

КВОН Д. А.* (МГУ), ШЕВНИН В. А. (МГУ), НИКУЛИН Б. А. (МГУ), РЫЖОВ А. А. (ВСЕГИНГЕО), СКОБЕЛЕВ А. О. (МГУ)

ПОИСК ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ГОРОДА АНАПЫ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ

Введение

В окрестностях Анапы ощущается дефицит пресной воды. Для ее поисков была применена электротомография. Участок был выбран по геологическим данным и бурению с обнаруженными горизонтами подземных вод. Строение района двухъярусное, сверху рыхлые озерно-аллювиальные отложения: песок, глина, иногда галька и гравий общей мощностью до 20 метров, снизу коренные скальные карбонатные флишевые отложения верхнемелового возраста. С помощью петрофизического моделирования сопротивления пород с учетом солености и сопротивления подземных вод были выделены интервалы сопротивлений благоприятные для нахождения подземных вод в рыхлых и скальных породах. Границы этих интервалов были проведены на геоэлектрических разрезах и показали хорошее согласие с данными редких скважин. Выявлены перспективные участки для заверочного бурения.

Задача работ

На нескольких участках данного района в местах перспективных на воду были проведены геофизические работы методом электротомографии с целью получить сначала геоэлектрические разрезы и потом с учетом геологических данных и редкой сети скважин получить геологические разрезы и выявить места, благоприятные для нахождения запасов подземных вод.

Краткие сведения о геологии

Верхняя часть геологического разреза представлена рыхлыми озерно-аллювиальными отложениями верхнеплейстоцен-голоценового возраста, нижняя часть представлена скальными породами карбонатно-флишевой толщи верхнемелового возраста, большую часть которой составляют мергели и известняки. Перспективными для поиска подземных вод являются: в рыхлых породах - водоносный горизонт гравийно-галечниковых пород (подошва современных озерно-аллювиальных отложений) и в скальных породах трещинные зоны карбонатно-флишевой толщи маастрихтских отложений верхнего мела (свита супсех).

Электротомография

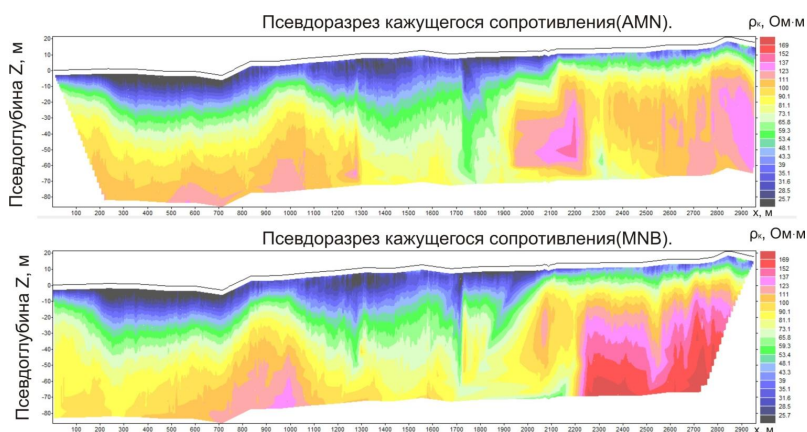


Рис. 1 Разрезы кажущихся сопротивлений по профилю 2 с рельефом и псевдоголубиной вместо разностей.

Электротомография (ЭТ) проводилась с 48 канальной ЭТ станцией «Омега-48» (производитель ООО «Логические системы», г. Раменское). Шаг между электродами 5 м, минимальный разнос АО=7.5 м, максимальный разнос АО=218

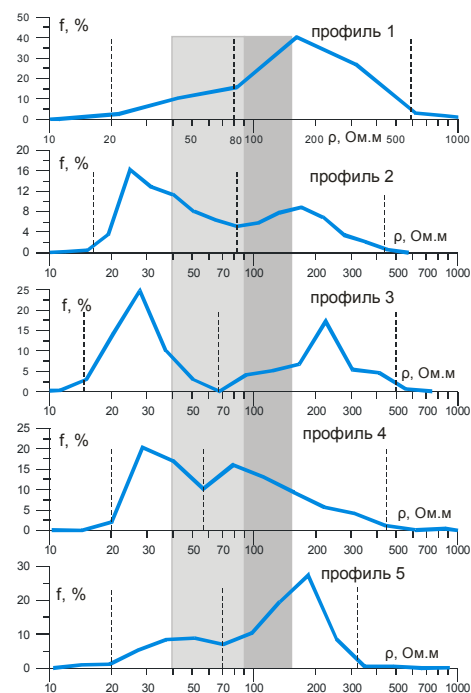


Рис. 2 Гистограммы сопротивлений для разрезов по профилям 1-5.

