



E06

## Efficient Water Survey Technology in Hard Rock with a Complex of Geophysical Methods

Y.E. Gavrilov\* (REL MGRT Ltd.), N.M. Andreev (REL MGRT) & L.N. Andreeva (REL MGRT)

### SUMMARY

---

In this report, the authors demonstrate examples of the using of unconventional complex of geophysical methods for underground water survey in complicated geological settings of rocky regions. As a result of these surveys the all objectives of the projects were successfully resolved.

This technology consists of the following: 1) At the first stage the express radon survey must be carried on in the entire survey area in order to localize faults and allocate the prospective areas associated with them for setting detailed works; 2) At the second stage detailed studies of selected prospective areas are carried out by resonans-acoustic profiling in order to localize fractured zones as the most likely reservoirs for groundwater; 3) At the third stage the fractured zones undergo grading in accordance with their watery by transient electromagnetic method.

This complex of works with a much higher efficiency is performed in a shorter time than it is accepted in the geophysical community. As a result of office analysis the best locations for drilling water wells are chosen.

The relevance of this technology is especially apparent in the current difficult economic situation in Russia.



**Эффективный комплекс геофизических методов (радоновая съемка, РАП и МПП) для поисков подземных вод в скальных породах.**

*Ю.Е. Гаврилов \* (ООО «РЭЛ МГРТ» (Геолисс)), Н.М. Андреев (ООО «РЭЛ МГРТ» (Геолисс)), Л.Н. Андреева (ООО «РЭЛ МГРТ» (Геолисс)).*

**Введение**

Из геофизических методов в состав поисково-оценочных работ на подземные воды в большинстве технических заданий обычно включают электроразведку ВЭЗ и сейсморазведку, использование которых для горно-складчатых районов малоэффективно. Некоторого повышения эффективности работ в этом случае можно добиться, существенно уплотнив сеть измерений и проводя её обработку, как минимум, в двумерной инверсии. Но такой путь приведёт к существенному увеличению стоимости услуг и сроков выполнения работ.

Даже в «тучные» советские времена ставились жесткие сроки выполнения работ и редко когда на геофизику средства не экономились. Вследствие этого, поставленные задачи нередко пытались решить бурением многочисленных поисковых скважин, но для горно-складчатых районов при таком подходе они часто оказываются практически сухими. В итоге это приводило к значительному незапланированному удорожанию работ. Предлагаемая нами технология, при существенном снижении стоимости гидрогеофизических работ, позволяет также исключить бурение малодобитных скважин и поэтому особенно актуальна в сегодняшней непростой экономической ситуации.

С 2003 года авторы провели данным комплексом методов наземные исследования в Италии (провинция Тоскана), в Таджикистане, в Ленинградской области под Выборгом на Балтийском гранитном щите, а также на нескольких десятках крупных объектов в Уральском ФО. В результате проведенных исследований были успешно решены основные поставленные задачи с минимально возможными издержками для Заказчика.

Ниже приведена методика и результаты работ по некоторым из этих объектов.

**Анализ геологической модели залегания трещинно-жильных вод**

В платформенных районах водоносные горизонты зачастую хорошо выдержаны по площади. И если при бурении скважины на известный горизонт на ожидаемой глубине достаточно воды не было обнаружено, существует большая вероятность, что, пробуравив чуть глубже, целевой горизонт всё же будет достигнут. Проблема только в том, что в неглубоких, широко распространённых в центральной России так называемых «скважинах на песок», дебиты воды обычно бывают небольшие. А более глубокие скважины на так называемые «известняки», дебиты в которых бывают гораздо выше, приходится порой бурить до 350 м. При этом есть вероятность, что и в толщах известняка будут встречены лишь слаботрещинчатые зоны, а дебит пробуренной скважины будет незначительным.

В горно-складчатых районах, кроме обычно слабо обводнённой коры выветривания в кровле скальных пород, водоносных горизонтов практически нет. Водообильные зоны здесь локализованы вблизи разломов в субвертикальных трещиноватых зонах (рис.1). Поэтому для традиционных методов геофизики точный выбор мест под поисковые скважины - задача очень непростая.

