

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРАДАРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КАРСТООБРАЗОВАНИЯ И ОПОЛЗНЕЙ

¹ ИФЗ РАН, volkov@ifz.ru, Москва, Россия

² ИЗМИ РАН, kopeikin@izmiran.ru, Москва, Россия

Использование электромагнитных импульсных георадаров для инженерно-геологической оценки проявления опасных геологических процессов, таких как карсты и оползни, нельзя назвать удовлетворительным.

В «традиционных» георадарах используется транзисторный передатчик напряжением около 50 вольт. Это существенно ограничивает энергетику и глубину зондирования. Георадары, построенные по классической схеме, могут выполнять зондирование только в легких грунтах с малым затуханием (сухих песчаных или мерзлых). Глубина зондирования в таких условиях будет составлять несколько первых метров, работа же в условиях влажных глин и суглинков с такой энергетикой не возможна.

Современные сверхмощные георадары серии ЛОЗА открывают широкую перспективу для использования георадиолокации в этой области. Отличительной особенностью приборов серии ЛОЗА, по сравнению с известными зарубежными и отечественными аналогами, является большой энергетический потенциал, позволяющий работать в средах с высокой проводимостью.

С целью достижения высоких энергетических показателей была полностью пересмотрена классическая схема построения радара. Так, импульсная мощность передатчика была увеличена более чем в 100 000 раз, а стробоскопическое преобразование заменено прямой регистрацией сигнала, без преобразования его в область низких частот. В качестве антенн (или их основных излучающих элементов), в георадарах серии «ЛОЗА» используются резистивно-нагруженные диполи.

Георадары ЛОЗА реализованы в виде двух основных модификаций: «ЛОЗА–В» и «ЛОЗА–Н».

Среднечастотный георадар «ЛОЗА-В» работает в полосе частот 50-300 МГц и обладает потенциалом около 120 дБ. Это позволяет зондировать грунт в средних условиях до глубин 10 метров и в легких грунтах до глубин 15-20 метров. Георадар с такой глубиной зондирования может уже по праву носить приставку «ГЕО».

Глубинный георадар модели «ЛОЗА-Н» работает в полосе частот 1-50 МГц и обладает потенциалом около 120 дБ. Использование низкочастотных антенн 10, 15 и 25 МГц и сверхмощного передатчика мощностью 20 мегаватт делает этот прибор уникальным исследовательским средством геологических структур до глубин 200-250 метров.

С помощью георадаров Лоза-В и Н можно решать большой круг задач: исследование карстовых и оползневых структур, исследование палеорельефа для различных отраслей геологии, сопровождение трасс прокладки трубопроводов открытым способом и методом ГНБ, инженерно-геологические изыскания в строительстве и коммунальном хозяйстве и т.д.

При выполнении обследований реализуются два основных преимущества георадара перед традиционными геофизическими методами:

1. Не нарушающий принцип зондирования позволяет полностью исключить воздействие на обследуемый объект. Это особенно важно при обследовании карстов и оползней. Бурение таких объектов может привести к лавинообразному ускорению развития процесса.

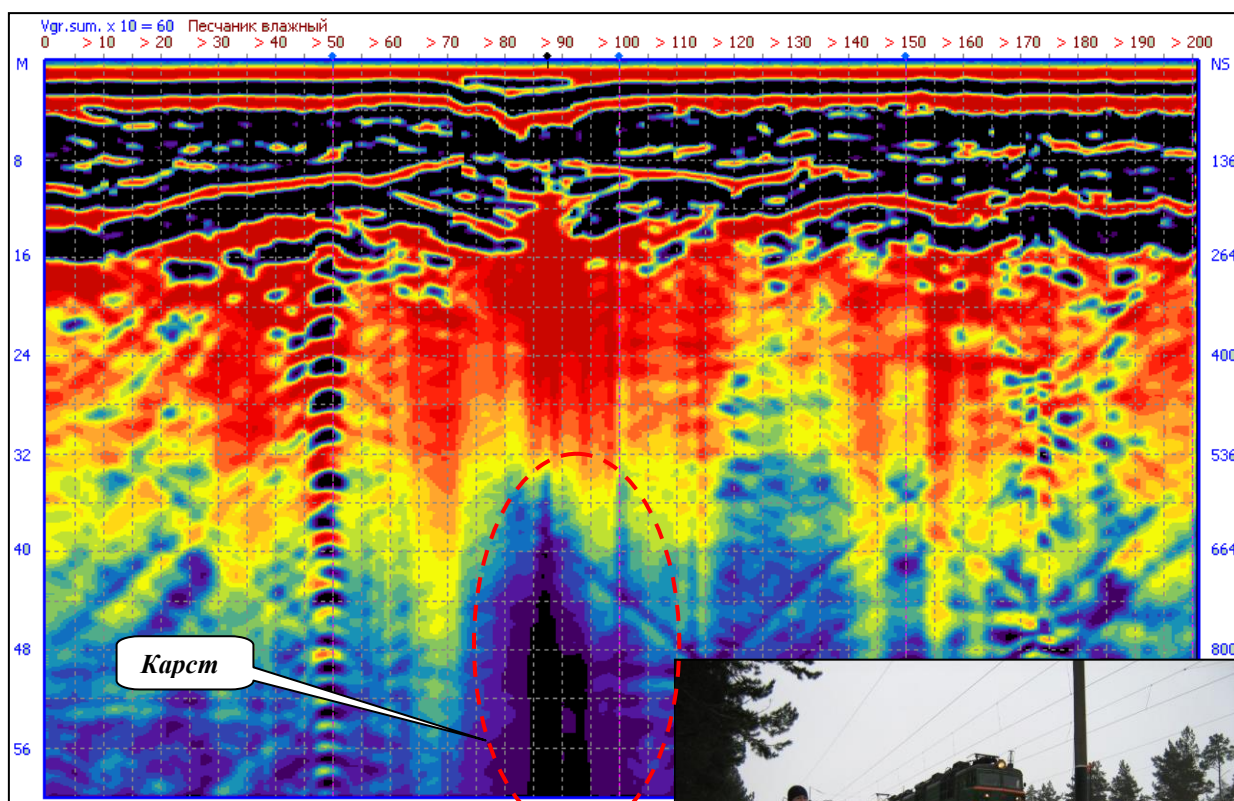
2. Георадарное обследование можно выполнять без ущерба для качества в сложных условиях, неприемлемых для применения других методов геофизики и бурения (крутые

