

Использование метода Резонансно-Акустического Профилирования (РАП) при поисках золоторудных и алмазных месторождений на примере месторождений Западной Африки, Южной Америки и Финляндии

Введение

Применение геофизических методов при поисках месторождений золота и алмазов давно вошло в практику геолого-поисковых работ, и тому есть множество причин. В большинстве случаев данные геофизических съемок позволяют сузить район поисков и существенно сократить объемы буровых и горных работ. При работе на металлические полезные ископаемые весьма эффективны методы электроразведки различных модификаций, в остальных случаях задача поисков сводится, в основном, к поискам каких-либо структурных элементов в геологическом разрезе, к которым приурочены искомые месторождения. Примеры применения метода Резонансно-Акустического Профилирования (в дальнейшем – РАП) показывают, что в метод может эффективно применяться как при поисках россыпных, так и коренных месторождений.

Россыпные месторождения алмазов Республики Либерия

Известно, что россыпные месторождения алмазов образуются в основном за счет размыва коренных кимберлитовых трубок. Алмазы из россыпей, даже расположенных вблизи от коренного источника, по качеству превосходят алмазы из кимберлитов этой трубки, потому как в процессе даже недалекого переноса уничтожается часть сростков, камней с различными дефектами, что приводит к возрастанию доли ювелирных алмазов.

Первые находки алмазов в Либерии отмечены в 1911 году, начало разработки - 1930 год. На западе страны, в верхнем течении рек Лофа и Мано, в 1957 году открыты алмазные трубки и кимберлитовая дайка. Однако отложения кратерной фации в кимберлитовых телах Либерии не установлены, что предполагает значительный эрозионный срез коренных источников алмаза и объясняет наличие россыпей алмаза, приуроченных к многочисленным водотокам [Дьяконов Д.Б. и др.].

Геология района представлена породами архейского гнейсо-гранитного комплекса, перекрытыми латеритными и аллювиальными отложениями четвертичного возраста. Задачей геофизических работ в данном случае является выделение русел древних погребенных рек, перекрытых четвертичными отложениями.

Золоторудные месторождения Финляндии

Участки золоторудных месторождений, результаты по одному из которых представлены в докладе, расположены в поясе зеленокаменных пород (Кухмо). Золотая минерализация здесь тяготеет к контактовым зонам тоналитовых интрузий и кристаллических сланцев. При достаточно высокой температуре, соответствующей эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма и выше, и относительно низкой скорости процесса, вместо хрупкого разрушения развиваются пластические деформации сдвига (так называемые shear-зоны), к которым и приурочены известные рудопроявления района. На первом этапе поисковых работ выполняется геохимическая съемка, по результатам которой выделяются перспективные участки. Задачей геофизических работ является выделение в пределах этих участков зон интрузивных контактов.

Технология работ методом РАП

Метод РАП относится к категории геофизических методов, изучающих и использующих для получения информации естественные физические поля [Зуйков И.В., 2001]. Это ставит его в разряд методов с небольшой себестоимостью, так как позволяет обходиться без громоздких источников возбуждения. Частотный диапазон изучаемых акустических сигналов – от долей до десятков тысяч Герц, что позволяет отнести метод РАП к разделу геоакустики.