**Методика работ**

При решении гидрогеологических задач самым распространенным методом геофизики является вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ). Но многие специалисты указывают на недостатки ВЭЗ при работе в сложных геологических условиях, например, в горно-складчатых районах. Поэтому для поиска подземных вод в массивах скальных пород некоторые предпочитают использовать электроразведку методом переходных процессов (МПП), которая обеспечивает более высокую производительность и экономичность работ, а



также возможность достижения большей точности и глубины исследований (Андреев Н.М., 2005).

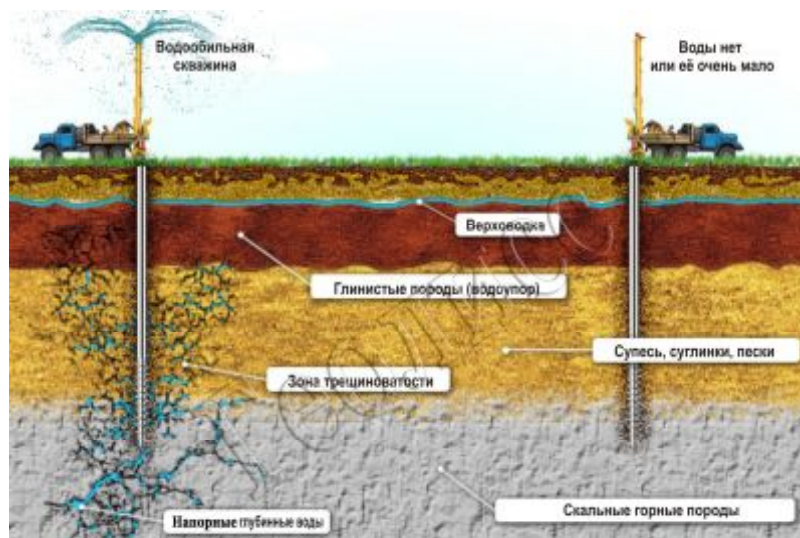


Рисунок 1 Характер распределения подземных вод в горно-складчатых районах.

При традиционном подходе для обнаружения разрывных дислокаций, как правило, сначала проводится магниторазведка, электроразведка и сейсморазведка (Колодий А.А и др., 2012). Разработан «прямой» метод — ядерно-магнитный резонанс (ЯМР), который позволяет определять даже содержание воды в недрах. Тем не менее, даже такой дорогостоящий метод, применявшийся на Балтийском щите, слабо способствовал решению поставленной задачи, и ряд поисковых скважин там оказались практически сухими. Причина этого в том, что, по аналогии с МПП, в ЯМР получают интегральную характеристику всего объема пород под генераторной петлёй. В случае если до применения ЯМР работы по выделению трещиноватых зон в скальных горных породах были сделаны некачественно, то с большой долей вероятности водозаборная скважина будет малодобитной.

