

© С.П. Левашов^{1,2}, Н.А. Якимчук^{1,2}, И.Н. Корчагин³,
Ю.М. Пищаный², В.В. Прилуков², 2008

УДК 550. 837.3

¹*Институт прикладных проблем экологии,
геофизики и геохимии, г. Киев*

²*Центр менеджмента и маркетинга в области наук
о Земле ИГН НАН Украины, г. Киев*

³*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, г. Киев*

КОМПЛЕКСНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Введение. При решении разнообразных экологических, инженерно-геологических и геолого-геофизических задач в последнее время активно применяются экспресс-технологии геофизических исследований, которые позволяют оперативно проводить полевые геофизические измерения, а следовательно, получать необходимую экспериментальную информацию для решения конкретных практических задач. К таким технологиям относится комплекс геоэлектрических исследований СКИП–ВЭРЗ (геоэлектрические методы становления короткоимпульсного поля (СКИП) и вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ)), а также сейсмоакустического и георадарного зондирования [1– 4]. В частности, эта технология неоднократно применялась для поисков и картирования водонасыщенных коллекторов и подземных водных потоков [1], инженерно-геологических условий на территориях историко-архитектурных заповедников [3], реконструкции автомобильных дорог [4]. Ниже представлены результаты успешного применения комплекса геоэлектрических и сейсмоакустических методов для оперативного проведения инженерно-изыскательских работ на участке строительства новой дороги.

Общие сведения. Геофизические исследования на участке строительства автомобильной дороги местного значения Воробьевка – Внутренний Бор в Новгород-Сиверском районе Черниговской обл. проведены в июле 2007 г. Дорога начинается на окраине с. Воробьевка (ПК 00), частично проходит по грунтовой дороге, в районе пикета ПК 16 дорога входит в с. Внутренний Бор.

При проектировании дороги в районе ПК 07–08 и 12–13 выявлены карстовые провалы. Провалы имеют вертикальные стенки, их глубина достигает 8 м. До окончательного изучения карстовых провальных зон между селами Воробьевка – Внутренний Бор проектирование было прекращено.

Главная задача геофизических исследований – обнаружение и картирование провалоопасных участков вдоль линии строительства дороги.

Для проведения работ были использованы геоэлектрические и сейсмоакустические методы исследований СКИП, ВЭРЗ, сейсмоакустического и георадарного зондирования.

С помощью съемки методом СКИП проведено картирование зон повышенной влажности по площади и вдоль оси дороги. Для построения вертикальных разрезов использовались методы ВЭРЗ, сейсмоакустического и георадарного зондирования.

Методика полевых работ. Полевые наблюдения методом СКИП на участке от ПК 00 (выезд из с. Воробьевка) до ПК 16 (начало с. Внутренний Бор) вдоль линии проектируемой дороги проведены с шагом 1 м, а вдоль расположенных вблизи грунтовых дорог – с шагом 5 м. По результатам этих работ построена карта зон повышенной влажности грунтов на участке строительства (рис. 1, 2).

Вдоль линии оси дороги между ПК 07 – 16 проведено сейсмоакустическое зондирование с шагом 1 м. Построен сейсмоакустический разрез на глубину 50 м.

Работы методом ВЭРЗ проведены в 21 пункте вдоль дороги, в зонах близлежащих к провалам, а также в самих провальных телах.

Георадарные исследования проведены от ПК 07 к ПК 13. Шаг измерений – 0,5 м, глубина исследований – 20 м. Использовалась антенна 250 МГц.

Результаты геоэлектрических работ. *Картирование зон повышенной влажности грунтов, провалоопасных участков и путей миграции подземных вод.* По геоэлектрическим данным в границах участка строительства дороги установлено пять зон повышенной влажности грунтов (рис. 1, 2). Закартированные зоны простираются в меридиональном направлении. Установлено, что вдоль этих зон в интервале глубин 18 – 30 м существуют участки повышенной фильтрации подземных вод. Миграция воды происходит в южном направлении.