оползневые склоны, заросшая неподготовленная местность, заболоченные топкие места, карсты на дне водоемов и т.п.) Подробность георадарной съемки (средний шаг 30-50 см) позволяет обследовать проявления опасных геологических процессов с подробностью, недоступной для бурения и других методов геофизики.

Таким образом, георадар позволяет геофизикам и геологам получать информацию о геологической структуре нового уровня. Данные электромагнитного зондирования обладают существенно большей информативностью, позволяют более детально изучать мелкомасштабную структуру геологических объектов. Для геологов и геофизиков георадары дают возможность проводить исследование геологических структур в ранее недоступных местах.

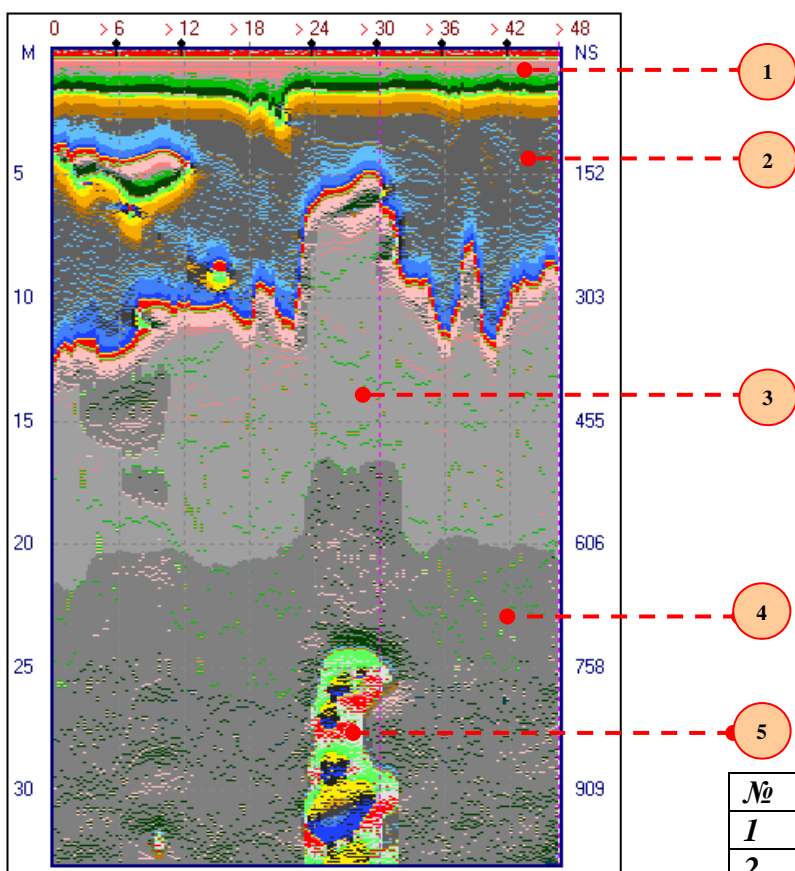
Проиллюстрируем возможности применения георадара из практики георадарных работ.

Георадарное обследование с целью обнаружения геологических структур вертикального развития с малыми горизонтальными размерами. Такими структурами обычно являются карстовые образования в стадии начального развития. Диагностика и обнаружение карстов на ранних стадиях развития чрезвычайно затруднена. Необходимо обнаружить разуплотнение грунта на глубине 30-40 метров с горизонтальными размерами до 10 метров. На этой стадии, возможно, применить эффективные меры профилактики (тампонирования) предотвращающие выход процесса на поверхность и провал грунта. Обнаружение такого объекта не возможно с помощью бурения или других геофизических методов, особенно когда идет речь об обследовании десятков километров полосы вдоль железнодорожных магистралей.