м, длина MN=5 и 15 м. Использовалась установка AMN-MNB (Рис.1). Глубина исследования не менее 60 м. Кроме ЭТ выполнялись измерения сопротивления воды с резистивиметром Com100 фирмы KM Digital (Ю.Корея). Сопротивление воды оказалось равно 15 Ом.м, что соответствует минерализации воды (в пересчете к NaCl) 0.4 г/л. Для привязки точек наблюдений использовали GPS. Инверсию данных выполняли с помощью программы Res2DInv (М.Н.Локе). Высоту точек наблюдения (рельеф по профилям) определяли с помощью нивелира, вводили рельеф в данные ЭТ перед инверсией в программе X2IP1 (А.А.Бобачев, МГУ). Перед инверсией также проводилась отбраковка плохих точек, вызванных разными геологическими и аппаратными причинами по методике Res2DInv.

Геоэлектрические разрезы после 2D инверсии изучали с помощью гистограмм (Рис.2). Основные итоги этого изучения: сопротивления среды меняются от 15-20 до 500-600 Ом.м, с двумя горбами распределений для рыхлых и скальных пород. Граница между рыхлыми и скальными породами проходит примерно по 90 Ом.м (Рис.2).

В правой части гистограмм для рыхлых пород (40-90 Ом.м) и в левой части гистограмм для скальных пород (90-150 Ом.м) находятся интервалы значений благоприятных для обводненных горизонтов (выделены на Рис.2 серыми полосками).

Интервал распределений сопротивлений после инверсии использовали для рисовки результатов инверсии в виде геоэлектрических разрезов (Рис.3).

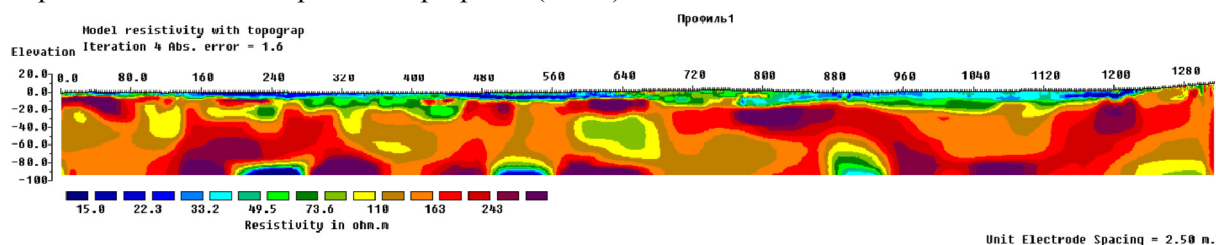


Рис. 3 Геоэлектрический разрез по профилю 1 после 2D инверсии.

Чтобы более четко выделять благоприятные для поисков воды интервалы на геоэлектрических разрезах, их рисовали с помощью программы Surfer, сочетая визуализацию Image и Contours, причем изолинии проводили только для нескольких значений: 32, 70, 100, 150 Ом.м (Рис.4).

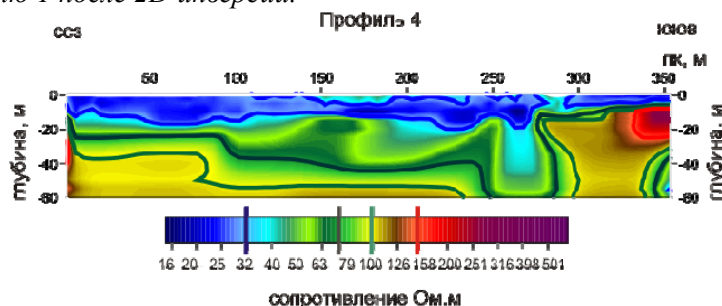


Рис. 4 Геоэлектрический разрез в Surfer, сочетающий изображения Image и Contours.

