка ресурсов проводится по результатам геологических, геофизических, геохимических, поисковых и оценочных работ. Трудоемкость и материальные затраты на детальную разведку месторождения весьма велики, даже при широком использовании геофизических методов для интерполяции данных бурения и проходки шурфов. Снижение затрат на геофизические работы возможно при соответствующем использовании современных методов геофизики, которые могут предоставить необходимую информацию о строении месторождения того или иного типа, благоприятного по своим характеристикам для изучения тем или иным геофизическим методом.

Среди россыпных месторождений алмазов в промышленном отношении наиболее значимы молодые россыпи (современные и четвертичные), к которым относятся, например, Эбеляхская россыпь (Россия) и Бакванга (Заир). Из них, по морфогенетической классификации, основная промышленная роль отводится аллювиальным россыпям, которые на древних платформах являются наиболее распространенным типом алмазоносных месторождений и характеризуются слоистостью отложений, лентовидной и линзовидной формой продуктивных залежей. Содержание алмазов в аллювиальных россыпных месторождениях может быть как очень высоким (3–5 кар/м³), так и весьма низким. Мощность продуктивного горизонта по разным оценкам может достигать значительных размеров (до 40 м) в россыпях карстового типа и до 9 м в остальных.

Промышленные аллювиальные россыпи по морфологическому типу делятся на долинные, карстовые, террасовые, русловые. Алмазоносность россыпи по протяженности, как правило, снижается в соответствии с удалением от питающего источника. Если же нарушаются структурно-морфологические условия, то график локальной и региональной изменчивости содержания алмазов имеет неравномерный характер и наклонно-ступенчатый вид. Изменчивость алмазоносности в поперечном сечении на россыпных месторождениях очень велика и определяется главным образом влиянием локальных факторов, связанных с особенностями строения и свойств горных пород. На прямых участках палеоводотоков основное содержание алмазов приурочено к

стержневой его части, на поворотах и излучинах повышенные значения содержания алмазов смещаются.

В плане россыпных месторождений алмазы концентрируются в структурных ловушках различного типа (гнезда, линзы), разделенных относительно бедными участками. Размеры таких ловушек разные и зависят, в частности, от размеров локальных морфологических элементов россыпей, литолого-фациальных неоднородностей и др. Таким образом, для эффективной и качественной разработки аллювиальных месторождений необходима весьма тщательная и детальная разведка, позволяющая установить характер рельефа площадки; определить мощность рыхлых отложений; изучить геологические образования, слагающие месторождение; изучить продуктивные залежи; предварительно оценить их форму и размер; выявить неоднородности и закономерности их локализации; оконтурить россыпь.

В общем комплексе поисковых работ на россыпных месторождениях широко используются геофизические методы. Они применяются для изучения геологического строения площадей и локализации перспективных участков; для изучения локальных особенностей строения продуктивных залежей и форм погребенного рельефа и для прямых поисков россыпей.

В настоящее время для изучения россыпных месторождений используются следующие основные геофизические методы: наземная магниторазведка, детальная микросейсморазведка, высокоточная гравиразведка, электропрофилирование и геофизические исследования скважин. Выбор геофизических методов осуществляется с учетом особенностей конкретной геолого-геофизической ситуации. Например, магниторазведка используется для поиска неогеновых и более древних россыпей алмазов, выходящих на дневную поверхность или перекрытых маломощными рыхлыми слабомагнитными образованиями. Электроразведка может быть эффективно применена для картирования карстовых депрессий и определения мощности рыхлых отложений, если они представлены одним электрическим горизонтом [3]. Весьма информативным методом геофизической разведки для изучения россыпей является микросейсморазведка, но этот метод требует больших трудовых и материальных затрат, по сравнению с магниторазведкой или георадиолокацией.