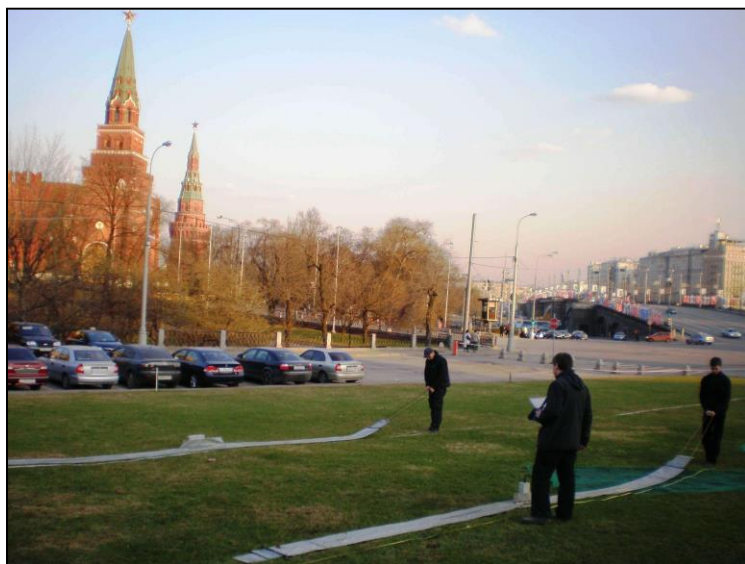


В результате георадарного обследования обнаружено разуплотнение на глубине 38-40 метров на отметке 85-90 метров профиля вдоль железной дороги Москва - Нижний Новгород. Наличие карста было подтверждено бурением. Своевременное обнаружение карста в охранной зоне железной дороги и принятые профилактические меры, предотвратили аварийный провал грунта.

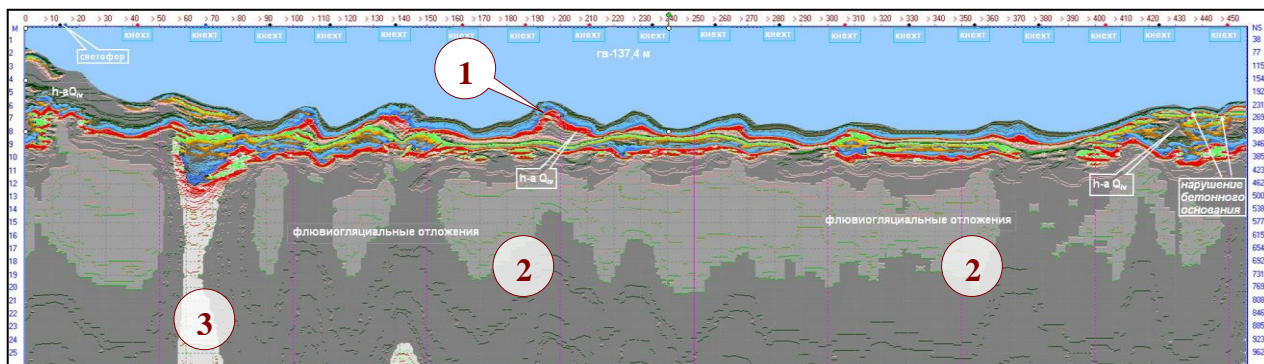
В результате георадарного обследования на Боровицкой площади зарегистрирован объект, который по своему «радиообразу», подобен обширной зоне разуплотнения вертикального развития. Поперечные размеры зоны разуплотнения более 6 метров. Глубина расположения 30 м и глубже. Сечения этой зоны разуплотнения грунта зарегистрированы и на соседних профилях. Структура и размеры обнаруженного объекта свидетельствуют о том, что он является результатом развития карстово-суффозионных процессов.



<i>№</i>	<i>Тип грунта.</i>
<i>1</i>	<i>Насыпной грунт.</i>
<i>2</i>	<i>Пески.</i>
<i>3</i>	<i>Прослойка суглинка.</i>
<i>4</i>	<i>Известняк.</i>
<i>5</i>	<i>Зона разуплотнения.</i>



Георадарное обследование придонного слоя грунта. Геологические изыскания при строительстве гидротехнических сооружений или в зоне действующих при проведении их реконструкции, очень затруднены. Практически невозможно выполнить геологическое бурение по такой сетке, которая бы позволила не пропустить объекты вертикального развития размерами 10-20 метров. Такими объектами могут являться суффозионные воронки или карсты в придонных слоях грунта. Пример похожего объекта приведен на результатах георадарного обследования акватории нижнего бьефа гидроузла №4 канала имени Москвы.

