

УДК 550.83:624.19

ВОПРОСЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ТОННЕЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Дмитриев Ю.Ю.

(ООО «НК «Роснефть» - НТЦ», г. Краснодар,
Российская Федерация)

Комплексування геофізичних методів під час тунельних досліджень є дуже важливим, але не до кінця вирішеним питанням. На конкретних прикладах показана висока ефективність спільних робіт методами сейсмозвідки (сейсмічного просвічування) й електророзвідки зондуванням становленням поля за методикою перехідних процесів, у тому числі і з поверхні води.

Complexation geophysical methods in researches of headings is very important, but not completely agreed question. The significant effectiveness of interaction seismic methods and electromagnetic methods including the exploration from the water surface illustrated by the examples of concrete researches.

Вопросам комплексирования геофизических методов для тоннельного строительства, учитывая многообразие форм опасных геологических процессов (ОГП) и их возможные катастрофические последствия при строительстве и эксплуатации тоннелей ранее уделялось большое значение. В последние годы комплексный подход во многом утратил свои позиции. Это, по-видимому, связано с раздробленностью геофизических служб и преимущественной ориентацией на 1-2 метода, которые находятся в компетенции исполнителей. Кроме того, появились и развиваются новые геофизические технологии, претендующие на абсолютность и самодостаточность. Нередки случаи сокращения видов и объемов геофизических работ с целью экономии средств

на изыскания. Такой подход может привести к серьезным просчетам при проектировании, так как геофизические исследования, как правило, являются основным источником информации по всему разрезу. Зачастую в инженерных изысканиях очень важное и определяющее понятие «горная порода» заменяется названием «инженерно-геологический элемент или грунт». Необходимо отдавать себе отчет, что объектом изучения при тоннельных изысканиях является весь «горный массив» во всем его многообразии и своими особенностями проявления ОГП. Изучение грунтовых условий является только частью тоннельных изысканий. Важно изучить и понять закономерности и модель поведения горной толщи, являющейся достаточно сложной и динамичной системой.

Комплекс геофизических методов может быть самым разнообразным, если он отвечает следующим требованиям: непрерывность и высокая детальность расчленения разреза; глубинность исследований в отдельных случаях должна составлять 300-400 м и более; измерения проводятся и в горной местности, с высокоградиентным рельефом, и с поверхности воды (на подводных переходах) в любых геологических условиях; возможность производства площадных работ и геофизического сопровождения в процессе строительства тоннелей и мониторинга ОГП.

Основные задачи геофизических исследований: литологическое расчленение разреза; изучение тектонических, гидрогеологических, структурных и сейсмических условий; определение газоносности; обследование склоновых процессов на порталах; выявление зон напряженного состояния и определение динамических характеристик пород. Данная информация является определяющей при составлении сводного геологического разреза с выделением конкретных интервалов ОГП по створу проектируемого тоннеля. Решение таких задач невозможно обеспечить только традиционными методами ВЭЗ и КМПВ. Именно на тоннельных изысканиях для получения достоверной и объемной информации применяются более трудоемкие и ставшие «экзотичными» в современных изысканиях методы: площадные зондирования становлением поля до глубины 300-400 м, сейсмическое просвечивание на продольных и поперечных волнах, сейсморазведка МОВ ОГТ, разнообразные методы каротажа, эманационные съемки,

многоканальные сейсмоакустические зондирования и импульсная электроразведка с поверхности воды, ЕИЭМПЗ, шахтная сейморазведка и сейсмоакустика и др.

Анализируя имеющийся опыт, можно констатировать, что достаточно высокая эффективность геофизических исследований обеспечивается при комплексировании методов сейсмического просвечивания, сейморазведки ОГТ, электромагнитного зондирования становлением поля [1] и каротажа. Остальные методы имеют вспомогательный характер, и их использование определяется особенностями строения исследуемой горной толщи и характером решаемых задач.