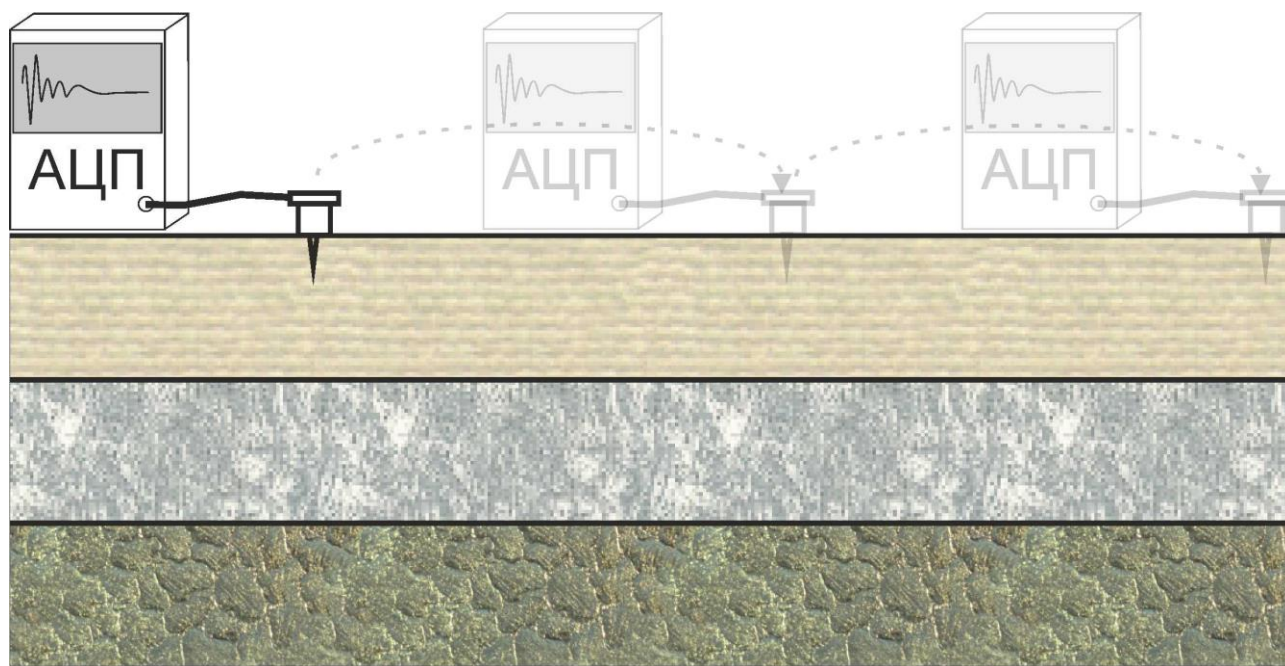


Рисунок 1 Методика проведения измерений методом РАП

Методика наблюдений заключается в измерениях акустического сигнала в точках по линии профиля (рис. 1). Измерения выполняются одним датчиком (акустоэлектрическим преобразователем), при этом детальность получаемой информации зависит от плотности сети наблюдений. Теория метода РАП более подробно рассмотрена в журнале «Инженерная геофизика» [Зуйков И.В. и др. ноябрь 2011]. Основным поисковым объектом для метода РАП являются зоны понижения механических свойств пород разреза в результате увеличения пористости, трещиноватости. К зонам понижения механических свойств относятся и зоны резкого контакта пород, которые достаточно однозначно выделяются на геомеханических РАП-разрезах. Это относится как к зоне контакта четвертичных пород с породами кристаллического фундамента, так и к зонам приконтактных пластичных деформаций (shear-зоны). В результате обработки данных РАП-измерений выполняются построения либо цветотеневых геомеханических разрезов по профилям наблюдений, либо, в случае площадных измерений – трехмерной геомеханической модели или карт изолиний контрастных геомеханических поверхностей, технология построения которых будет рассмотрена далее.

Картирование поверхности пород кристаллического фундамента, Республика Либерия

Как уже говорилось выше, поиски россыпных месторождений алмазов на рассматриваемой территории заключаются в картировании участков понижения рельефа поверхности пород кристаллического фундамента (погребенных палеорусел), перекрытых четвертичными отложениями. Проведение работ электроразведочными методами затруднено широким развитием в разрезе глинистых отложений, а также очень плотной залесенностью обследуемой территории. Измерения методом РАП могут быть проведены в любом месте, доступном для прохождения, так как для производства работ в большинстве случаев достаточно одного оператора.

Первым этапом работ, проводимых в районе среднего течения реки Лофа, были опытно-методические работы. Местом проведения работ была выбрана площадка, расположенная недалеко от полевого лагеря. Целью работ являлась как отработка методики работ (определение оптимального шага наблюдений, параметров записи акустического сигнала, которые определяют детальность изучения разреза), так и определения оптимального комплекса обработки получаемых данных. Весь процесс выполнения работ контролировался представителями Министерства шахт, геологии и охраны окружающей среды Республики Либерия.

Результаты работ по первым же профилям показали, что поверхность пород кристаллического фундамента является достаточно контрастной и находится в районе опытно-методического участка на глубинах от первых метров до 10 – 12 метров (рис. 2).