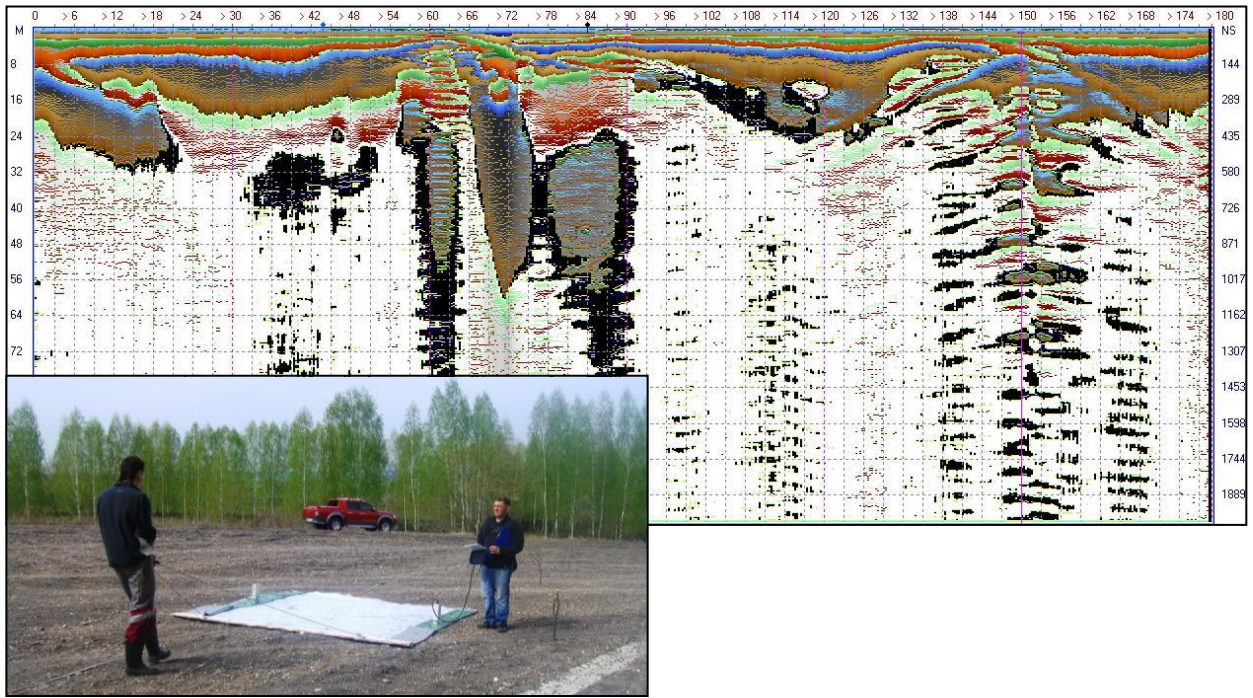


Георадарное обследование акватории нижнего бьефа гидроузла №4 на канале имени Москвы.

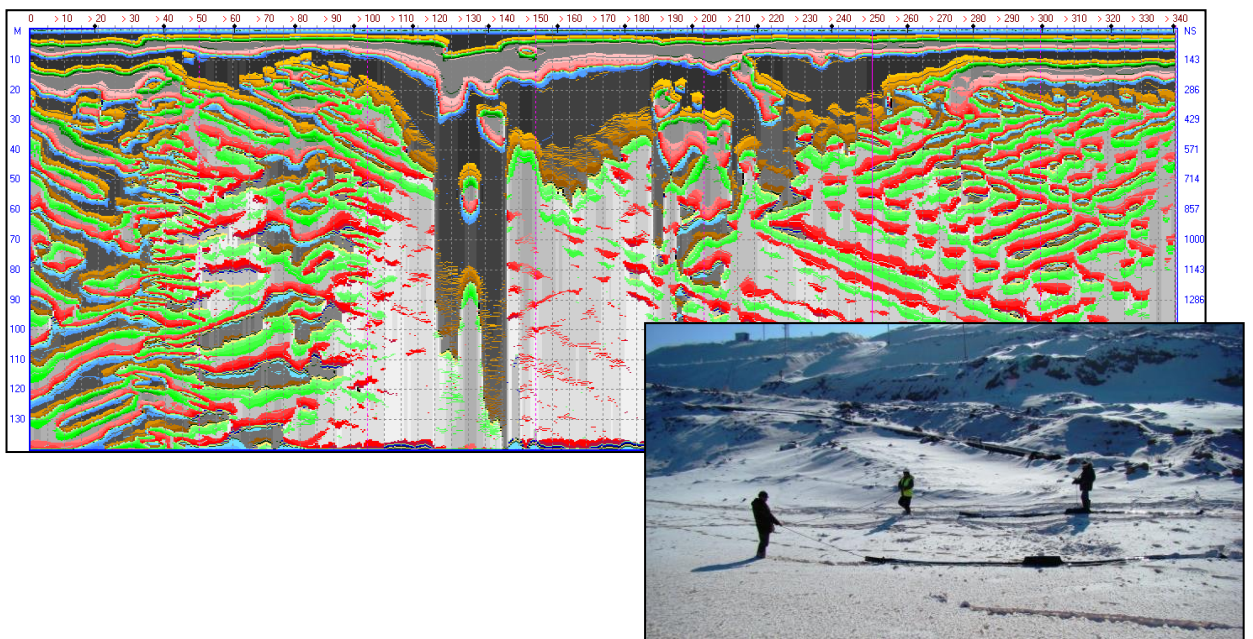
- Условные обозначения:
- 1 - аллювиально-болотный комплекс отложений.
 - 2 - флювиогляциально-гляциальный комплекс отложений.
 - 3 - зона предполагаемых карстово-суффозионных проявлений