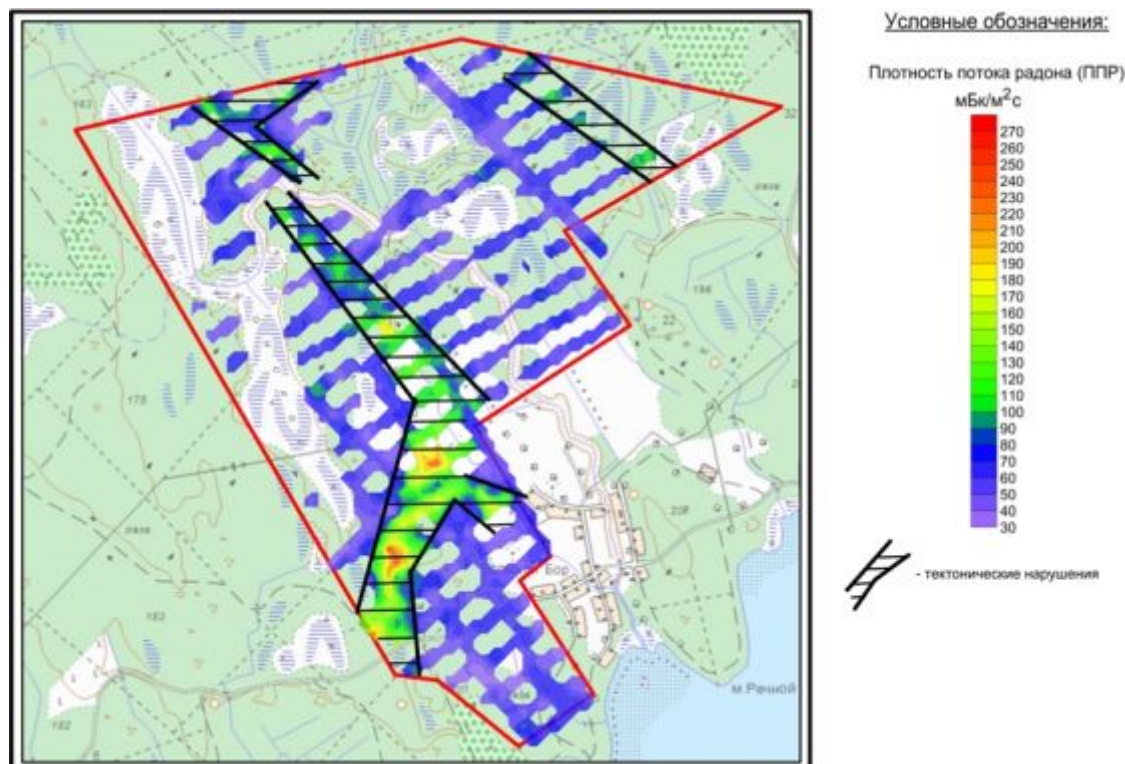


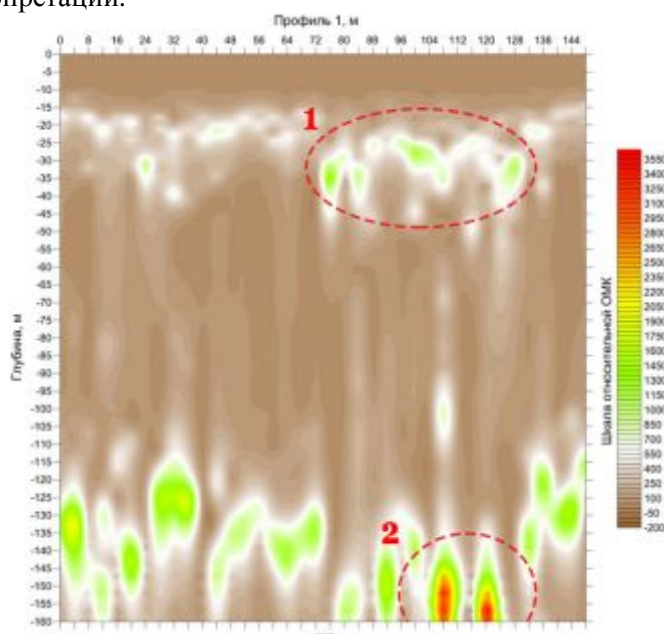
Рисунок 2 Выделение разрывных дислокаций по данным радоновой съёмки.



**В предлагаемой нами технологии последовательность геофизических работ следующая:**

На 1-ом этапе на всей поисковой площади проводится экспрессная радоновая съемка с целью выявления дизъюнктивных дислокаций и выделения, связанных с ними, перспективных участков, для постановки детализационных работ (Семинский К.Ж. и др., 2009). В результате получаем карту изолиний (рис.2) или карту графиков распределения плотности потоков радона (ППР) из грунта. Несмотря на то, что ширина разломов зачастую бывает небольшая (до 1 – 3 м), шаг измерения ППР из грунта вдоль профилей обычно равен 20 м. Связано это с тем, что наиболее перспективными являются узлы тектонических нарушений с целой серией трещин. Кроме того, потоки радона формируют ореолы в толщах рыхлых отложений, перекрывающих разломы в скальном основании, что приводит к значительно большей ширине фиксируемых над ними на поверхности земли аномалий ППР.

На 2-ом этапе методом резонансного акустического профилирования (РАП) (И.В.Зуйков и др., 2015) выполняются детальные исследования выделенных перспективных участков с целью локализации трещиноватых зон, как наиболее вероятных коллекторов для подземных вод. В результате работ получаем серию геомеханических разрезов (рис.3) с элементами геолого-геофизической интерпретации.



**Рисунок 3** Зоны повышенной трещиноватости и вероятного обводнения пород по данным РАП: 1) Обводненная зона коры выветривания скальных пород; 2) Зона повышенной трещиноватости в консолидированных породах фундамента.

На 3-ем этапе с помощью МПП осуществляется разбраковка выявленных трещиноватых зон путём качественной оценки их водообильности. Построенные при этом геоэлектрические разрезы позволяют корректировать на разрезах РАП глубину трещиноватых зон.