Последующая геолого-геофизическая интерпретация геоэлектрических разрезов ЭТ проводилась в несколько этапов. Для проведения геологических границ учитывалась априорная информация - данные бурения, а также общая геология района (Рис.5).

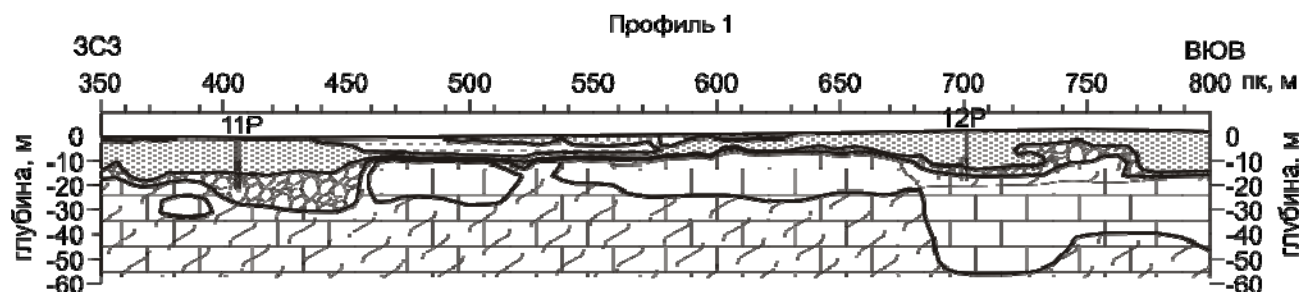


Рис. 5 Геологический разрез по профилю 1, построенный по данным ЭТ, геологии и бурения.

Петрофизический подход к анализу результатов ЭТ

А.А.Рыжов разработал алгоритм и программу расчета сопротивления пород по их петрофизическим характеристикам (прямая задача) и оценки петрофизических параметров по сопротивлению пород с учетом некоторой дополнительной информации [Рыжов, Судоплатов 1990; Матвеев, Рыжов, 2006]. В процессе применения программы Petrowin была разработана методика петрофизического моделирования [Shevnin et al., 2008]. Первым шагом петрофизического анализа на

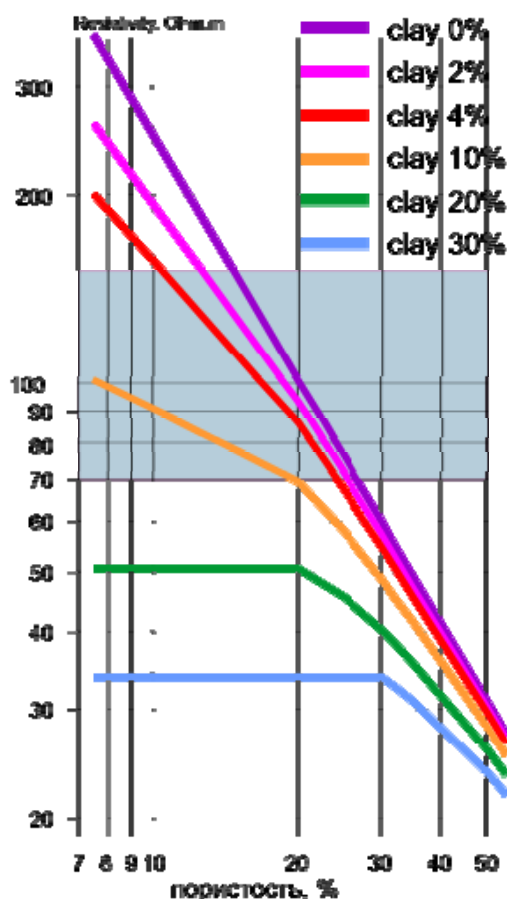


Рис. 6 Сопротивление от пористости для известняков и мергелей (индекс кривых - глинистость). Заливка - интервал сопротивлений, характерный для обводненных пород.