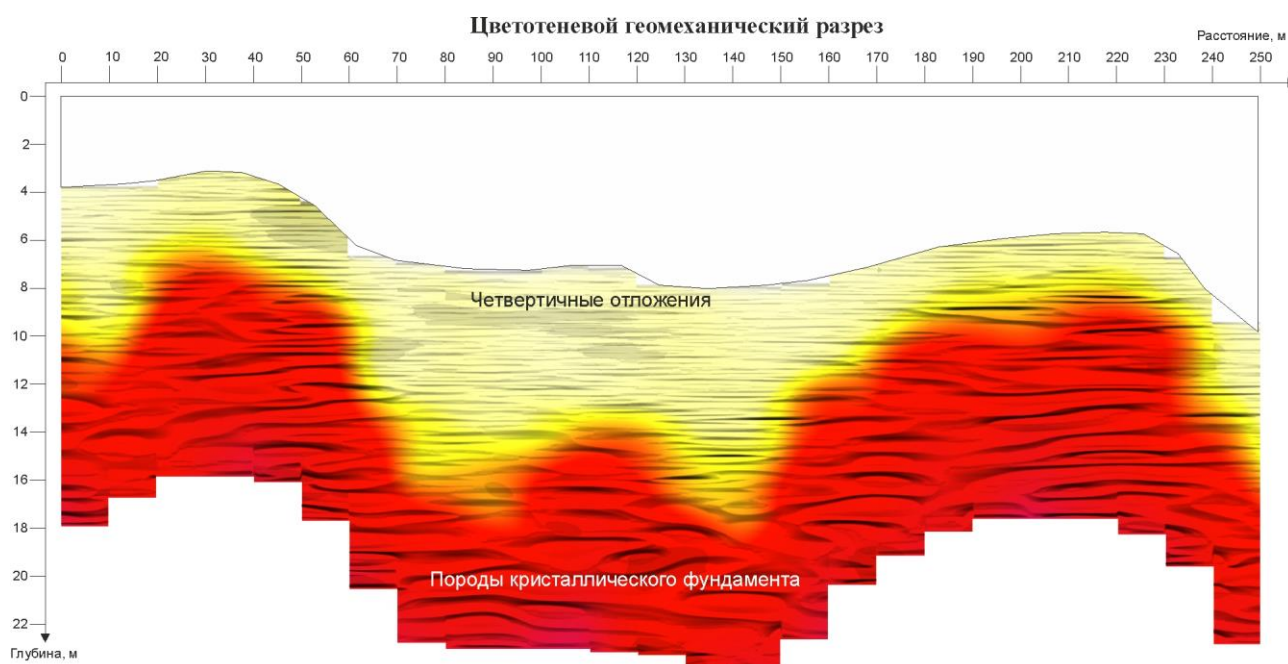


Рисунок 2 Картирование рельефа поверхности пород кристаллического фундамента по геомеханическому РАП-разрезу

Для проверки соответствия результатов геофизических работ методом РАП реальной геологической ситуации было проведено выборочное вскрытие горными работами двух точек по одному из профилей наблюдений. Одна из точек находилась в зоне погружения рельефа пород гранито-гнейсового комплекса (предполагаемое палеорусло), в другой точке, по данным РАП, кристаллические породы находились на глубине первых метров. Результаты вскрытия можно увидеть на иллюстрации (рис. 3), оно полностью подтвердило данные РАП.

Результаты вскрытия тестовых точек геомеханического разреза

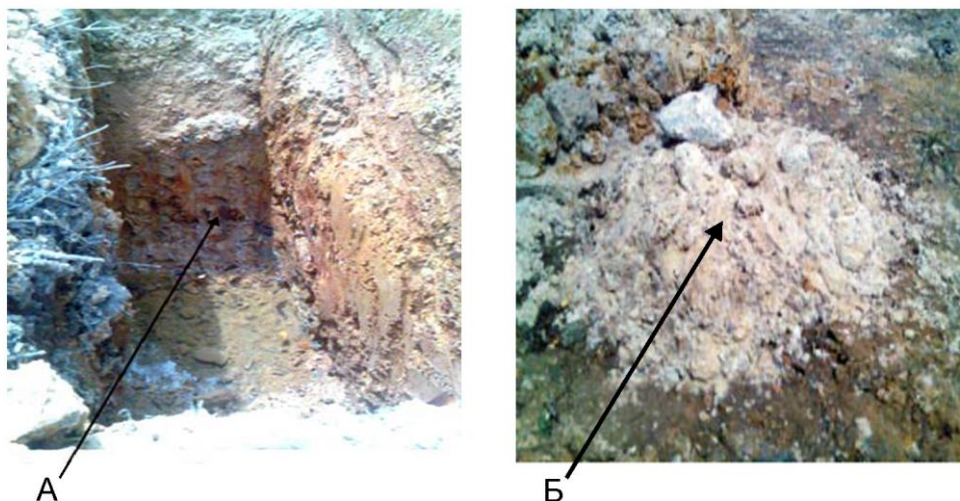


Рисунок 3 Подтверждение результатов РАП горными работами: а) – вскрытие пород кристаллического фундамента (границы коры выветривания) на глубине около 1.5 м; б) – песчано-галечные аллювиальные отложения, поднятые с глубины около 12 м

Анализ геомеханических разрезов при большой площади работ, при большом количестве профилей и точек наблюдений, довольно затруднителен. Гораздо проще анализировать полученные данные, имея карту рельефа поверхности пород кристаллического фундамента по всей площади участка. В процессе работ было принято решение разработки специальной компьютерной программы, анализирующей спектры акустических сигналов по всем профилям и точкам наблюдений и

подготавливающей данные для построения карт рельефа поверхности контрастных геомеханических поверхностей. В спектре акустического сигнала граница перехода «четвертичные отложения – породы кристаллического фундамента» выделяются характерной ступенькой (рис.4).