Интервалы зон повышенной влажности вдоль проектной линии автомобильной дороги следующие: 1) ПК 07+20 – ПК 07+80, 60 м; 2) ПК 10+20 – ПК 10+55, 35 м; 3) ПК 11+60 – ПК 12+75, 115 м; 4) ПК 14+00 – ПК 14+70, 70 м; 5) ПК 15+85 – ПК 16+25, 40 м. На рис. 1 и 2 приведены карты зон повышенной влажности грунтов и путей повышенной фильтрации подземных вод.

Кровля отложений мела в районе строительства имеет неровную поверхность, глубина которой изменяется от 25 до 35 м. В этом интервале, в границах зон повышенной фильтрации подземных вод, образуются миграционные карстово-суффозионные каналы.

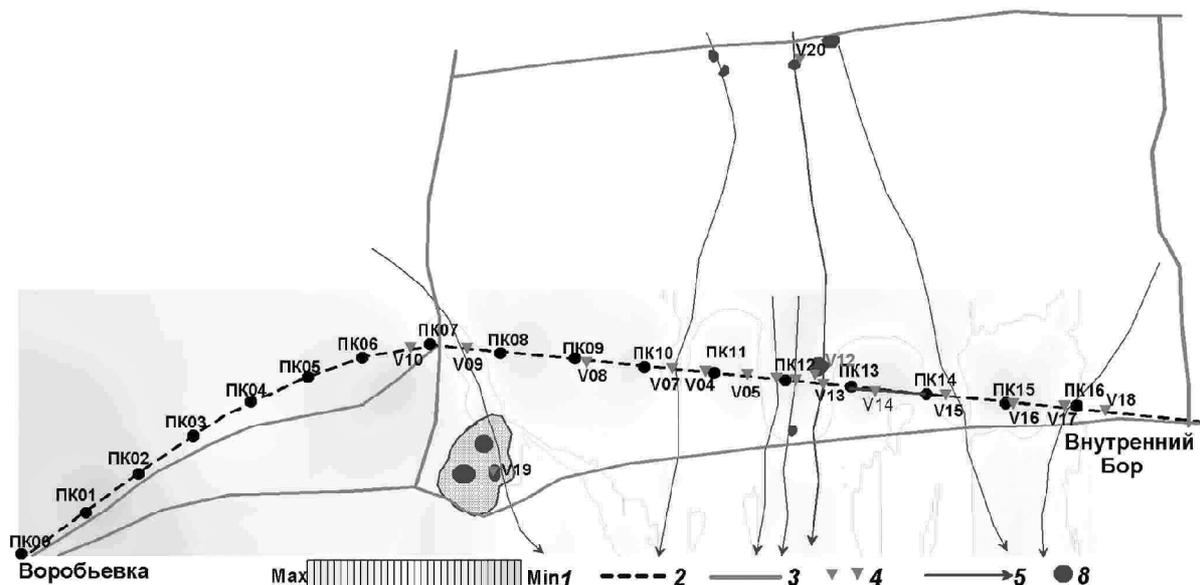


Рис. 1. Карта зон повышенной влажности грунтов в районе строительства автомобильной дороги: 1 – шкала относительной влажности грунтов; 2 – ось проектной дороги; 3 – существующие грунтовые дороги; 4 – пункты ВЭРЗ; 5 – направления миграции подземных водных потоков в интервале глубин 18–30 м; 6 – зоны суффозионно-карстовых провалов