Методы сейсмического просвечивания позволяют исследовать очень сложные по строению сейсмогравитационные и сеймотектонические срывы, развивающиеся в коренных породах. Наиболее интересные данные получены при просвечивании из тоннелей на дневную поверхность. Возможны также варианты проведения сейсмического просвечивания с учетом рельефа местности и из пробуренных скважин на дневную поверхность. При просвечивании из тоннелей возбуждение упругих колебаний осуществляется по обделке, а регистрация на земной поверхности таким образом, чтобы сейсмические лучи пересекались в как можно большем объеме исследуемого горного массива, что обеспечивает высокую плотность частных значений сейсмических параметров в единице объема исследуемого горного массива. При просвечивании из скважин регистрирующая система помещается в скважинах, а возбуждение осуществляется на поверхности земли на различном удалении по радиальной схеме по нескольким азимутам. Метод ОГТ при благоприятных горно-геологических условиях также следует отнести к категории важных и обязательных. Вопросы выбора обрабатывающих комплексов сейморазведочных данных имеют особое значение при тоннельных изысканиях, так как они должны обеспечивать объемность и многопараметровость геофизической информации о строении горного массива. Безусловно, это должны быть программы сейсмической томографии, например "ХТомо", которая была разработана в ФГУНПП «СевМорГео», С-Петербург.

Из методов электроразведки необходимо выделить, прежде

всего, электромагнитные зондирования в различных модификациях, обеспечивающие возможность площадных работ на большие глубины (300-500 м), обладающие высокой пространственной детальностью и не зависящие от условий заземлений, анизотропии среды и рельефа местности. Метод зондирований становлением поля в ближней зоне по методике переходных процессов (ЗСБ-МПП) отвечает таким требованиям. Он основан на возбуждении в горных породах переменных электромагнитных полей с помощью незаземленной генераторной петли и регистрации процесса становления поля после каждого импульса тока с помощью многовитковой приемной антенны. Зондирования до глубин 300-500 м выполняются в модификации с закрепленным источником (ЗС-ЗИ-МПП) при размерах генераторной антенны до 500x500 м с согласованием генератора и измерителя с помощью спутниковой системы GPS. Такая система наблюдений позволяет проводить площадные исследования при фиксированном положении генераторной петли за счет измерений по произвольной траектории, как в самой петле, так и на некотором удалении от нее [2].

Методы каротажа также следует отнести к очень важным и информативным при тоннельных изысканиях, особенно если они дополнены расходометрией, резистивиметрией, гамма-гамма плотностным и сейсмическим каротажем.

В качестве примера удачного комплексирования можно привести результаты ЗСБ-МПП и сейсмического просвечивания на одном из строящихся тоннелей на Северо-Западном Кавказе. По данным электроразведки ЗСБ-МПП (рис. 1) удалось изучить поведение Воронцовского надвига, имеющего сложное строение, в теле которого проходит тоннель, исследовать структурно-тектонические особенности всей горной толщи, оценить ОГП на припортальных участках. Данные сейсмического просвечивания (рис. 2) подтвердили материалы электроразведки и дополнительно позволили оценить напряженно-деформационное состояние массива.