Строение этих зон подобно тем, которые наблюдаются при карстово-суффозионных проявлениях (воронках), связанных с выносом заполнителя фильтрационными потоками. Происхождение таких аномальных зон, скорее всего, может быть связано с палеорельефом доледникового или постледникового (псевдокарст) происхождения. Наличие таких зон может представлять опасность при эксплуатации гидротехнических сооружений канала, и требуют дополнительных детальных исследований.

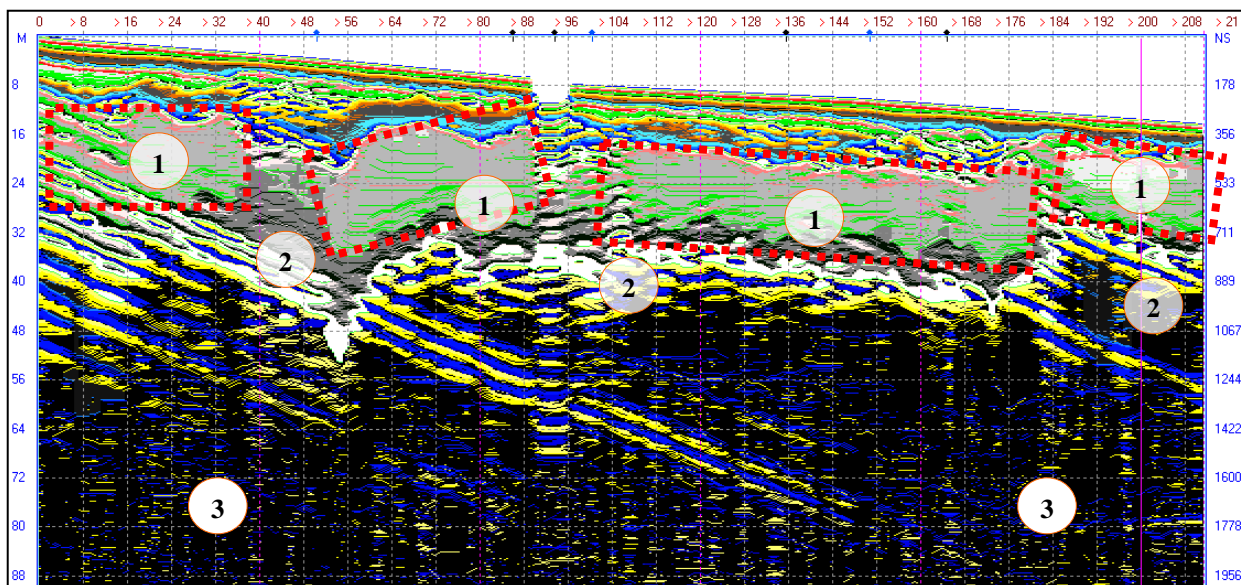
В результате георадарного обследования на строительной площадке завода железобетонных изделий в Уфе (Башкирия) была выявлена аномальная геологическая структура вертикального развития. Анализ георадарных данных подтвердил, что зарегистрирован карст в начальной стадии развития, до выхода карстовых проявлений на поверхность.



На следующем рисунке представлен георадарный разрез, выполненный по «борту» глубокого карьера. На обследованном участке выявлена аномальная структура карстового типа. Бурение на отметке 125 метров подтвердило наличие влагонасыщенных песчаных грунтов до глубины более 100 м. Прорыв такой структуры мог бы привести разгрузке грунтовых вод и аварийному затоплению карьера. По результатам георадарного обследования было организовано принудительное глубинное дренирование с целью предотвращения затопления.



Приведем примеры георадарного обследования оползневых структур.



Георадарный разрез выполнен по склону вдоль планируемой трассы проходки методом горизонтального наклонного бурения (ГНБ) (Северный Кавказ, берег Черного моря).