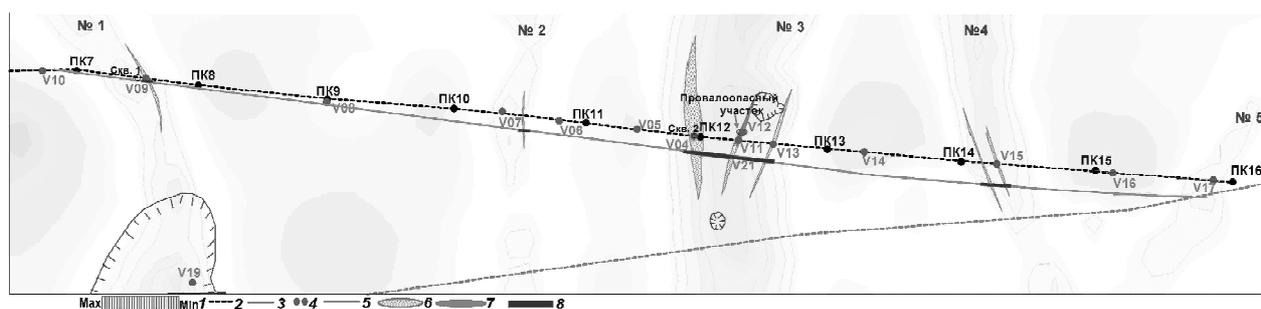


Рис. 2. Карта зон повышенной влажности грунтов в районе карстовых провалов: 1 – шкала относительной влажности грунтов; 2 – ось проектной дороги; 3 – существующие грунтовые дороги; 4 – пункты ВЭРЗ; 5 – рекомендованная ось дороги по геофизическим данным; 6 – зоны образования суффозионно-карстовых провалов миграции подземных вод; 7 – провалоопасные участки; 8 – участки дороги повышенной устойчивости

Зоны суффозионных каналов по линии трассы выделены на участках: 1) ПК 07+55 – ПК 07+65, 10 м; 2) ПК 10+53 – ПК 10+63, 10 м; 3) ПК 11+80 – ПК 12+00, 20 м, ПК 12+23 – ПК 12+35, 12 м, ПК 12+55 – ПК 12+66, 11 м; 4) ПК 14+12 – ПК 14+25, 13 м, ПК 14+35 – ПК 14+55, 20 м (рис. 2).

В границах зон карстово-суффозионных каналов наибольшая вероятность образования провалов и проседания грунтов.

Таким образом, участок трассы от ПК 00 к ПК 07 представляет собой наиболее стабильную зону. Провально-карстовые процессы распространены в интервале от ПК 07 до ПК 16. Наиболее опасные участки – интервалы зон 3 и 4.