данном участке был расчет сопротивлений коренных пород для оценки их принадлежности к мергелям (от 25 до 75% глины) или к известнякам (от 0 до 25% глины). Расчеты показали, что в данном районе скальные породы являются известняками, а не мергелями. Глинистость в 15 и более процентов придает породам низкие сопротивления (ниже 70 Ом.м), которые у скальных пород в данном районе не наблюдаются (Рис.6).

Проверка содержания извести в породе была выполнена с помощью рентген-радиометрического метода [Никулин и др., 1989; Рентгеноспектральный анализатор БАРС-3] (Рис.7). Черные символы - измерения на эталонных образцах, а красный ромб - наш образец. Образец породы нашего участка дал при измерении 7000 импульсов, что соответствует 30-35% кальция. Так как в CaCO_3 содержится Са-40%, и 60% CO_3 , то при пересчете кальция в содержание CaCO_3 , получили 75-87.5% извести в образце. По содержанию извести это не мергель, а известняк.

Вторым этапом анализа стал пересчет данных инверсии в петрофизические свойства горных пород вдоль профилей с целью построения петрофизических разрезов. Для этого понадобилось выбрать оптимальное соотношение параметров смеси, в частности пористости глины и песка (см. рис 8). Результатом петрофизического анализа являются разрезы глинистости вдоль профилей (пример на рис. 9).

Пример геолого-геофизической интерпретации

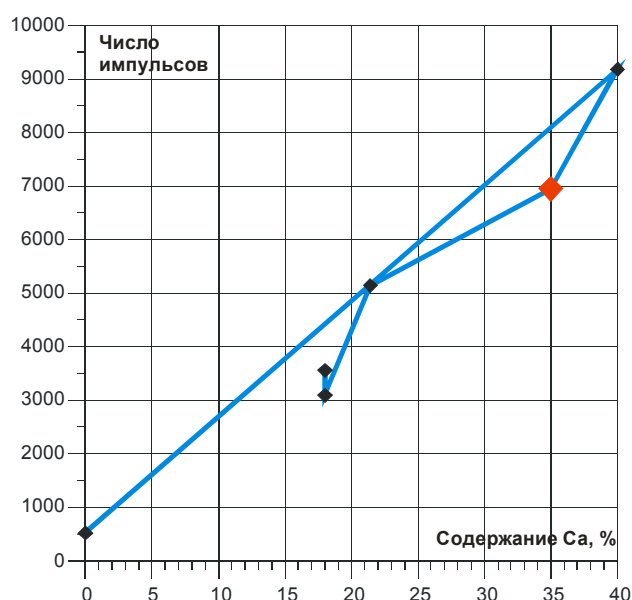


Рис. 7 Измерения рентген-радиометрией на эталонных образцах и породе участка.

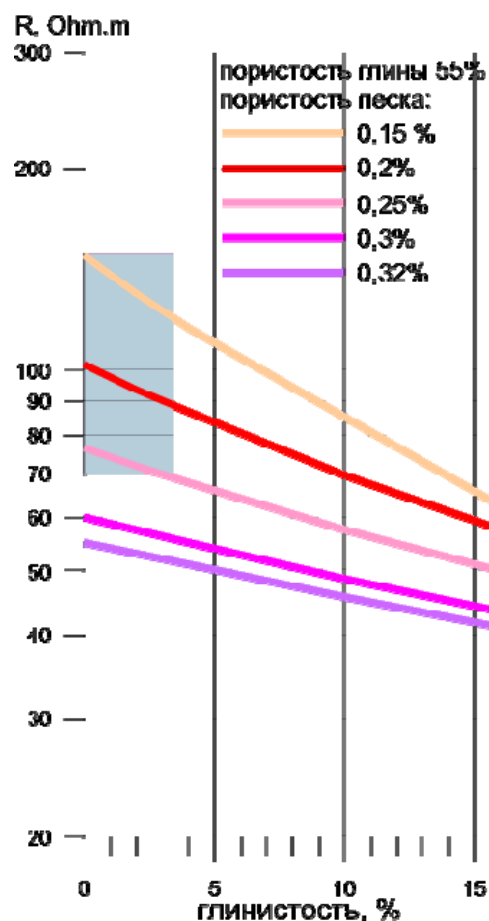


Рис. 8 Сопротивление от глинистости для различных соотношений пористости глины и песка (индекс кривых - пористость). Заливка - интервал сопротивлений, характерный для обводненных пород.