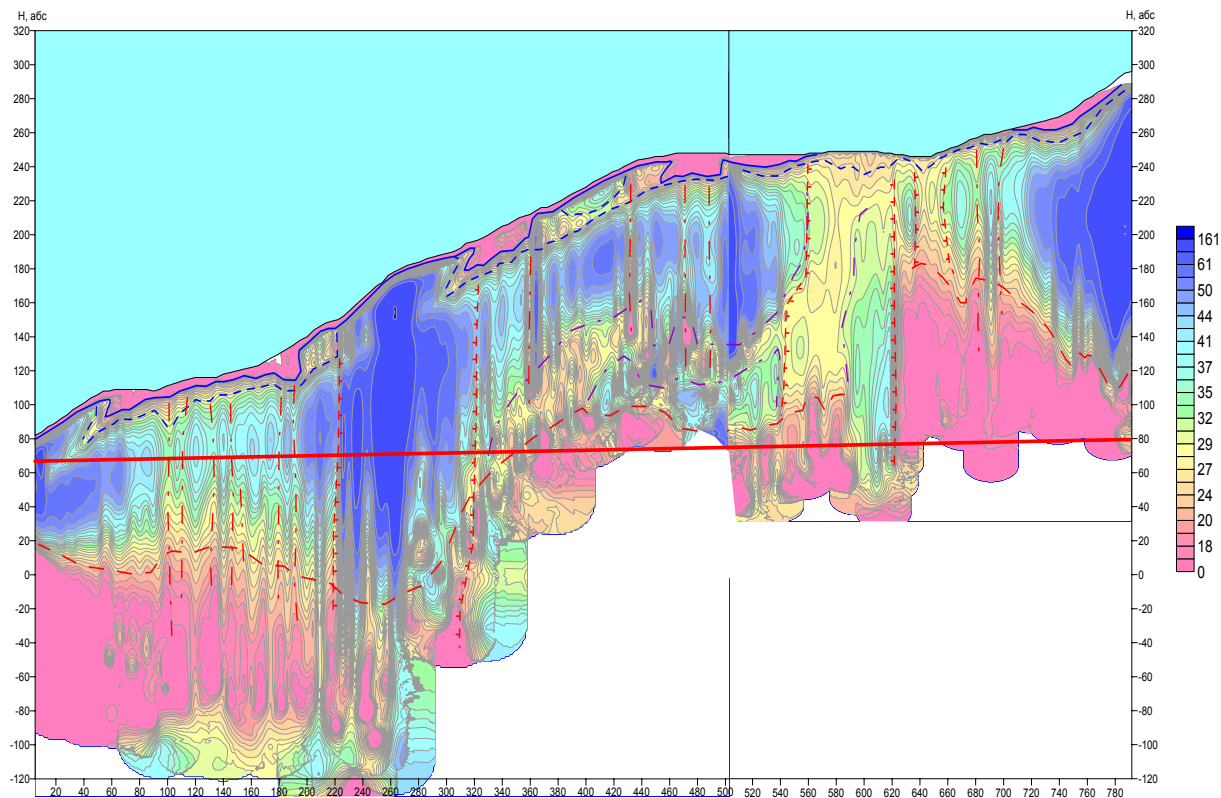


Рис. 1. Фрагмент разреза удельных электрических сопротивлений по данным ЗСБ-МПП. Генераторная антенна 200 x 200 м. Северо-Западный Кавказ, 2005 г

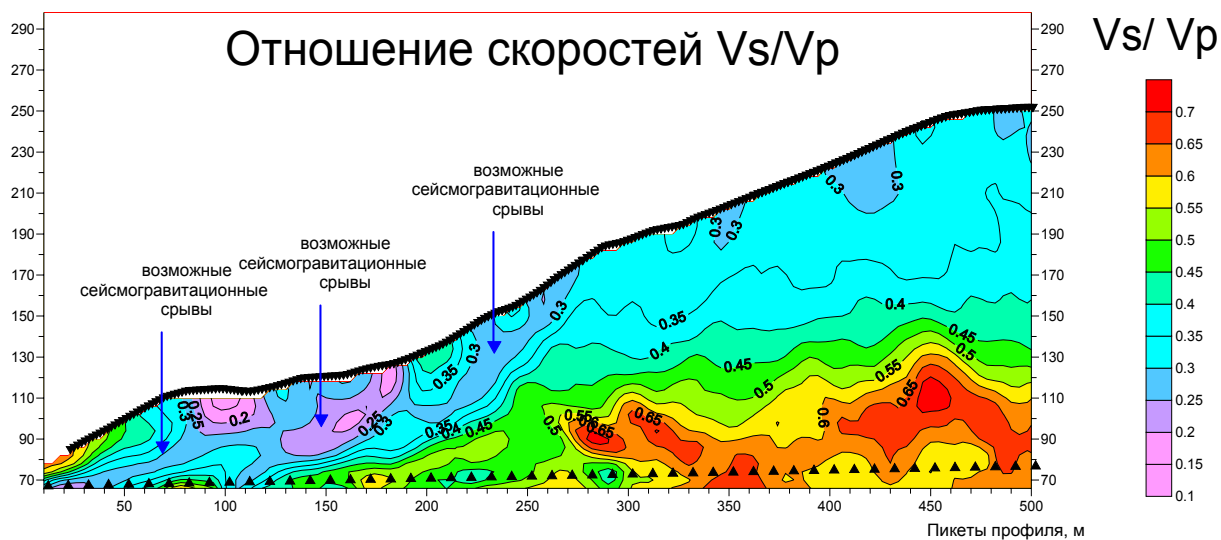


Рис. 2. Фрагмент профиля сейсмического просвечивания из тоннеля на дневную поверхность. Северо-Западный Кавказ, 2005 г