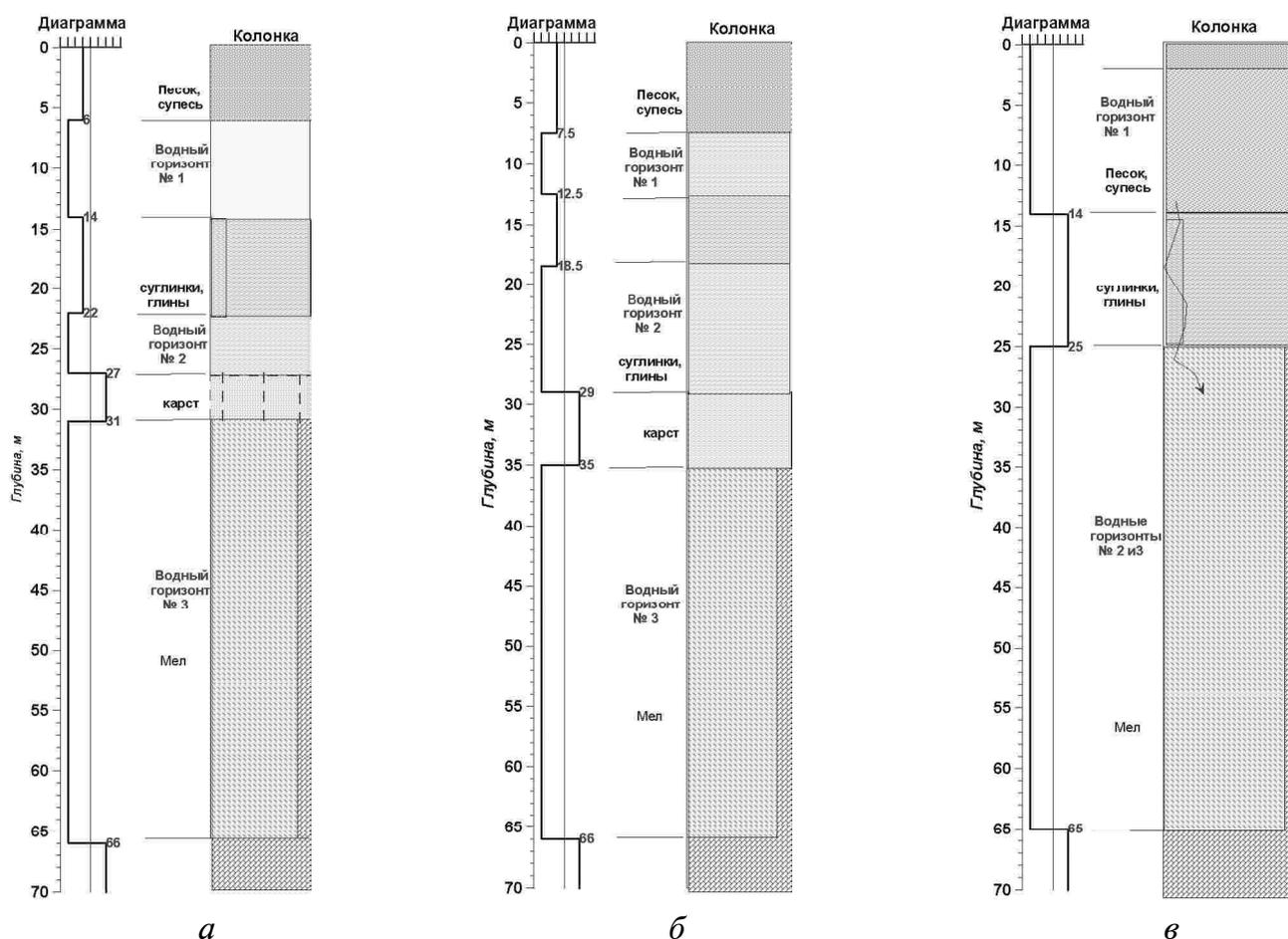


Рис. 3. Результаты вертикального электрорезонансного зондирования в пунктах 12 (а), 21 (б), 19 (в)

Результаты вертикального зондирования провалоопасных участков.

На рис. 3 представлены результаты вертикального зондирования в трех пунктах, в том числе и в зоне образования провалов (рис. 3, в). Вдоль проектной оси дороги на участке от ПК 07 к ПК 16 по данным вертикального зондирования установлено наличие трех водных горизонтов.

Первый горизонт зафиксирован в интервале глубин от 7–8 до 14–15 м. Небольшой прослойкой глин и суглинков мощностью около 3 м он отделяется от второго водного горизонта, интервал глубин залегания которого составляет 18–30 м. Нижней границей второго водного горизонта является кровля отложений мела. Максимальная мощность второго водного горизонта выделена в зонах повышенной фильтрации подземной воды. Третий водный горизонт установлен в отложениях мела в интервале глубин 45–65 м.

При зондировании в провальных зонах установлено, что второй и третий водные горизонты соединены (рис. 3, в). Таким образом, можно предположить, что провалы на поверхности земли формируются за счет вертикальной миграции водных потоков из второго в третий горизонт и из первого во второй.

Зоны суффозионных каналов становятся провалоопасными в тех случаях, если уменьшается расстояние между третьим и вторым водными горизонтами. Объединение двух горизонтов приводит к вертикальной миграции воды, нарушению водоупорной толщи суглинков и глин, которые расположены на глубине 15–18 м. Далее осуществляется вертикальный вынос грунта в зоны пустот, образованных в верхней части отложений мела.

По данным сейсмоакустических исследований, наиболее опасными местами образования провалов по линии запроектированной дороги являются интервалы: 1) ПК 12+23 – ПК 12+35; 2) ПК 14+ 35 – ПК 14+ 55.