На протяжении последнего десятилетия нами проводятся исследования по изучению геологического строения россыпных алмазоносных месторождений методом георадиолокации. Георадиолокация относится к высокочастотным радиоволновым методам исследования скоростных и поглощающих характеристик пород. В основу метода заложена дифракция электромагнитных волн при распространении в гетерогенной среде с различными электрофизическими параметрами неоднородностей. Георадиолокация – один из перспективных геофизических методов, позволяющих изучить пространственную неоднородность физических свойств и структуры массива горных пород. Метод продолжает интен-

Мощность россыпных месторождений алмазов

Платформа	Максимальная мощность песков (россыпь)
Африкано-Аравийская	9,0 м (р. Бирим, Мамбере и др.)
Южно-Американская	4,5 м (р. Карони)
Австралийская	5,0 м (Смоу Крик)
Сибирская	7,4 м (Увальная)
Европейская	5,4 м (Большой Колчим)

сивно развиваться, совершенствуется его аппаратное обеспечение, расширяется область применения и это в свою очередь требует новых, более совершенных способов обработки георадиолокационных данных. Многие из успешно применяемых сейчас методов обработки были заимствованы из сейсморазведки, благодаря тому, что оба метода основаны на отражении волн [4]. Достоинства метода георадиолокации – высокая производительность и разрешающая способность как в плане, так и по глубине. При этом глубинность георадиолокационных исследований в основном определяется электрофизическими свойствами пород и центральной частотой используемого георадара.

Методика проведения георадиолокационных исследований на россыпных месторождениях предполагает наличие априорной информации о перспективности изучения участка по данным ранее проведенных геофизических и геологических работ. Применение георадиолокации для исследования больших площадей затруднительно, что не позволяет использовать ее для решения первой задачи геофизики на россыпных месторождениях. Однако по результатам георадиолокационных измерений возможно успешно решить вторую задачу – изучение локальных особенностей россыпи. Третья задача может быть решена методом георадиолокации в случае контраста электрофизических свойств пород, содержащих алмазы и вмещающих пород (подобная ситуация наблюдается, например, на карстовых россыпях).

Изучение различных по морфологическому типу россыпей методом георадиолокации имеет некоторые особенности. Так, строение русловых и долинных россыпей может быть хорошо изучено, так как их размеры, как правило, невелики (ширина до 80 м, длина обычно составляет несколько километров). Породы, перекрывающие алмазоносный горизонт, характеризуются небольшим поглощением электромагнитной энергии. Террасовые россыпи содержат песчано-глинистые отложения мощностью 10 м и более, их эффективное изучение методом георадиолокации возможно при невысоких значениях электропроводности пород, например, при низком содержании глины и отрицательной температуре пород, что приводит к существенному повышению электросопротивле-

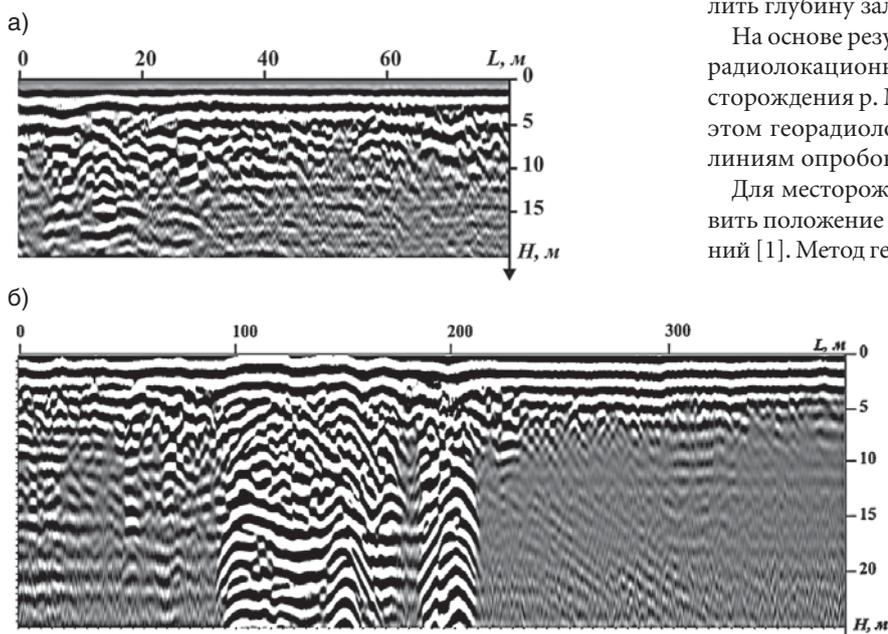


Рис. 1 Фрагменты георадиолокационных разрезов, пересекающих область нарушенных коренных пород (а) и эрозивно-карстовое образование (б)