Важным элементом тоннельных изысканий является проведение геофизических исследований с поверхности воды при проектировании подводных переходов. В этом направлении комплексирования геофизических методов возникают дополнительные проблемы, круг применяемых методов существенно сужается. Фактически ставится вопрос о разработке современных технологий инженерно-геофизических работ на акваториях путем разработки новых методов и адаптации известных. Кроме того, особенностью изысканий на подводных тоннельных переходах является обеспечение высокой пространственной детальности исследований и высокого глубинного разрешения разреза, которые можно реализовать только в режиме непрерывного сканирования по площади с очень высокой плотностью измерений. Не все геофизические методы обладают такими качествами или адаптированы под измерения с поверхности воды при глубинности исследований 30 -50м. Для работ на реках сложно рекомендовать ВЭЗ или электротомографию по причине течений до 1м/с и более. Генераторно-измерительная установка должна быть достаточно компактной, чтобы исключить вариации геометрического фактора. Поэтому, в 2002 году автором была предложена установка электромагнитного сканирования в соосном варианте, которая была улучшена (рис. 3) в 2004 году (патент РФ № 52199, Дмитриев Ю.Ю., Тригубович Г.М.).



Рис. 3. Соосная генераторно-измерительная установка электромагнитного сканирования

Такая система измерений позволяет реализовать режим сканирования (непрерывной записи в движении) по любой траектории с высокой плотностью точек наблюдений (расстояние между точками зондирования менее 1 м). Буксировка производится с помощью моторной лодки или маломерного катера. Данная технология опробована (рисунки 4, 5) на многих крупных реках РФ (Амур, Уссури, Ангара, Ока, Кубань, Нюя, Белая и др.).