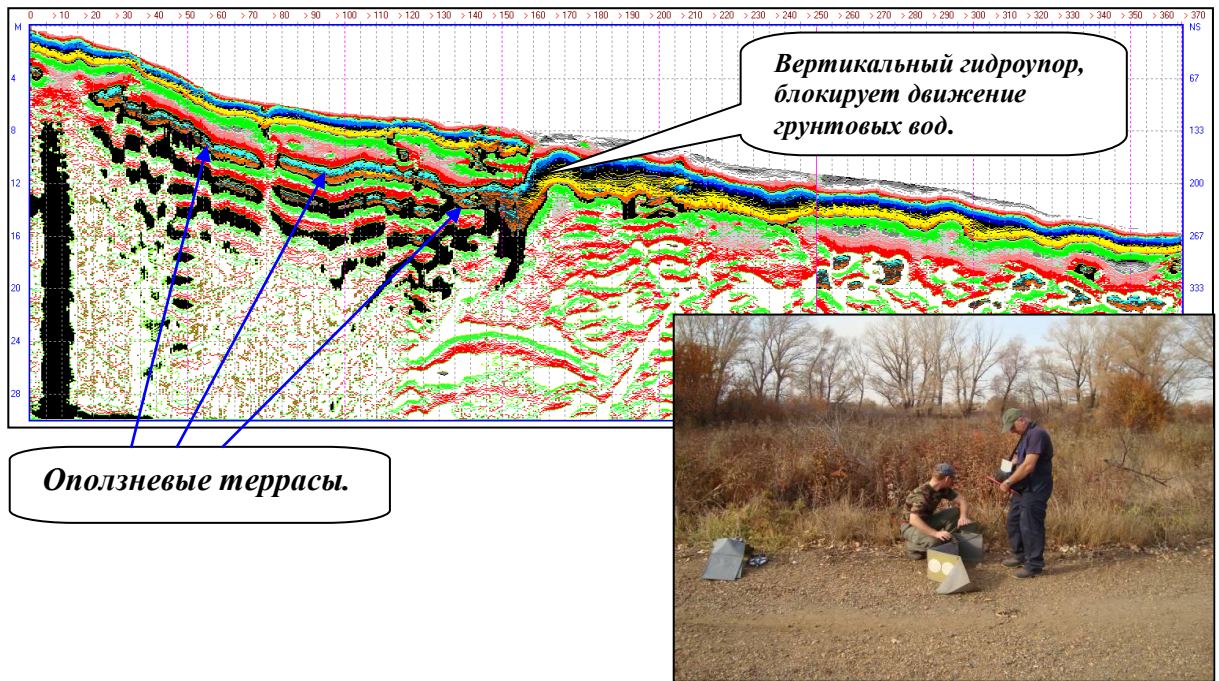
1 - Выделенные структурные подвижные блоки, со следами запрокидывания.

2- Зоны разломов и повышенной трещиноватости.

3 - Ненарушенный массив скального грунта.

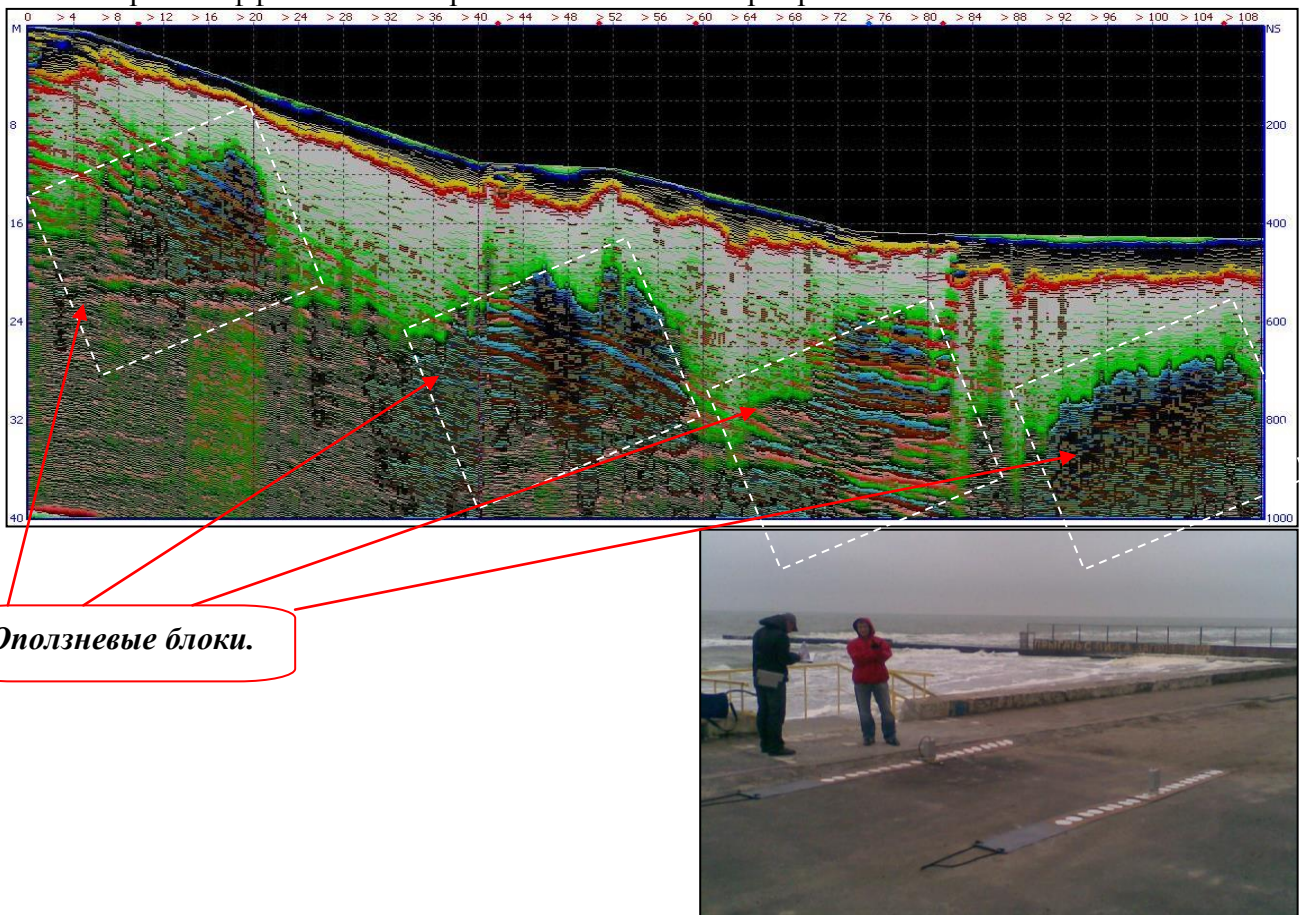
Попытка проходки трассы была прервана заклиниванием бурового инструмента на отметке около 44 метров при глубине 20 м. По георадарным данным, остановка произошла из-за попадания бурового инструмента в разлом между оползневыми блоками, заполненного крупнообломочным скальным материалом. По георадарному заключению проходка была выполнена глубже, ниже зоны, захваченной оползневой деятельностью. Обследование выполнено георадаром Лоза-Н с антеннами 25 МГц и передатчиком 20 МВт.