В районе ПК 12+30 с левой стороны от дороги на расстоянии 8 м от оси трассы визуально установлено место проседания грунта. В связи с этим рекомендовано ось трассы сместить южнее на 20 м (см. рис. 2).

Выводы и рекомендации. В результате проведенных геофизических работ на участке запроектированной дороги местного значения Воробьевка – Внутренний Бор установлены места возможного образования проседания и провалов грунта. Нестабильные участки поверхности образуются вследствие карстово-суффозионных процессов, которые происходят в верхней части отложений мела. В интервале ПК 07 – ПК 16 установлено пять зон повышенной фильтрации подземной воды, которые образуют пустоты в верхней части отложений мела. Глубина образования пустот 25–35 м. Провальные зоны могут быть сформированы только в местах вертикальной миграции воды из верхних горизонтов в нижние.

В границах четырех зон повышенной фильтрации выделено семь интервалов образования карстово-суффозионных пустот. В двух местах над зоной пустот установлены зоны вертикальной миграции воды, что свидетельствует о начале формирования провальных участков. В связи с этим по результатам геофизических изысканий могут быть даны следующие рекомендации для проектирования дороги между селами Воробьевка – Внутренний Бор.

1. В интервале строительства дороги от ПК 00 к ПК 07 геологических осложнений не выявлено, что дает возможность выполнять работы без особых ограничений.
2. В районе ПК 12+30 выявлен участок формирования провальной зоны, которая находится на начальной стадии образования. Для предотвращения осложнений при строительстве рекомендовано перенести ось трассы на 20 м на юг от зоны проседания грунта.
3. При проектировании дороги на интервале от ПК 07 к ПК 16 целесообразно предусмотреть работы по укреплению дорожного полотна (армирование) на участках распространения карстово-суффозионных процессов в следующих: 1): ПК 07+25 – ПК 07+75; 2) ПК 10+30 – ПК

10+65; 3) ПК 11+ 70 – ПК 12+75; 4) ПК 14+20 – ПК 14+70; 5) ПК 15+90 – ПК 16+ 20.

4. Особое внимание при строительстве следует уделить участкам ослабленных грунтов, которые находятся в районе пикетов: 1) ПК 12+25 – ПК 12+ 35; 2) ПК 14+35 – ПК 14+50.

В целом проведенные геофизические исследования показали, что для оперативного обследования участков строительства новых дорог может использоваться комплекс геоэлектрических методов СКИП, ВЭРЗ, а также сейсмоакустического и георадарного зондирования. Этот комплекс методов позволят выполнять полевые геофизические измерения оперативно, в сжатые сроки, что, в свою очередь, приводит к существенному сокращению сроков проведения инженерно-изыскательских работ на участках строительства новых дорог.

Площадная съемка методом СКИП дает возможность эффективно выделять и картировать зоны миграции подземных водных потоков, а также повышенного увлажнения грунтов. С помощью методов электрорезонансного, сейсмоакустического и георадарного зондирования можно определять глубины расположения увлажненных зон, подводных потоков, суффозионных полостей, карстовых воронок.

1. Боковой В.П., Левашов С.П., Якимчук М.А., Корчагин І.М. Технологія картування зсувних ділянок та зон підвищеного обводнення ґрунтів комплексом геофізичних методів // Геоінформатика. – 2002. – № 4. – С. 31–34.
2. Левашов С.П., Якимчук М.А., Корчагин І.М., Пищаний Ю.М. Метод електрорезонансного зондування та його можливості при проведенні комплексних геолого-геофізичних досліджень // Там само. – 2003. – № 1. – С. 15–20.
3. Левашов С.П. Геофізичні дослідження інженерно-геологічних та гідрологічних умов на території Софійського собору в Києві // Там само. – 2004. – № 1. – С. 32–35.
4. Левашов С.П., Яковенко Н.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н., Пищаний Ю.М. Использование современных георадарных технологий при инженерно-геологических изысканиях под реконструкцию и строительство дорог // Там же. – 2005. – № 1. – С. 80–85.