

**В.В.ГЛАЗУНОВ**, д-р техн.наук, профессор, [VVGlazounov@mail.ru](mailto:VVGlazounov@mail.ru)  
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)  
**Н.Н.ЕФИМОВА**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., [NataFima@mail.ru](mailto:NataFima@mail.ru)  
ФГУНПП «Севморгео», Санкт-Петербург

**V.V.GLAZOUNOV**, Dr., tech. Sci., Professor, [VVGlazounov@mail.ru](mailto:VVGlazounov@mail.ru)  
Saint-Petersburg State Mining Institute (Technical University)  
**N.N.EFIMOVA**, PhDr.tech. Sci., Senior Research Fellow, [NataFima@mail.ru](mailto:NataFima@mail.ru)  
State Enterprise «Sevmorgeo», Saint-Petersburg

## ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА И ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены современные направления георадиолокационных исследований и намечены перспективы развития метода георадиолокации при инженерно-геологических изысканиях, поисках и разведке месторождений строительных материалов, неразрушающем контроле инженерных сооружений.

**Ключевые слова:** георадар, метод георадиолокации, геологический разрез, инженерные сооружения, инженерно-геологические изыскания, месторождения строительных материалов, неразрушающий контроль, инженерная геофизика.

## GEORADAR INVESTIGATIONS OF SHALLOW DEPTH OF GEOLOGICAL SECTION AND ENGINEERING CONSTRUCTIONS

The GPR-method showing high resolution, great performance and sensitivity to minor variations in the composition and conditions of soils and material has assumed a role of the leading geophysical method for looking at the upper part of the geological section. This paper presents the advanced directions of GPR application for engineering problems solution.

**Key-words:** Georadar, GPR-method, the geological section, engineering constructions, geological investigation, sandstone deposits, non-destructive control, engineering geophysics.

Современные требования к геофизической информации, получаемой при исследованиях состояния зданий и сооружений различного назначения, подземного пространства городов и приповерхностной части геологического разреза, достаточно высоки. Геофизическое отображение структуры изучаемого объекта должно быть близко к оптическому. Технология, способная решить эти задачи, должна обеспечивать большую чувствительность к изменениям состава и состояния среды, высокое пространственное разрешение, пониженные требования к контакту датчиков с изучаемым объектом и высокую производительность. Среди существующих в настоящий момент наземных геофизических методов ис-

следований такими возможностями в наибольшей степени обладает метод георадиолокации [4]. Круг задач, для решения которых метод георадиолокации является эффективным или практически безальтернативным, обширен и хорошо известен специалистам [1, 2]. Опыт, накопленный нами, позволяет наметить в этих уже сформировавшихся областях некоторые перспективные направления развития метода георадиолокации.

**Инженерно-геологические изыскания.** Традиционной сферой применения метода георадиолокации является изучение верхней части геологического разреза. Этот метод существенно превосходит традиционные геофизические методы по качеству и