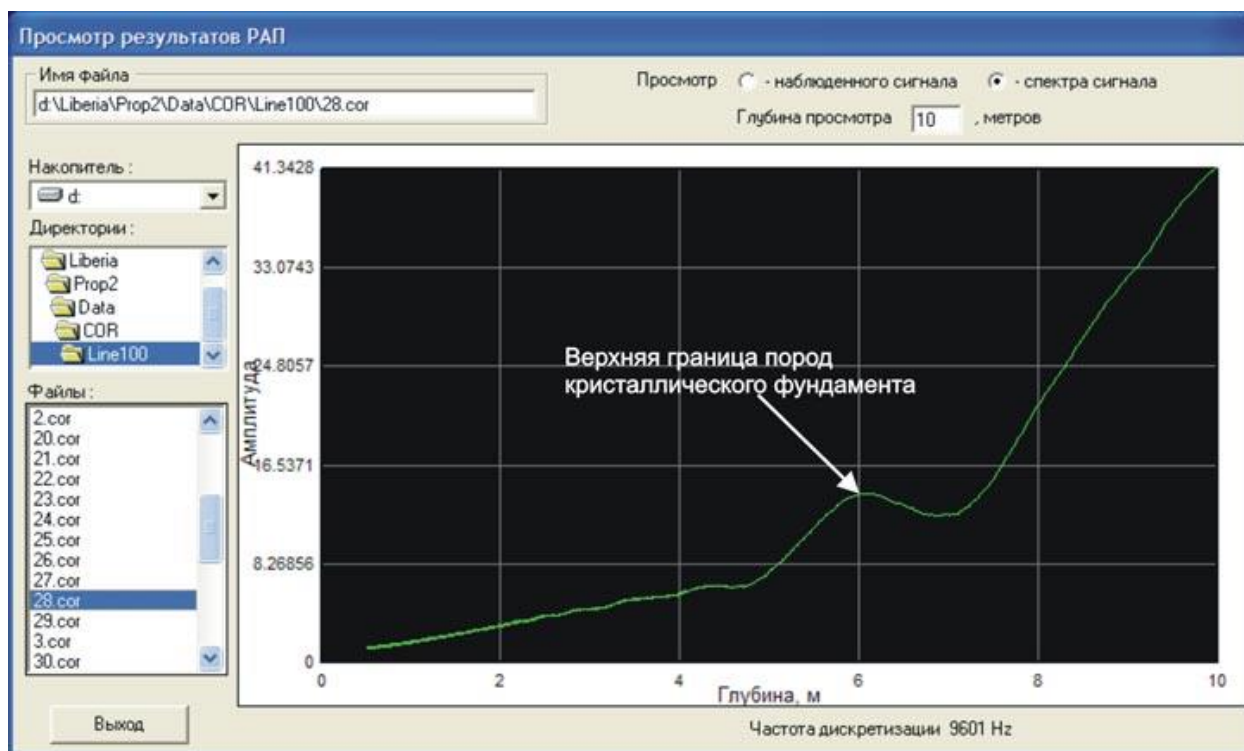


Рисунок 4 Выделение границы пород кристаллического фундамента по спектру акустического сигнала