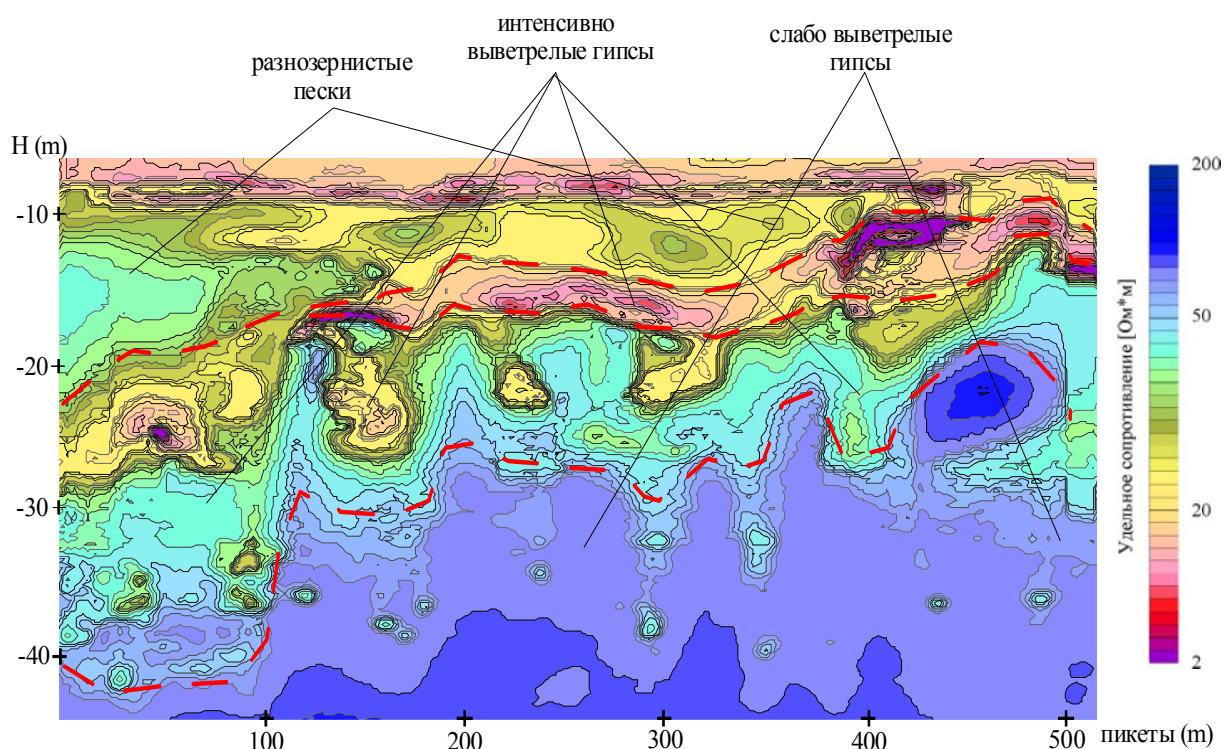


Рис. 4. Разрез удельных электрических сопротивлений на переходе через реку Ока, полученный методом электромагнитного сканирования. Момент генераторной антенны 100 м^2 . Ток 40А

Из методов сейсморазведки для проведения непрерывного сканирования разреза с поверхности воды можно рекомендовать разработку ООО «Деко-проект» г. Москва, основанную на 16-канальном сейсмоакустическом профилировании по системе ОГТ с импульсным электродинамическим излучателем «бумер» и электроискровым излучателем «спаркер».

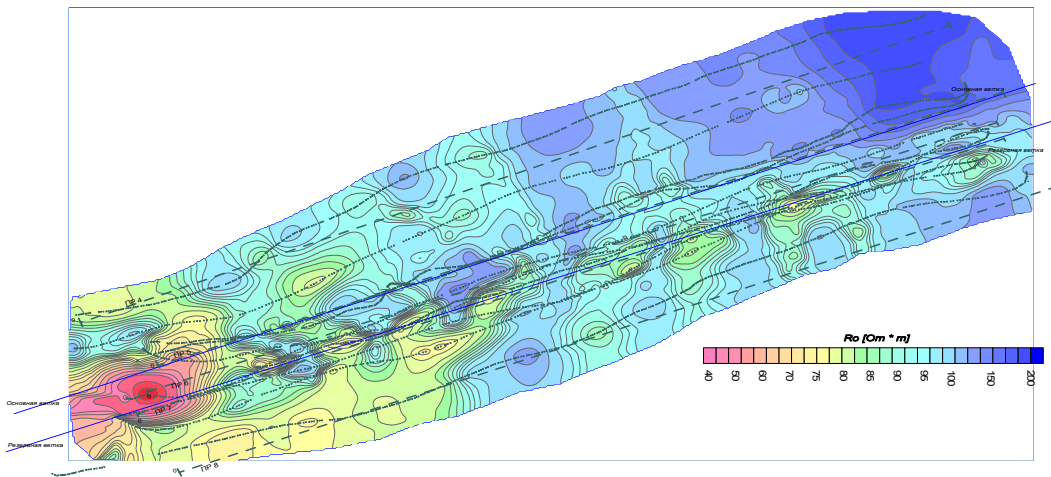


Рис. 5. План распределения удельных электрических сопротивлений на глубине 30м от поверхности воды по данным электромагнитного сканирования на реке Ангара

Следует отметить, что в задачи комплексирования входит не только подтверждение данных, полученных другими методами, но и получение дополнительных сведений о состоянии горного массива, в частности о прочностных характеристиках пород в ненарушенном состоянии. В этом плане, методы сейсморазведки при их реализации с поверхности воды в режиме сканирования требуют своего дальнейшего методического и аппаратного развития.

Приведенные примеры комплексирования геофизических методов для целей тоннельного строительства представляются достаточно информативными и обоснованными, как по технологии полевых работ, так и по геологическому истолкованию полученных материалов.

Выводы: При комплексировании геофизических методов для тоннельных изысканий наиболее эффективными и информативными можно считать методы электромагнитных зондирований, в различных модификациях, и сейсмического просвечивания, опирающиеся на результаты каротажа в пробуренных скважинах. При работах на акваториях методы сейсморазведки требуют дальнейшего развития.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Ю.Ю. Дмитриев. Опыт применения электромагнитных зондирований становлением поля при инженерно-геологических изысканиях. / Разведка и охрана недр. № 12, М., 2004 г.
2. Ю.Ю. Дмитриев. Исследование массива горных пород методом электромагнитных зондирований становлением поля / Материалы международной научно-технической конференции «Горная геология, геомеханика и маркшедерия»/. Сборник научных докладов НАН Украины, УкрНИМИ, Донецк, 2004 г.