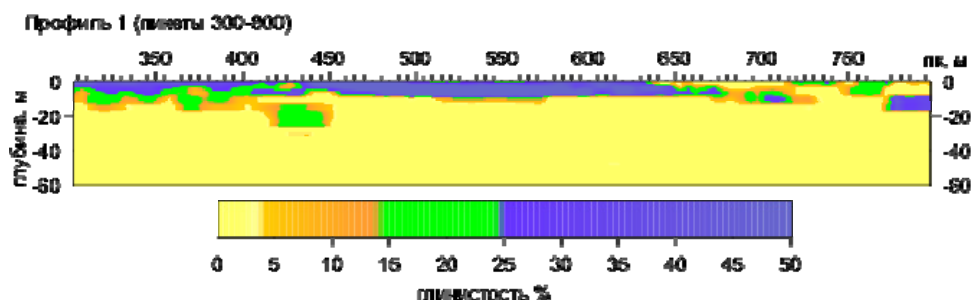


Рис. 9 Разрез глинистости на участке профиля 1.

В качестве примера геолого-геофизической интерпретации рассмотрим участок профиля 2 близ скважины 9 пикеты 1200 – 1300 м (рис 10).

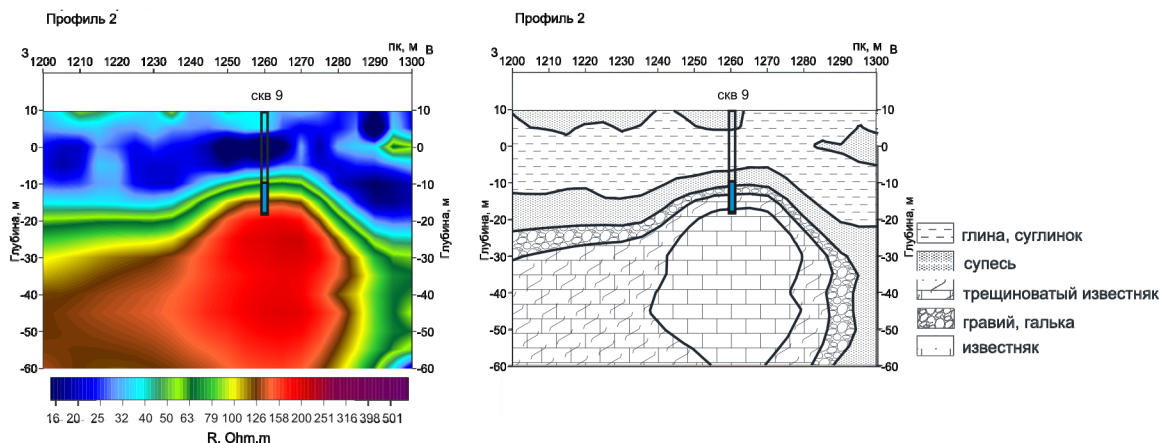


Рис. 10 Геоэлектрический и геологический разрезы по участку профиля 2, пикеты 1200-1300 м.

С учетом геологической информации на данном участке были выделены несколько интервалов сопротивлений, а именно: до 32 Ом.м (данный интервал соответствует отложениям глин и суглинков), 32-70 Ом.м (супеси), 70-100 Ом.м (гравийно-галечный слой), 100-150 Ом.м (трещинные известняки), более 150 Ом.м (неизмененные известняки).

Пример петрофизической интерпретации (профиль 2 близ скважины 9 пикеты 1200 – 1300 м).

Для пересчета геоэлектрического разреза в петрофизический были выбраны значения пористости глины 55% и песка 25%, при солёности около 0.4 г/литр.

Значения глинистости для верхней части разреза меняется в пределах от 14-50%, что соответствует значениям глинисто-суглинистых отложений. Далее идет слой с 4-14% глинистости, который отвечает супесям. Ниже по разрезу глинистость менее 3-4% что соответствует гравийно-галечным отложениям и известнякам. По параметру глинистости они не разделяются.

Выводы

Сопоставив априорную геологическую информацию и все полученные в результате расчетов данные, было сделано предположение о наличии двух водоносных горизонтов (1-й соответствует гравийно-галечным отложениям, 2-й - трещинным известнякам), которые зачастую сливаются в один.