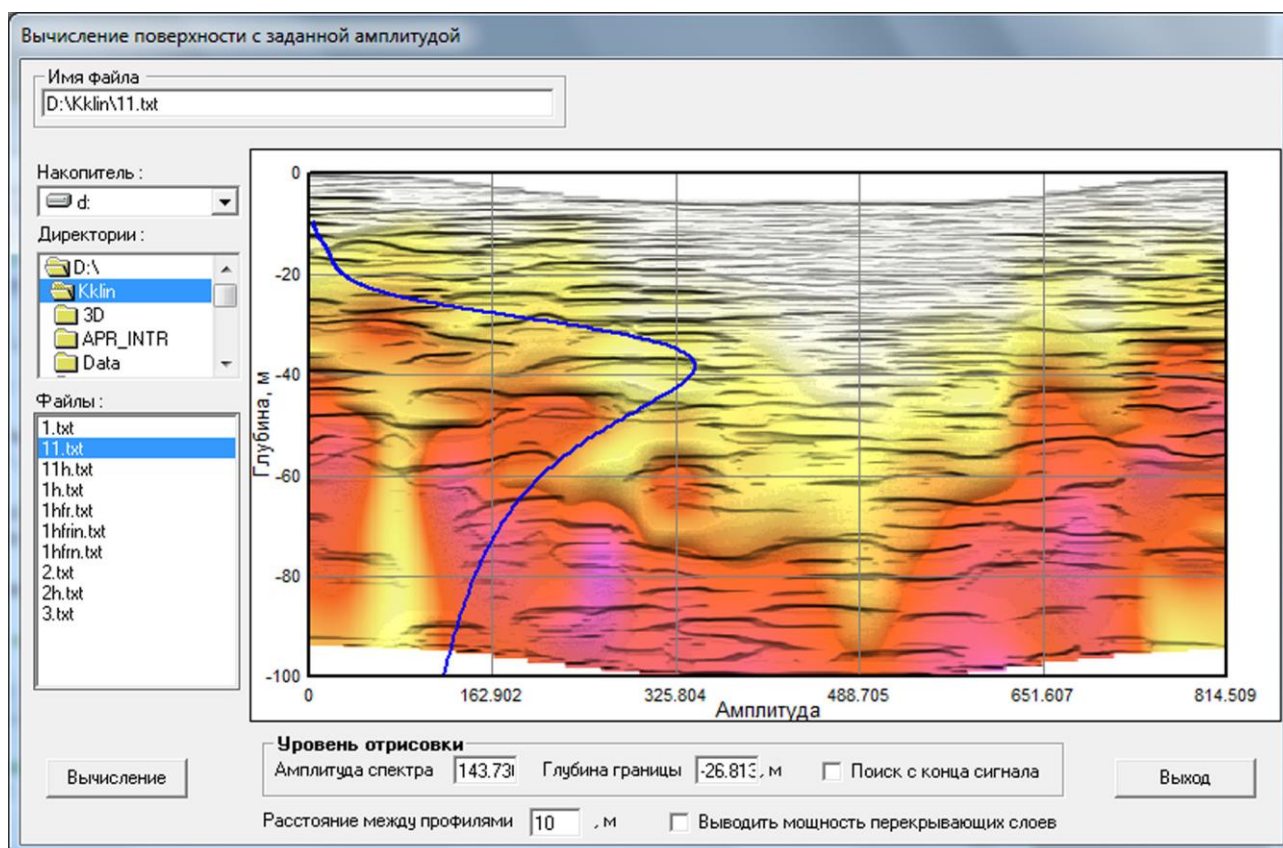


Рисунок 5 Программа для выделение границы пород кристаллического фундамента

Для построения карты рельефа поверхности достаточно выделить положение данных «ступенек» спектра по всем точкам наблюдений и объединить их в единый файл. Однако, в ряде случаев глинистые прослои в четвертичных отложениях могут создавать экстремумы спектра, схожие по амплитуде с экстремумом границы раздела «четвертичные отложения – кристаллические породы». В результате была создана программа, выполняющая специальные фильтрации спектров акустических сигналов, а затем позволяющая сопоставить спектр с полученным цветотеневым геомеханическим разрезом (рис. 5). При обработки данных для создания файла рельефа поверхности пород кристаллического фундамента достаточно сопоставить спектр акустического сигнала с геомеханическим разрезом и отметить точку, на взгляд обрабатывающего, соответствующую поверхности раздела. Программа анализирует все точки наблюдений, отмечает на них элементы, аналогичные выделенному, и выводит полученные данные в файл для построения. Построение карт рельефа можно производить в любых программах визуализации площадных данных, например – Surfer компании Golden Software. Результат построения представлен на рисунке 6.