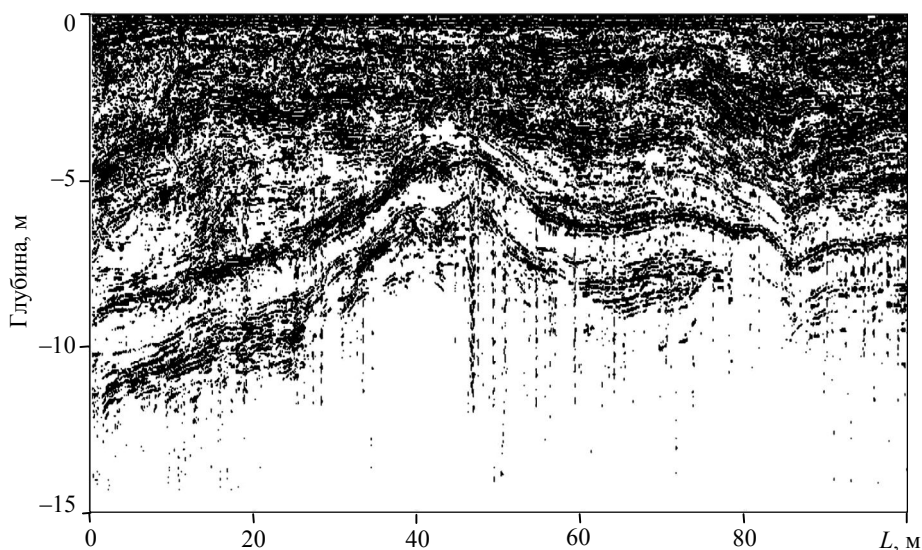


Рис.1. Фрагмент георадарограммы месторождения песка

достоверности получаемой геологической информации о песчаных разрезах (рис.1). Хорошо известно, что эффективность метода георадиолокации существенно ограничена при изучении геологических разрезов, сложенных глинистыми породами. В этом случае его необходимо применять совместно с методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Главными достоинствами метода георадиолокации, как известно, являются высокая пространственная разрешающая способность и практически адекватное отображение на георадарограммах особенностей геологического строения изучаемого разреза. Метод ВЭЗ не обладает такой разрешающей способностью, но обеспечивает большую, чем метод георадиолокации, глубину изучения геоэлектрического разреза. Данные каждого метода характеризуют пространственное распределение разных геоэлектрических свойств грунтов: метод георадиолокации дает информацию о комплексной диэлектрической проницаемости грунтов, а метод ВЭЗ – об удельном электрическом сопротивлении. Использование комплексной информации о геоэлектрических свойствах грунтов в сочетании с достоинствами обоих методов позволяет существенно повысить эффективность малоглубинной электроразведки. Совместная интерпретация полученных данных открывает возможность построения комплексной двумерной гео-

электрической модели, отражающей строение геологического разреза с максимальной детальностью. Комплексная интерпретация данных методов ВЭЗ и георадиолокации позволяет выявлять тонкие слои линзы слабых глинистых грунтов.

**Месторождения строительных материалов.** Высокая эффективность метода георадиолокации при поисках месторождений песка и песчано-гравийных материалов (ПГМ) хорошо известна. Этот метод существенно превосходит традиционные геофизические методы по качеству и достоверности получаемой геологической информации. Зачастую георадарная съемка может заменить бурение. Накопленный опыт позволяет рекомендовать применение метода георадиолокации на стадии как разведки, так и разработки месторождений ПГМ. Однако имеющиеся материалы показывают, что, несмотря на высокую эффективность метода георадиолокации, полноценное решение геологических задач часто возможно только с привлечением данных ВЭЗ. Актуальность применения описанных выше принципов комплексирования методов георадиолокации и ВЭЗ сохраняется и в этом случае. Не менее перспективным является также развитие методов моделирования комплексной диэлектрической проницаемости дисперсных грунтов с помощью алгоритмов Мадена-Вильямса, с целью ис-

пользования теоретических зависимостей для оценки гранулометрического состава песчано-гравийных отложений.

Приведенные нами эксперименты на месторождениях гранитов показали, что метод георадиолокации является фактически безальтернативным для оценки состояния массива скальных пород. Главной задачей изучения массивов скальных пород является оценка их трещиноватости и блочности. Экспериментальные работы на гранитных карьерах Ленинградской области показали, что метод георадиолокации обеспечивает выявление отдельных трещин и зон трещиноватости. Дальнейшее развитие возможностей метода в данном направлении связано с использованием материалов георадарной съемки для выбора оптимального расположения карьера, способа его обработки и для оценки крупности добываемых блоков, т.е. оценки продуктивности данного месторождения.

