

## **Применение георадаров для решения задач экологии**

В.Н. Марчук

ФИРЭ им.В.А.Котельникова РАН, [Marchuk@ms.ire.rssi.ru](mailto:Marchuk@ms.ire.rssi.ru)

*Рассмотрена возможность применения георадаров для решения задач экологии, приведены практические примеры, подтверждающие эту возможность.*

*The possibility of ground penetrating radars using for solving ecology problems is considered. Practical examples are given to confirm this possibility.*

Георадиолокация является наиболее быстро развивающимся методом в сфере инженерно-геофизических исследований. В ней удачно соединились достоинства высокочастотной импульсной электроразведки и передовые технологии сейсморазведки.

Георадиолокационный метод является, самым производительным и технологичным среди других геофизических методов, применяемых для решения инженерно-геологических, гидрогеологических, экологических и геотехнических задач [1-3].

Основой метода георадиолокации является отражение электромагнитной волны от границ между средами, имеющими различные диэлектрические свойства [4-8]. Расположенная на поверхности изучаемой среды передающая антенна излучает импульс радиоволн высокой частоты - от десятков МГц до единиц ГГц. Проходя в среду через приповерхностные слои, некоторая часть энергии волны отражается от слоев с разной диэлектрической проницаемостью. На этом явлении основан метод обнаружения инородных предметов в исследуемой среде.

Георадар представляет собой универсальный геофизический прибор глубинного подповерхностного радиозондирования, который можно применять в строительстве автомобильных дорог [9], археологии [10], геологии [4, 11], оборонной промышленности, гражданском и промышленном строительстве. Использование георадаров в геологии обусловлено необходимостью построения геологических разрезов. Кроме того, данное устройство позволяет определить уровень грунтовых вод [12], профиль и глубину дна водоемов [13-15], толщину льда [16,17], границы распространения залежей полезных ископаемых [11]. При помощи георадара можно выявить участки появления опасных геологических процессов [4] (оползней, суффозии, карстовых пустот).

Главными преимуществами георадаров являются возможность обследования без нарушения целостности грунта, мобильность и высокая скорость проведения работ, возможность осуществления работ на разных поверхностях (земля, снег, лед, фундамент, асфальт, пересеченная местность), компактность, возможность построения 3-хмерной модели объекта. Кроме того, для обслуживания георадара нужно не больше двух-трех человек.

Коммунальным службам георадар нужен для поиска и определения сетей, коммуникаций [18]. Последние могут быть как металлическими, так и пластиковыми. Найти и определить глубину залегания канализационных систем, водопроводов или газопроводов, выполненных из пластика, можно лишь при помощи георадара, который окажет неоценимую помощь в определении мест утечек и несанкционированных врезок. Прибор позволяет выявить огрехи дорожных строителей: просканировав георадаром дорожное полотно можно увидеть, соответствует ли оно проекту и обнаружить глубинные трещины.

Радиолокационный прибор поверхностного зондирования нашел свое применение и в экологии [19,20]. Здесь его используют, когда нужно оценить уровень загрязненности почвы, найти утечку в нефте- или газопроводе [2, 21], обнаружить места захоронения отходов [22,23], являющихся опасными с точки зрения экологии.

Кроме того, георадар может использоваться для решения следующих задач, тесно связанных с задачами экологии - обследование инженерных сооружений с целью обнаружения нарушения штатной ситуации, поиск локальных и протяженных объектов:

- трубопроводов;
- кабелей;
- участков разреза с нарушенным естественным залеганием грунта – рекультивированных земель, засыпанных выемок;
- погребенных отходов и захоронений;
- подземных выработок, подвалов, карстовых и суффозионных провалов;
- границ распространения углеводородных загрязнений;
- поиск скрытых нарушений в стенах наземных сооружений, шахт, тоннелей, в опорах и перекрытиях;
- поиск нарушений, возникших в процессе строительства или в процессе эксплуатации в конструкции автомобильных и железных дорог, взлётно-посадочных полос аэродромов и т.д., для предотвращения катастроф с возможными экологическими последствиями.

На основе многолетних теоретических и экспериментальных работ в ИРЭ РАН и СКБ ИРЭ РАН разработан ряд многоцелевых многодиапазонных георадаров серии «Герад» (Рис.1) для применения в геологических и планетологических изысканиях, инженерно-строительных работах, диагностике дорожных покрытий, криминалистике, археологии, экологии и других областях [10,15,19,29-31].

При проведении экологической оценки георадар используется для осуществления общего георадарного обзора местности, георадарной оценки земельного участка, георадарной разметки мусорной свалки, поиска и определения параметров подземных резервуаров и составления карты уровня грунтовых вод.