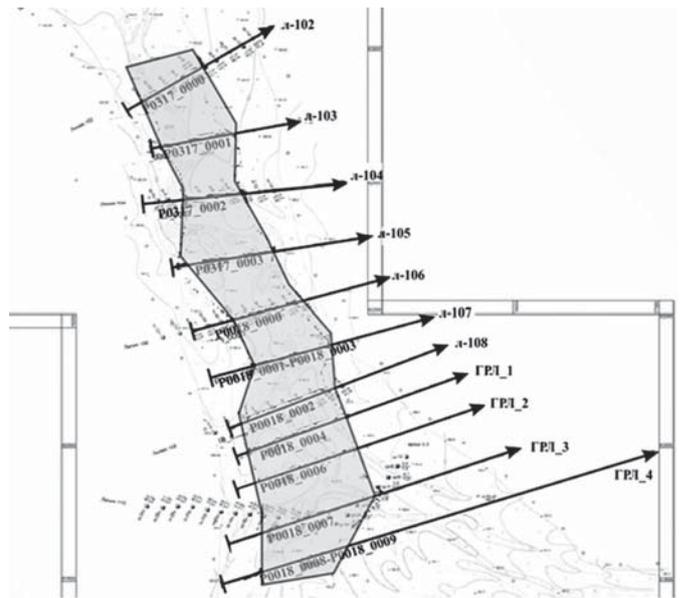


Рис. 2 План георадиолокационных профилей и уточненный контур россыпи

ния. Таким образом, для россыпей террасового типа георадиолокация может применяться в области распространения многолетнемерзлых пород. Георадиолокационный разрез для этих типов россыпей будет горизонтально-слоистый с возможным нарушением кровли коренных пород, скоплениями валунов и других неоднородностей (рис. 1а). Более сложная модель соответствует россыпям карстового типа, которые образуются на древних приподнятых поверхностях в пределах карстующихся пород, например доломитов, и широко распространены по всему миру. Форма россыпей сложная, рельеф плотика очень неровный, коренные породы могут залегать на глубинах до 60 м. Карстовые образования, имеющие весьма специфическое строение и состав горных пород, легко обнаруживаются по данным георадиолокации (рис. 1б), однако из-за хаотичных переотражений не удастся определить глубину залегания ненарушенных пород.

На основе результатов обработки данных площадных георадиолокационных измерений на участке Верхняя Кула месторождения р. Маят была оцифрована россыпь (рис. 2), при этом георадиолокационные профили были проложены по линиям опробования.

Для месторождений категорий А и В необходимо установить положение и амплитуды смещения разрывных нарушений [1]. Метод георадиолокации может быть использован для картирования фрагментов разломов в пределах россыпных месторождений. В настоящее время георадиолокационные исследования разрывных нарушений проводятся в основном для изучения тектоники и геодинамики какой-либо местности. Для этих целей, как правило, достаточно небольшого количества профилей, проложенных в местах, где имеются соответствующие геоморфологические признаки [5, 6]. Пример выявления разломов по данным георадиолокации, полученных в результате площадной съемки участка 405 россыпи ручья Лог 405 (россыпное месторождение р. Маят) представлен на рис. 3. По результатам ранее про-

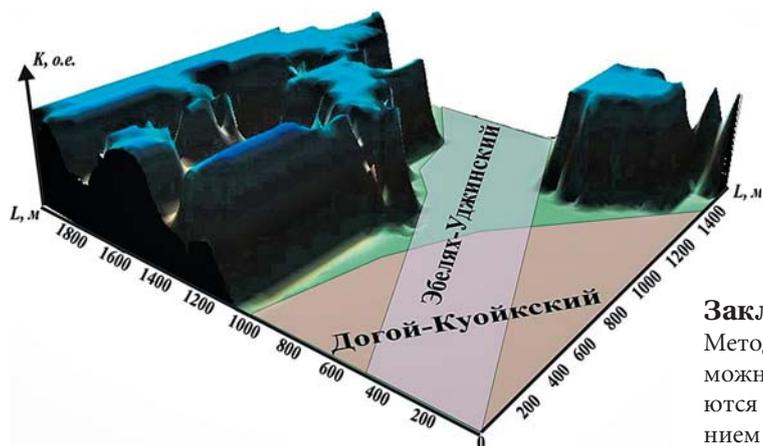


Рис. 3 Результат обработки и интерпретации вейвлет-анализа данных георадиолокации участка 405 месторождения р. Маят