**Автомобильные и железные дороги.** Уже не вызывает сомнений тот факт, что метод георадиолокации дает предварительные, но достаточно объективные данные о состоянии автомобильных дорог и позволяет выполнить промеры мощностей конструктивных слоев дорожной одежды; оценить степень однородности грунтов основания и насыпи дороги; выявить недоуплотненные и переуплотненные зоны в грунте земляного полотна; обнаружить железобетонные плиты, расположенные под асфальтобетоном, и определить их тип; выявить на ранних стадиях области формирования дефектов и пустот в основании земляного полотна; установить вероятные причины нарушений и просадок дорожных покрытий, возникающие в процессе эксплуатации дороги; контролировать качество дорожно-строительных работ и выявлять брак, допущенный в процессе их проведения (рис.2).

Усиление роли георадиолокации связано также с тем, что бурение является трудоемким, затратным и неэффективным методом обследования дорожной одежды, к тому же в конструкцию насыпи современных дорог включены дорогостоящие пленки из полимерных материалов, нарушение целостности которых в результате буровых работ

недопустимо. В этом случае технология георадиолокации является практически единственной возможностью оценки качества построенной автодороги [3].

При обследовании железных дорог георадиолокационная съемка, выполняемая с подвижного состава, позволяет: изучать строение и состояние инженерно-геологического разреза балластной призмы и земляного полотна и локализовать неоднородности, обуславливающие возникновение повышенной или неоднородной деформативности земляного полотна. Результаты метода георадиолокации дают достаточно полную картину состояния подшпального основания и позволяют определить конкретные меры по своевременному устранению дефектов земляного полотна и обеспечению безаварийной работы железнодорожного пути.

**Железобетонные и бетонные конструкции.** Метод георадиолокации позволяет изучать пространственное распределение электромагнитных свойств бетона в объеме крупных железобетонных и бетонных конструкций. На основании этих данных можно судить о степени трещиноватости, пористости, влажности, минерализации воды, заполняющей поры, и о прочностных характеристиках бетона. Наибольшая влажность бетона конструкций, расположенных ниже уровня грунтовых вод, наблюдается в дефектных зонах, связанных, прежде всего, с трещинами и пустотами бетона, заполненными водой, насыщенной продуктами выщелачивания бетона и оксидами железа. Поскольку электромагнитные свойства монолитного и дефектного бетона отличаются, по данным георадиолокационного метода можно обнаруживать фильтрационные течи и дефектные зоны.

Работы, выполненные совместно с сотрудниками отдела цементации ВНИИГ им. Веденеева, позволили наметить ряд перспективных направлений развития метода георадиолокации при обследовании тоннелей и гидротехнических сооружений. Так, данные георадиолокации, позволяют оптимизировать ремонтные работы методом цементных инъекций за счет локализации дефектных мест в обследуемых конструкциях. После образования цементного камня, формирующегося в результате це-