Проводимое георадаром подповерхностное зондирование грунта принципиально для его полной экологической оценки. Георадары предоставляют неразрушающий метод исследования таких экологических рисков, как загрязнение почвы, подземные баки и бочки. Георадаром определяются места свалок и пути потока загрязняющих веществ. Георадар позволяет проводить гидрогеологические исследования, например, создание карты уровня грунтовых вод, определение зоны санитарной охраны источника. Благодаря георадару, в ходе проведения инженерно-экологических изысканий, не нарушая целостности среды, определяются характеристики почв и грунтов. В конечном счёте, георадар позволяет уже на основе полученной им радарограммы говорить о жизнеспособности экосистемы в целом.

Георадары используются экологами и агентами по земельной собственности для оценки перспектив перепланировки и новой застройки. При этом георадар позволяет выполнять неразрушающее исследование поверхности при небольших затратах.

Георадары, индукционные системы и другие геофизические методы используются экологами для инженерно-экологических изысканий по определению границ заброшенных свалок и положения загрязнённых почв, что ложится в основу мониторинга химического загрязнения почв.

Георадары и индукционные системы используются инженерами-строителями, экологами и специалистами по улучшению состояния окружающей среды для определения положения и влияния на среду подземных резервуаров.

Хорошо известны примеры применения георадаров наземного и вертолетного базирования [32-35] для обследования состояния вечной мерзлоты для обнаружения и предотвращения заболачивания, возникающего в результате нарушения верхнего слоя почвы тундры при прокладке трубопроводов.

На Рис.2 приведен результат обследования состояния подземных коммуникаций с целью обнаружения протечек по наличию обводнений на отдельных исследуемых участках грунта. Аналогичным же образом можно исследовать окрестности газо и нефтепроводов, т.к. газовый конденсат и нефтепродукты при вытекании из поврежденного трубопровода существенно изменяют диэлектрические свойства грунта и, следовательно, могут обнаруживаться георадиолокационными методами.

Георадарные обследования водоемов позволяют оценить степень загрязненности воды промышленными отходами и состояние дна: уровень донных отложений и наличие погребенных объектов техногенного характера. На рис.3 представлены результаты зондирования озера Большого в г.Фрязино. Исторически известно, что озеро Большое образовалось на месте затопленных торфоразработок. Эксперимент проводился с целью оценивания мощности торфяных пластов на дне озера. Профилирование дна озера проводилось с надувной резиновой лодки на 500-метровом участке от берега озера до острова. По результатам профилирования можно сделать следующие выводы: глубина озера на выбранном участке достигает 4,7 м, а толщина донных отложений (предположительно торфяных пластов) достигает почти 1,5 м на глубоководных участках.

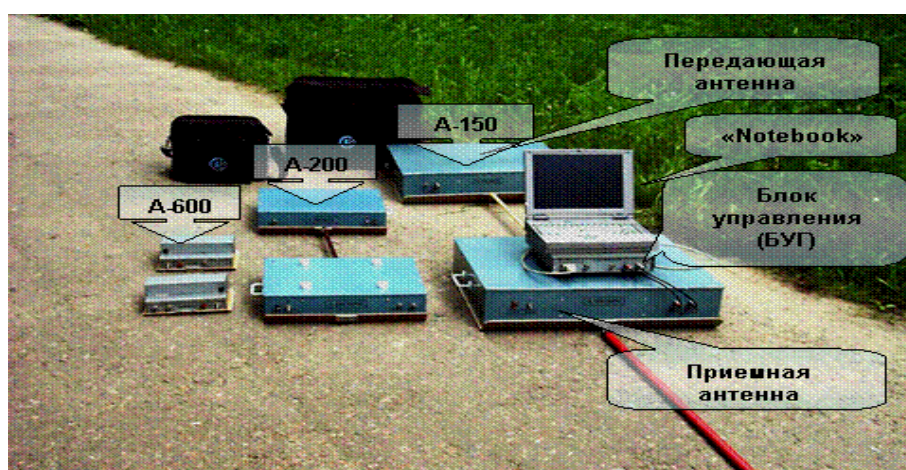


Рис.1. Георадары серии «Герад».



Рис.2. Результат обследования состояния подземных коммуникаций георадаром Герад-3.