веденных прогнозно-поисковых работ, территория, в пределах которой расположен участок 405, была отнесена к перспективным на обнаружение промышленных объектов россыпного генезиса. По ранее проведенной АМС-10 анализу подвергнуты аномальное и локальное магнитное поле, по результатам которого выявлена область, перспективная на обнаружение объектов эрозивно-карстового и эрозивно-тектонического типов. Природа выявленной области увязана с висячим блоком Догой-Куойкского регионального разлома и с его ближайшей зоной динамического влияния, которая в свою очередь расположена в зоне Эбелях-Уджинского регионального разлома субмеридионального направления.

По результатам расчета соотношения энергий высоких и низких частот (K) данных георадиолокации были определены участки, характерные для ненарушенных пород, остальные участки были отнесены к области разломов и нормированы. Полученные данные представлены в трехмерном виде (см. рис. 3), на котором показаны фрагменты Эбелях-Уджинского и Догой-Куойкского разломов (обозначены светлым цветом).

Заключение

Метод георадиолокации весьма универсален по своим возможностям, которые в последнее время все чаще используются для малоглубинных исследований, связанных с изучением дорог, поиском коммуникаций и археологией. Однако использование низкочастотных георадаров для изучения строения массивов пород на россыпных месторождениях до глубин 20–30 м очень эффективно и информативно, что позволит снизить затраты на детальную разведку россыпей.

Информационные источники:

1. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ГКЗ. – 1997. – 16 с.
2. Методические рекомендации по применению классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям. – М.: ГКЗ. – 2000. – 65 с.
3. Минорин, В.Е. Геология, прогнозирование, методика поисков, оценки и разведки месторождений алмазов. Кн. 2. Россыпные месторождения / В.Е. Минорин, В.М. Подчасов, И.Я. Богатых, С.А. Граханов, В.И. Шаталов // Якутск: ЯФ ГУ «Издательство СО РАН» – 2004. – 424 с.
4. Омеляненко, А.В. Георадиолокационные исследования многолетнемерзлых пород / А.В. Омеляненко, Л.А. Федорова // Якутск. – Изд-во ЯНЦ СО РАН – 2006. – 136 с.
5. Ercoli M., Pauselli C., Frigeri A., Forte E., Federico C. "Geophysical paleoseismology" through high resolution GPR data: A case of shallow faulting imaging in Central Italy, *Journal of Applied Geophysics*, Volume 90, March 2013, pp. 27–40.
6. Avila-Olivera J.A., Garduco-Monroy V.H. GPR study of subsidence-creep-fault processes in Morelia, Michoacán, *Mexico Engineering Geology*, Volume 100, Issues 1–2, June 2008, pp. 69–81.

Актуальные задачи противокоррозионной защиты и промышленной безопасности, новейшие технологии и материалы огнезащиты, изоляции, электрохимическая защита, контроль качества покрытий, методы восстановления и усиления строительных конструкций зданий и сооружений, газопроводов, трубопроводов и оборудования предприятий нефтегазовой отрасли, энергетики, металлургии и других отраслей.

ВОСЬМАЯ МЕЖОТРАСЛЕВАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2017»
 29 марта 2017 г., Москва, ГК ИЗМАЙЛОВО

Защита от коррозии
Огнезащита и изоляция
Новейшие ЛКМ

В работе предыдущих конференций «АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА - 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016» приняли участие сотни делегатов от компаний различных отраслей: руководители предприятий энергетики, металлургии, цементной, нефтегазовой и химической отраслей промышленности, главные инженеры, главные механики, главные энергетики, начальники подразделений, ответственных за промышленную безопасность, защиту от коррозии, ремонты, реконструкцию и капитальное строительство; ведущие специалисты инжиниринговых и проектных организаций, занимающихся противокоррозионной защитой; руководители, технологи и эксперты компаний-производителей красок и лакокрасочных материалов, различных типов покрытий для защиты от коррозии, огнезащиты, изоляции, усиления и восстановления зданий, сооружений и оборудования.

Сборники предыдущих конференций и подробную информацию см. на сайте www.intecheco.ru
www.intecheco.ru, тел.: (905) 567-8767, факс: (495) 737-7079, admin@intecheco.ru