Как показывает практика, вероятность ошибочного прогноза при применении данного комплекса методов не превышает 7%.

### **Результаты применения данной технологии на ряде объектов**

В ряде посёлков Пластовского района Челябинской области имелись большие проблемы с водоснабжением. Связано это со скальным основанием территории, расположенным близко к поверхности. После нескольких успешных демонстраций наших возможностей, администрация района регулярно приглашает нас на проведение геофизических работ для выбора точки под бурение скважины в очередном посёлке. По результатам наших работ были уже успешно



заложены скважины в таких поселках как Радиомайка, Нижний Кумляк, Степное, Верхняя Кабанка, Борисовка.

В 2008 году, пробуренная по результатам наших поисковых работ на гранитном массиве скважина в п. Радиомайка глубиной 40 м, как было и предусмотрено, попала в разлом, залеченный карбонатными отложениями. Дебит скважины составил 400 м<sup>3</sup>/сутки, хотя ранее в округе было пробурено немало сухих. Позже выяснилось, что вода из этой скважины имеет неприятный «болотный» запах, а на её поверхности в ведрах появляется пленка. Весной 2016 г нас снова пригласили в п. Радиомайка для поиска места для новой скважины, теперь в другом конце посёлка. За прошедшие годы нами был проведён большой объём исследований возможностей наших оригинальных технологий для решения различного рода задач, в том числе выявления и картирования очагов внедрения глубинных углеводородных флюидов. Использование данных технологий позволило выяснить, что на расстоянии около 150 м от старой скважины находится именно такой очаг, из которого, вероятнее всего, сероводородный газ с неприятным запахом и углеводороды попадали через разлом в воду этой скважины. Поэтому поисковый участок для новой скважины был выбран по возможности дальше от этого места.

Недавно, применяя данную технологию на очень сложном в гидрогеологическом плане объекте в Выборгском районе Ленинградской области, мы добились неплохого результата. Ранее здесь в течение 4 лет проводились поисковые работы широким спектром методов геофизики: электроразведка (ЕП, ЭП, БИЭП, ВЭЗ, КВЭЗ), магниторазведка, сейсморазведка (МПВ, МОГТ) и ЯМР. Было пробурено более 20 скважин, треть из которых оказались безводными, остальные малodeбитные. В конечном итоге, традиционные геофизические подходы позволили обеспечить объект водой в объеме лишь 50 м<sup>3</sup>/сутки. Для сравнения, наши специалисты провели все работы (от полевых до камеральных) на площади 9 км<sup>2</sup> в течение 3-х месяцев. После проведения опытно-фильтрационных работ, на первой пробуренной скважине стало ясно, что необходимый запас водных ресурсов в объеме 100 м<sup>3</sup>/сутки нами был найден, а максимальный дебит специалисты оценивают в 250 м<sup>3</sup>/сутки.

### **Выводы**

Результаты применения предлагаемого нами комплекса геофизических методов убедительно свидетельствуют о целесообразности широкого внедрения его в практику поисковых работ на подземные воды в самых сложных геологических условиях.

Есть основания предполагать, что данную технологию можно было бы успешно применять и в сложных условиях Восточной Сибири, в том числе в пределах многолетнемерзлых пород, как для поисковых целей на подземные воды, так и выбора оптимальных мест для подземного захоронения промышленных стоков на площадках нефтегазодобычи.

### **Библиография**

Андреев Н.М. [2005] Электроразведка МПП при поисках трещинно-карстовых вод. *Тезисы доклада на международной научно-практической конференции Инженерная геофизика - 2005*, г. Геленджик, с.97-101.

Зуйков И.В., Varga M., Бединов В.В. [2015] Результаты применения метода Резонансно-Акустического Профилирования (РАП) при поисках коренных месторождений золота (Мали). *Инженерная геофизика – 2015*, г. Геленджик.

Колодий А.А., Ясницкий А.А., Диброва А.И., Шабарин В.Н. [2012] Оценка эффективности комплекса инженерно-геофизических методов для поисков и трассирования тектонических нарушений. *Тезисы доклада на международной научно-практической конференции Инженерная геофизика - 2012*, г. Геленджик.

Семинский К.Ж., Бобров А.А. [2009] Радоновая активность разнотипных разломов земной коры. *Геология и геофизика*, т.50, № 8, с.881-896.