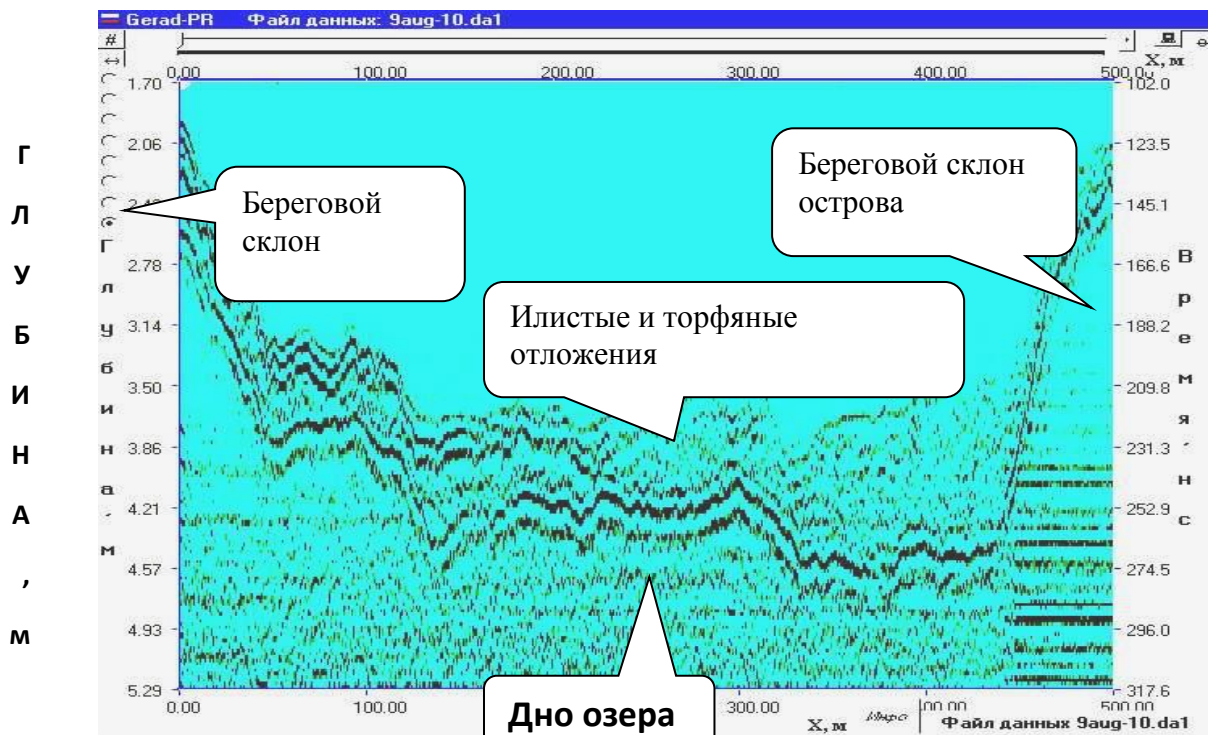


Рис.3. Результаты профилирования дна озера большое георадаром Герад 3 (200 МГц).

### Литература

1. Л.М. Кульницкий., Владов М.Л., Модин И.Н. и др. Состояние и перспективы георадиолокации. // Тезисы докладов, Москва, МГУ, 15-19 мая 2000 г., с.2.
2. Геоэкологическое обследование предприятий нефтяной промышленности. Под ред. В.А.Шевнина и И.Н.Модина. М.: RUSSO, 1999.
3. М.Л.Владов, А.В.Старовойтов. Георадиолокационные исследования верхней части разреза. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1999, 90 с.
4. Задедиголова М.М. Радиоволновой метод в инженерной геологии и геоэкологии. - М; Изд-во Москов. ун-та, 1998.-320 с.
5. Финкельштейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. М.: Недра, 1986.
6. Подповерхностная радиолокация. Под ред М.И. Финкельштейна М.: Радио и связь, 1994, 216с.
7. Dolphin L.T., Bollen R.L., Oetzel G.N. An underground electromagnetic sounder experiment. // Geophysics, 1974, v.39, N1, p.49.
8. РЛС подповерхностного зондирования. Особенности построения аппаратуры, области применения. //Радиоэлектроника за рубежом. Экспресс-информация, 1996, в 2 (1270), с.56.
9. Кулижников А., Бурда С. В разведку с георадаром // Автомоб. дороги. - 2002. -№3.- С. 70-71.
10. Андрианов В.А., Марчук В.Н., Бажанов А.С. и др. Двухканальный георадар "Герад-2" для археологии. //Тезисы доклада, Москва, МГУ, 15-19 мая, 2000, с.20.
11. Cook J.C. Radar Transparencies of Mine and Tunnel Rocks. //Geophysics, 1975, v.40, N5, p.865.
12. Золотарев В.П., Кофман Л.М., Сычев Г.Н., Финкельштейн М.И. Измерение глубины залегания грунтовых вод в песчаных отложениях методом радиолокационного зондирования. // Водные ресурсы, 1982, №4, с.176.