Георадарное обследование сложно доступных, заболоченных участков. На георадарном разрезе представлен результат обследования заболоченного склона реки Урал в Оренбургской области. Перед геофизиками стояла задача оценки устойчивости склона и его оползневой опасности на участке, отведенном под постройку нового микрорайона. Проведение буровых работ в полном объеме было ограничено.



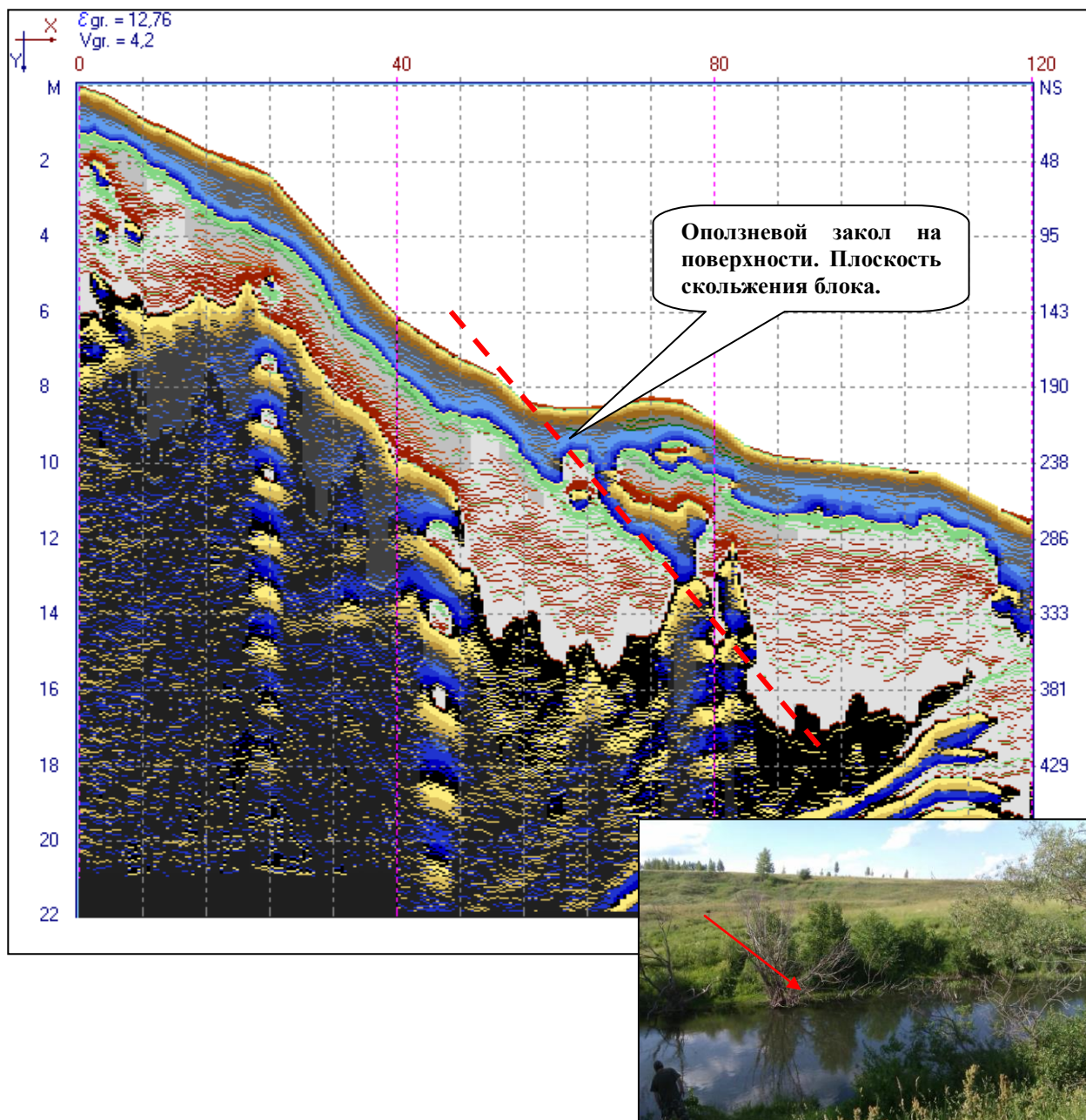
В результате георадарного обследования установлено, что вертикальный гидроупор создает препятствие на пути движения грунтовых вод в соответствии с естественным уклоном. Создаются условия для заболачивания местности, следы повышенной влажности прослеживаются до глубины 12-14 метров. В верхнем 4-6 метровом слое грунта выделяются структурные блоки с характерными чертами оползневых образований.