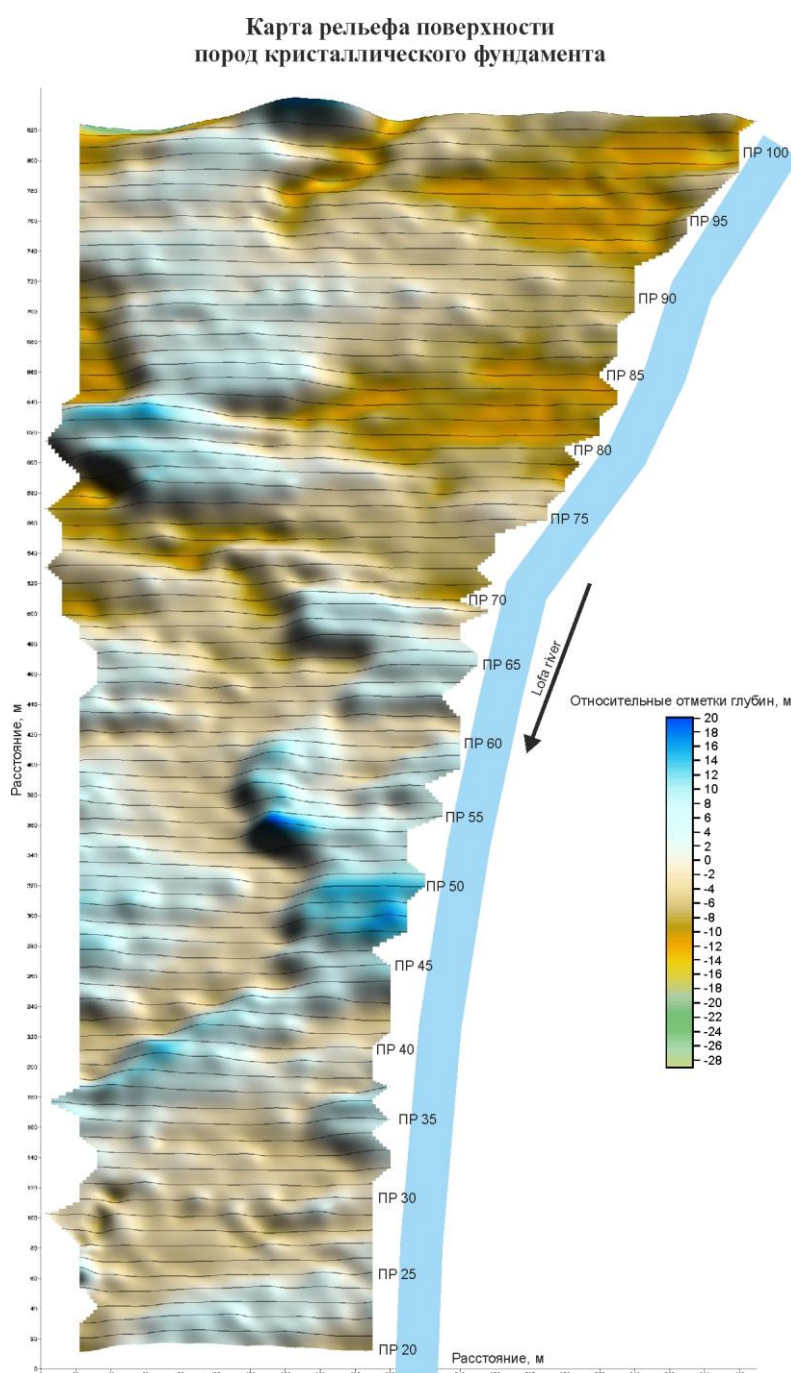


Рисунок 6 Отображение рельефа пород кристаллического фундамента, Республика Либерия

Все перечисленное выше может быть применено и для поисков золотоносных россыпей. Подавляющее большинство золотоносных россыпей залегает на коренном плотике или над ним в щебнисто-галечных отложениях, скрепленных в плотную массу глинистым или песчано-глинистым заполнителем. Известно, что самое крупное золото находится именно на плотике, над плотиком тоже есть золото, но чем выше, тем мельче. В 1.5 – 2 метрах над плотиком золото практически не встречается. Задачей геофизических исследований в этом случае является картирование плотика для определения мест, наиболее благоприятных для поисков золота (рис. 7). При этом важно выбрать достаточно детальный шаг наблюдений по линии профиля.