13. Большаков Д.К., Модин И.Н., Калишева М.В., Еременко А.В. Георадарные исследования озер Жиздринской поймы. // Тезисы доклада, Москва, МГУ, 15-19 мая, 2000, с.52.
14. Финкельштейн М.И., Лазарев Э.И., Чижов А.Н. Радиолокационные аэроледомерные съемки рек, озер, водохранилищ. //Л.: Гидрометеиздат, 1984.
15. Марчук В.Н., Бажанов А.С., Этенко Г.В. Результаты применения георадара “Герад-2” в сфере народного хозяйства. //Разведка и охрана недр. №3, М.: Недра, 2001, с.34-36.
16. Финкельштейн М.И., Кутев В.А. О зондировании морского льда при помощи последовательности видеоимпульсов. //Радиотехника и электроника, 1972, т.17, №10, с.2107.
17. Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.А. Применение радиолокации для изучения строения и режима ледников. // Тезисы доклада, Москва, МГУ, 15-19 мая, 2000, с.56.
18. А.С.Бажанов, В.И.Кричевский, В.Н.Марчук, и др. Результаты использования георадара для поиска инженерных коммуникаций. //4-я Междунар. научно-практ.конф. «Георадар-2004», Москва, МГУ, 29 марта – 2 апреля, 2004, с.77.
19. С.С.Гапонов, Е.В.Коньков, В.Н.Марчук, В.М.Смирнов, Е.Б.Тереньев, А.С.Бажанов, В.И.Кричевский, А.П. Местэртон. Применение георадаров для решения задач экологии. Инженерная экология-2005: мат. межд. симп. Москва, 7-9 декабря 2005г.-М., 2005.- С.57-62
20. Экологическая оценка. Геофизический исследовательский центр // <http://ngrc.su/services/9-ekologicheskaya-otsenka>
21. А.А.Долгий, Ан.А.Долгий, В.П.Золотарев, В.В.Маркуль. Опыт использования подповерхностного радиолокационного зондирования для оценки параметров загрязнения грунтов нефтепродуктами. //4-я Междунар. научно-практ.конф. «Георадар-2004», Москва, МГУ, 29 марта – 2 апреля, 2004, с.87.
22. С.М.Лобай, В.В.Казарян, М.И.Никитенко. Применение методов инженерной геофизики при изысканиях в строительстве и геоэкологическом мониторинге в Республике Беларусь. //4-я Междунар. научно-практ.конф. «Георадар-2004», Москва, МГУ, 29 марта – 2 апреля, 2004, с.38.
23. Казарин А.Б., Казарин Б.А., Талев Р.В. Результаты комплексного использования георадарных измерений и электроразведки при оконтуривании захоронения ядохимикатов и оценки его состояния. //4-я Междунар. научно-практ.конф. «Георадар-2004», Москва, МГУ, 29 марта – 2 апреля, 2004, с.36.
24. Geophysical Survey Systems, Inc. // <http://www.geophysical.com/>
25. Radar Systems, Inc. // <http://www.radsys.lv/>
26. Георадары ГРОТ: Передовые геофизические технологии // <http://www.georadargrot.com/ru/index>
27. Глубинный георадар «Питон-3» // <http://www.radar-python.ru>
28. Георадары ОКО // <http://www.geotech.ru>
29. Марчук В.Н., Секистов В.Н., Смирнов В.М, Юшкова О.В. Моделирование работы георадара численными методами //Научно-технологические проблемы безопасности. 2006. Т.7. №10, с.39-52.
30. Бажанов А.С., Кричевский В.И.,Марчук В.Н., Местэртон А.П., Смирнов В.М., Трущев Н.П.,Этенко Г.В. Применение георадаров серии «Герад» для зондирования водоемов, инженерных коммуникаций и железнодорожных насыпей/ коллективная монография «Вопросы подповерхностной радиолокации». Под ред. Гринева А.Ю. 2005, с.237-245.
31. Калинкевич А.А., Крылова М.С., Масюк В.М., Марчук В.Н. Использование георадара для исследования неоднородностей верхнего слоя почвы хвойного леса / Радиотехника, 2009, №3, С.98-103.

32. Annan A.P., Davis J.L. Impulse radar sounding in permafrost. // Radio Sci., 1976, v.11, N4, p.383.
33. Andrianov V.A., Marchuk V.N., Nasaranko S.D., Shtern D.Ya. Experimental results of remote radar sensing of frozen soils. Third International Conference on ground penetrating radar, abstracts, U.S. Geological Survey, 1990, p.2.
34. Крампульс А.Ю., Чубинский Н.П. Использование георадара для определения глубины оттаивания в районах вечной мерзлоты. //Тезисы доклада, Москва, МГУ, 15-19 мая, 2000, с.55.
35. Марчук В.Н., Назаренко С.Д. Обнаружение газопровода в мерзлом грунте радиолокатором РЛК-84 с борта вертолета // 3-я Междунар.конф. «Диагностика трубопроводов», Москва, 21-26 мая, 2001, с.25.