Следующий пример георадарного обследования демонстрирует возможность мониторинга эффективности противооползневых мероприятий.



Обследование выполнено на оползневом склоне, на берегу Черного моря в Одессе в районе 16 станции Большого Фонтана.

На следующем рисунке приведен пример обнаружения активного оползневой блока по трассе прокладки газопровода методом горизонтального наклонного бурения (ГНБ). Место прокладки газопровода – река Упа в Тульской области. Как показало обследование, трасса прокладки газопровода проходила через зону активной оползневой деятельности. Малейшие подвижки склона могли представлять серьезную угрозу целостности газопровода. По рекомендациям, полученным после георадарного обследования, трасса прокладки была выбрана глубже зоны оползневых процессов.



Можно привести еще много примеров ситуаций, в которых георадар становится хорошим дополнением к методам традиционной геофизики. Георадар позволяет геофизикам и геологам получать информацию о геологической структуре нового уровня. Данные электромагнитного зондирования обладают существенно большей информативностью, позволяют более детально изучать мелкомасштабную структуру геологических объектов. Георадарное профилирование позволяет получать, практически

непрерывные, данные. Для геологов и геофизиков стало возможным исследование структур в ранее недоступных местах. Георадары находят все более широкое применение в новых отраслях промышленности и строительства, связанных с необходимостью знания геологической информации.

Литература:

1 Ульянов Н.А., Бородин В.П., Инговатов А.П., Морозов П.А., Карпузов А.Ф. Инновационные технологии с использованием сверхмощных георадаров в инженерной и полевой геологии. //., «Разведка недр», №1, январь 2012.

2. Копейкин В.В., Морозов П.А., Козляков А.Н., Беркут А.И. Устройство для радиолокационного зондирования подстилающей поверхности. Патент РФ № 2248585. Приоритет от 15 апреля 2003 г.

Доклад представлен на конференции «Геолого-геохимические проблемы экологии» (26 – 27 апреля 2012 г., г. Москва, ИМГРЭ),

Материал напечатан в журнале «Разведка и охрана недр» 7/2012, «ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОРАДАРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КАРСТООБРАЗОВАНИЯ И ОПОЛЗНЕЙ»

Аннотация

Морозов П.А., Волков В.А., Копейкин В.В. Перспективы применения сверхмощных георадаров для исследования процессов карстообразования и оползней

УДК 550.837.3:624.131.543

© Морозов П.А., Волков В.А., Копейкин В.В., 2012

**Морозов П.А.(1), Волков В.А.(2), Копейкин В.В.(1) (1 — ИЗМИРАН, 2 — ИФЗ РАН)
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕРХМОЩНЫХ ГЕОРАДАРОВ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КАРСТООБРАЗОВАНИЯ И ОПОЛЗНЕЙ**

Показаны перспективы применения сверхмощных георадаров серии «Лоза» для исследования процессов карстообразования и оползней. Высокий энергетический потенциал приборов обеспечивается использованием в передатчиках водородных разрядников высокого давления вместо традиционных полупроводников, что увеличивает мощность зондирующего импульса более чем в 100 000 раз. Это и ряд других технических решений позволяет достичь глубин в сотни метров, что для всех мировых и отечественных аналогов не представляется возможным. Приводятся примеры результатов георадарного обследования карстовых структур, подтвержденных бурением, а также обследования оползневых структур, в результате которого строителями были скорректированы трассы прокладки трубопроводов методом горизонтально-наклонного бурения. Ключевые слова: георадар, низкоомная среда, георадарный профиль, карстообразование, карст, оползни, структурные блоки.