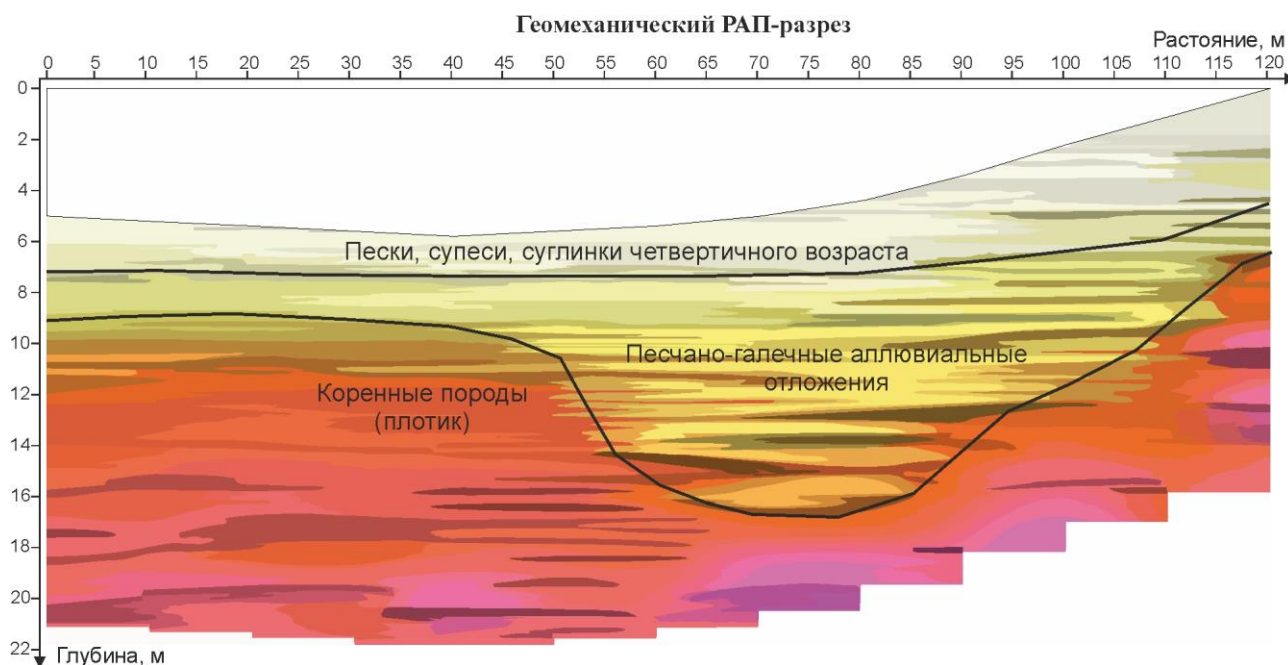


Рисунок 7 Пример применения РАП для картирования плотика, Кооперативная Республика Гайана (Южная Америка)

Выделение зоны пластической деформации, Финляндия

Тестирование возможностей метода РАП для поисков коренных месторождений золота, приуроченных к приконтактовым зонам пластических деформаций (shear-зонам), выполнялось в мае 2011 года.

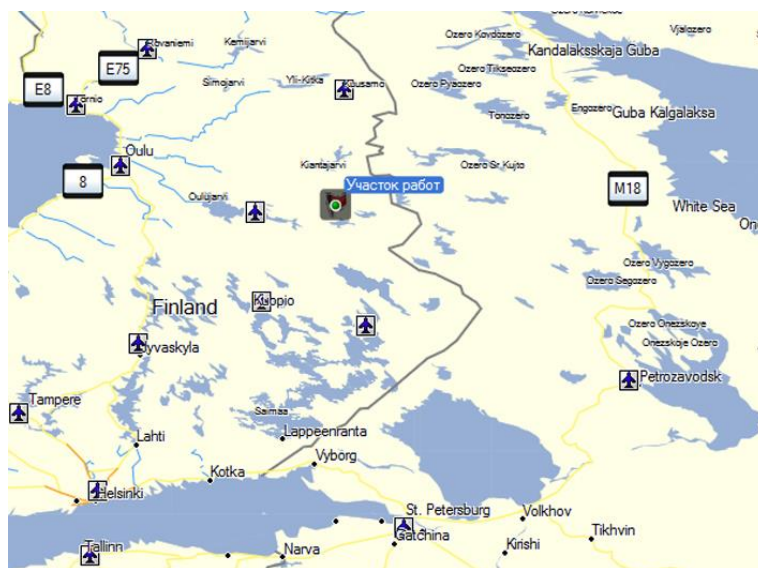


Рисунок 8 Карта расположения участка работ «Piilola»

Участок работ расположен в структуре зеленокаменного пояса (район Кухмо), в пределах которого известны многочисленные рудопроявления золота (рис. 8). Заказчиком работ выступала компания Mineral Exploration Network (Finland). Опытные работы проведены на полностью перекрытом мощными (до 7м) моренными отложениями участке, где по данным ранее проведенного пилотного бурения была вскрыта серия золотоносных (до 4г/т) кварц-турмалиновых жил.