Были выделены перспективные участки для заверочного бурения (пример на рис.12).

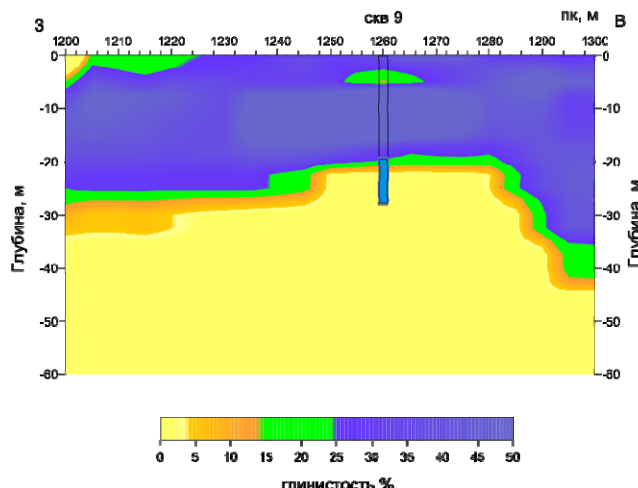


Рис. 11 Разрез глинистости по участку профиля 2, пикеты 1200-1300 м.

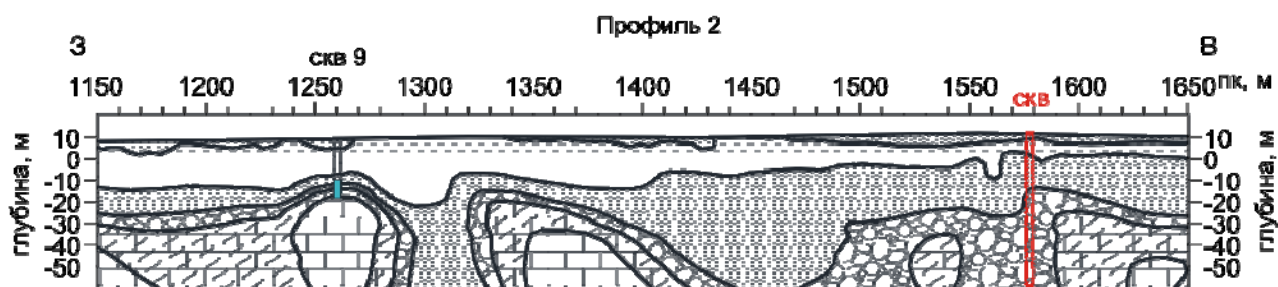


Рис. 12 Геологический разрез по участку профиля 2; красным цветом обозначено место, рекомендуемое для бурения скважины.

Литература

Матвеев В.С., Рыжов А.А. Геофизическое обеспечение региональных гидрогеологических, инженерно-геологических, геокриологических и геоэкологических исследований. 2006, Разведка и охрана недр, 2006, N 2, с.50-57.

Никулин Б. А., Горбачев Ю. И., Рослов А. Г., Филонов В. А. Анализ недробленных кернов экспрессными физическими методами. Разведка и охрана недр. 1989, 1, с.4649

Рентгеноспектральный анализатор БАРС-3. Информация о приборе.

Рыжов А.А., Судоплатов А.Д. Расчет удельной электропроводности песчано-глинистых пород и использование функциональных зависимостей при решении гидрогеологических задач. // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр. М., 1990. С. 27-41.

Shevnin V., Mousatov A., Ryjov A. and Delgado-Rodriguez O. Estimation of clay content in soil based on resistivity modelling and laboratory measurements. Geophysical Prospecting, 2007, 55, p.265-275

Shevnin V.A., Mousatov A.A., Ryjov A.A. & Delgado- Rodriguez O., Petrophysical Analysis of Resistivity Data. – 14th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Near Surface Geophysics 2008 Kraków, Poland, 15 - 17 September 2008, 4 pp.

Контактная информация

Квон Дина Аркадьевна kvonchikc@rambler.ru

Шевнин Владимир Алексеевич shevningvlad@yandex.ru

Рыжов Альберт Алексеевич albert-ryjov@rambler.ru