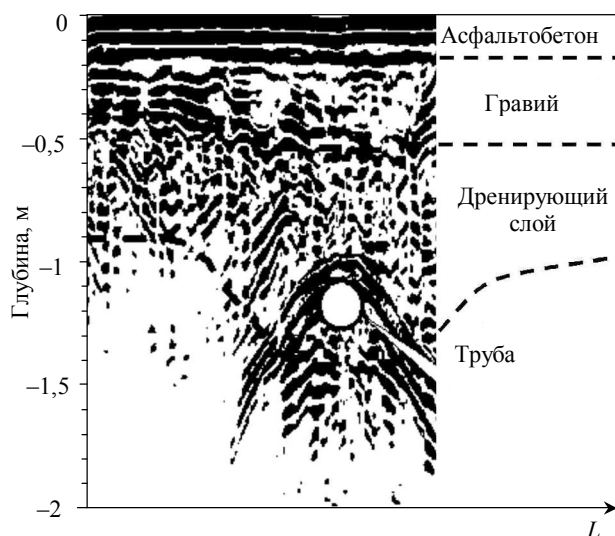


Рис.2. Георадарограмма и разрез дорожной одежды по данным метода георадиолокации

ментных инъекций, бетон омоноличивается, что приводит к изменениям его электромагнитных свойств. Отслеживая изменения волнового электромагнитного поля, обусловленные этими факторами, можно составить представление о местах формирования цементного камня, т.е. судить об эффективности и достаточности выполненных инъекций. Отметим, что метод георадиолокации является косвенным, вспомогательным методом диагностики, и в отличие от прямых методов определения прочностных свойств бетона позволяет дать только качественную оценку его состояния (рис.3). Для получения количественных оценок необходимо иметь экспериментальные зависимости электрофизических характеристик бетона от прочностных свойств. Перспективным для решения этой задачи представляется комплексирование метода георадиолокации с традиционными акустическими методами исследования бетона.

Сейчас можно констатировать, что высокую эффективность метода георадиолокации при решении задач инженерной геофизики осознали не только геофизики, но и заказчики работ. Поэтому спрос на георадиолокационные технологии высок и будет неизменно увеличиваться.

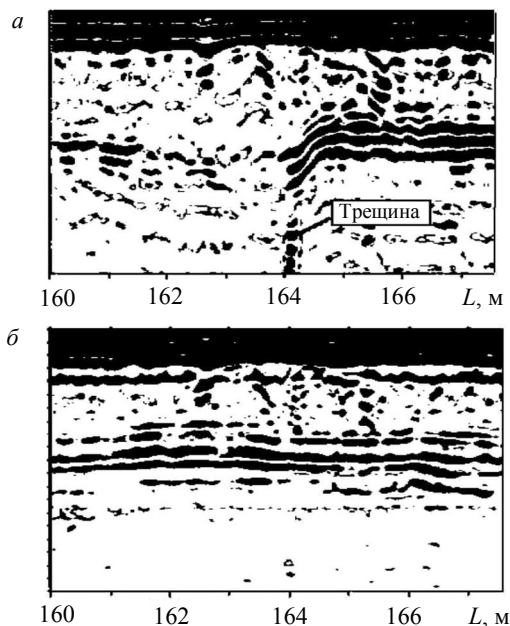


Рис.3. Фрагменты георадарограмм дорожного основания автодорожного подводного тоннеля до (а) и после (б) цементации

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Владов М.Л. Введение в георадиолокацию. Учебное пособие / М.Л.Владов, А.В.Старовойтов. М.: Изд-во МГУ, 2004. 153 с.
2. Глазунов В.В. Некоторые перспективные направления развития метода георадиолокации в инженерной геофизике / В.В.Глазунов, Н.Н.Ефимова // Тезисы конференции «Георадар-2002». М.: Изд.-во МГУ, 2002. С.1-4
3. Глазунов В.В. Оценка состояния конструктивных слоев и земляного полотна автодорог по данным георадиолокации / В.В.Глазунов, Н.Н.Ефимова // Разведка и охрана недр. 2001. № 3. С.39-42.
4. Подповерхностная радиолокация / М.И.Финкельштейн, В.И.Карпучин, В.А.Кутев, В.Н.Метелкин Под. Ред. М.И.Финкельштейна. М.: Радио и связь, 1994. 216 с.

#### REFERENCES

1. Vladov M.L. Introduction to GPR-prospecting / M.L.Vladov, A.V.Starovoytov. Moscow, MSU, 2004. 153 p.
2. Glazounov V.V. Some perspective directions of GPR prospecting for engineering problems solution / V.V.Glazounov, N.N.Efimova // Theses of Conference «Georadar-2002». Moscow, MSU, 2002, pp.1-4.
3. Glazounov V.V. Estimation of construction and base of autoroads on the basis of GPR-data / V.V.Glazounov, N.N.Efimova // Journal «Prospecting and Protection of Subsoil», 2001, N3, pp.39-42.
4. Near-surface GPR-method / M.I.Finkelshtane, V.I.Karpuchin, V.A.Kutev, V.N.Metelkin. Edited by M.I.Finkelshtane. Moscow, Radio and Connection, 1994. 216 p.