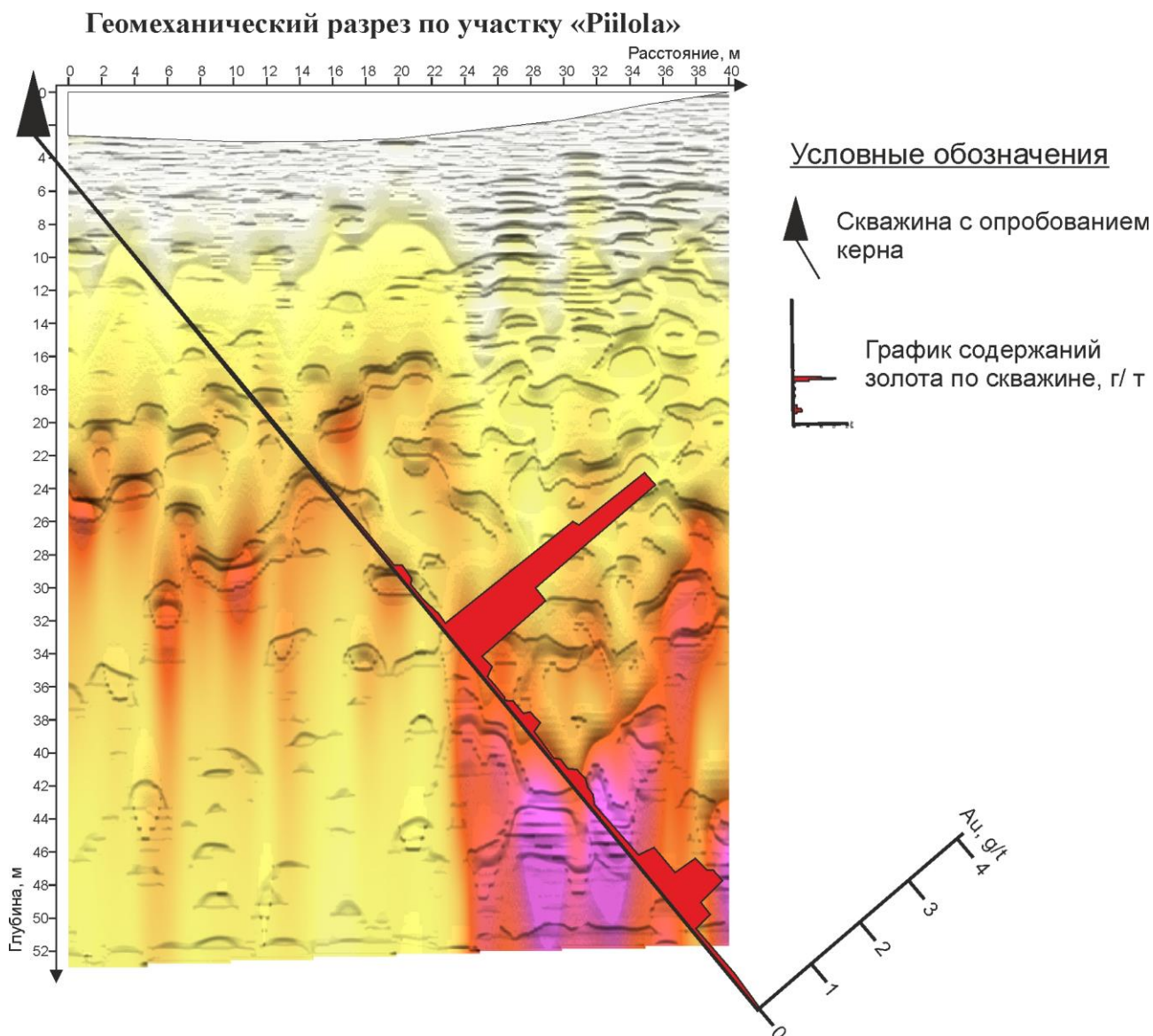


Рисунок 9 Результаты опытных работ по одному из профилей участка Piilola, Финляндия

В связи с тем, что мощности уже известных продуктивных зон имеют малую мощность (от 5 до 15 – 20 метров), при прохождении профиля использовался шаг наблюдений 1 метр. Как видно по иллюстрации (рис. 9), продуктивная зона совершенно однозначно выделяется на геомеханическом РАП-разрезе, а приконтактные части зоны идеально совпадают с повышениями содержаний золота в керне пробуренной скважины. Кроме этого, по результатам РАП отбивается и мощность перекрывающих, моренных отложений.

Выводы и рекомендации

Представленные примеры, на наш взгляд, убедительно показывают оправданность и перспективы использования метода РАП для поисков месторождений различных полезных ископаемых. В случае с россыпными месторождениями, метод РАП может применяться как в комплексе с другими геофизическими методами, так и самостоятельно. В случае с коренными месторождениями – метод

РАП может применяться как дополнительный, помогающий определить точную конфигурацию объектов, обнаруженных с использованием других геофизических и геохимических методов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству компании Mineral Exploration Network (Finland), организовавшим опытные работы и предоставившим материалы для изучения и публикации..

Ссылки

Дьяконов Д.Б., Гаранин В.К., Гаранин К.В., Бушуева Е.Б., Еналиева М.А., Япаскурт В.О., Криулина Г.Ю., Поиск новых месторождений алмаза на территории Западной Либерии // www.westafgeo.com/poisk.pdf

Зуйков И.В., Бединов В.В., Применение метода резонансно-акустического профилирования при проведении инженерно-геологических изысканий // «Инженерные изыскания», ноябрь 2011, с. 52 – 58

Zuykov I.V., Resonance acoustical profiling system and methods of using same // US Patent № 6199016 B1, March 6, 2001

Контактная информация

Зуйков Игорь Владимирович

Phone: +7 (906) 505 7266

E-mail: rapusa@aport.ru

Бединов Владимир Васильевич

Phone: +7 (903) 108 5580

E-mail: terravlad@rambler.ru