

## ОБСЛЕДОВАНИЕ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ УЧАСТКОВ МОБИЛЬНЫМИ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Приводятся результаты применения геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП), вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) и георадарного зондирования на разрушенном оползнем участке дороги. Показано, что основной причиной размыва полотна дороги и формирования оползня является зона повышенной фильтрации грунтовых вод. Обнаружение и картирование водных потоков и участков повышенной фильтрации может оперативно осуществляться комплексом мобильных геофизических методов.

**Ключевые слова:** геоэлектрические методы; зондирование; съемка; георадар; оползень; дорога.

**Введение.** В статьях [Левашов и др., 2008, 2009] показано воздействие подземных водных потоков на формирование и протекание карстовых процессов, а также на объекты метрополитена приповерхностного залегания. Там же показана эффективность геоэлектрических методов становления короткоимпульсного поля (СКИП), вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) [Левашов и др., 2008, 2009, Шуман и др., 2008] и георадарного зондирования при решении задач обнаружения и картирования подземных фильтрационных водных потоков.

Поверхностные и подземные фильтрационные потоки существенно влияют также и на формирование и развитие оползневых явлений. В связи с этим, проблема изучения и мониторинга оползнеопасных участков геофизическими методами является актуальной.

При обследовании оползней и оползнеопасных участков решаются задачи: а) изучения строения оползневых склонов с определением глубин залегания уровня грунтовых вод, зеркала скольжения и поверхности коренных пород; б) оценки изменения физических свойств и состояния оползневых накоплений во времени; в) изучения динамики и прогноз оползневого процесса.

Оползневые накопления картируют традиционными методами электро- и сейсмопрофилирования (ЭП, ЕП, МПВ). Детальное расчленение разреза оползневого склона проводят методами зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ-ВП) и МПВ. Для прогноза устойчивости оползней важное значение имеет изучение их обводненности. При определении уровня грунтовых вод, степени увлажнения оползневых тел эффективны методы МПВ, ВЭЗ, ВЭЗ-ВП. Изучение изменения физических свойств и состояния оползневых накоплений во времени осуществляется режимными геофизическими наблюдениями с использованием тех же полевых, а также скважинных методов. В последнее время для изучения оползней применяются радиоволновой метод исследований [Задериголова, 1998], импульсные электромагнитные методы [Павлов и др., 2007, Слепак, 2007], а также высокоточная гравиразведка [Слепак, 2007].

Технология СКИП-ВЭРЗ и метод георадарного зондирования использовалась для обследования разрушенных участков дорог и мостов в Западной Украине в августе-сентябре 2008 г. Ниже представлены результаты применения комплекса этих методов для оперативного проведения инженерно-изыскательских работ в районе оползневой зоны на автомобильной дороге в Западной Украине.

**Исходные данные.** Геофизические исследования в районе оползневой зоны на автомобильной дороге Мукачево – Ивано-Франковск – Рогатин – Львов, 142+85 км, выполнены в 2010 г. На данном участке оползневыми процессами частично разрушена проезжая часть дорожного полотна, а также габионы, которые укрепляли склон со стороны р. Тиса. Оползневые процессы активизировались, наблюдается разрушение склона по направлению к реке Тиса.

Главные задачи геофизических изысканий – определение причин образования оползня, картирование участков повышенной влажности грунтов, установление наличия подземных водных потоков и глубин залегания увлажненных горизонтов грунтов.

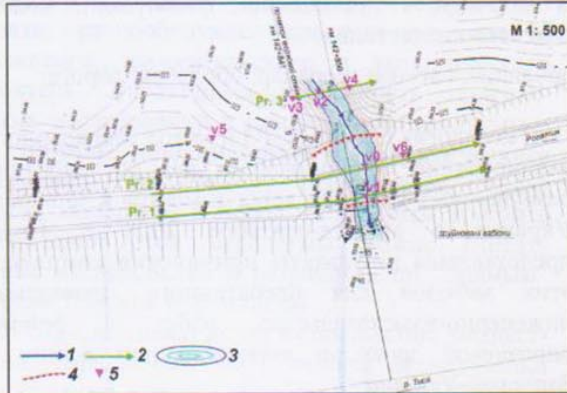
Геофизические исследования проводились с использованием геоэлектрических методов становления короткоимпульсного электромагнитного поля (СКИП), вертикального электрорезонансного зондирования (ВЭРЗ) и георадарного зондирования грунтов антенным блоком АБ 250 МГц.

Метод СКИП использовался для обнаружения и картирования зон повышенной влажности грунтов, установления путей миграции техногенных водных потоков.

Методы электрорезонансного и георадарного зондирования применялись для определения глубин залегания зон повышенной влажности грунтов и построения вертикальных геолого-геофизических разрезов для участка проведения геофизических работ.

**Результаты геофизических работ.** По данным геоэлектрических измерений в районе оползневой зоны определен локальный подземный водный

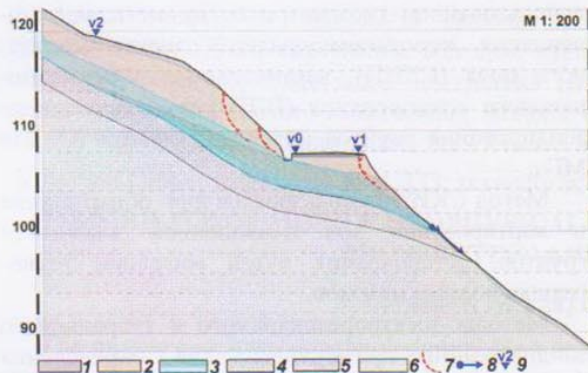
поток, который проходит под дорожным покрытием вниз по склону к реке Тиса (рис. 1). Обнаруженный поток является основной причиной увлажнения грунтов и формирования оползневой зоны. Оползневые грунты расположены с левой и правой сторон дороги. Оползнем частично повреждена правая полоса дороги. Ниже по склону наблюдаются выходы подземной воды на поверхность.



**Рис. 1.** Карта зоны подземного водного потока на оползневом участке дороги.

1 – направление подземного водного потока; 2 – профили георадарного зондирования; 3 – зона подземной миграции грунтовых вод; 4 – зона оползня; 5 – пункты ВЭРЗ.

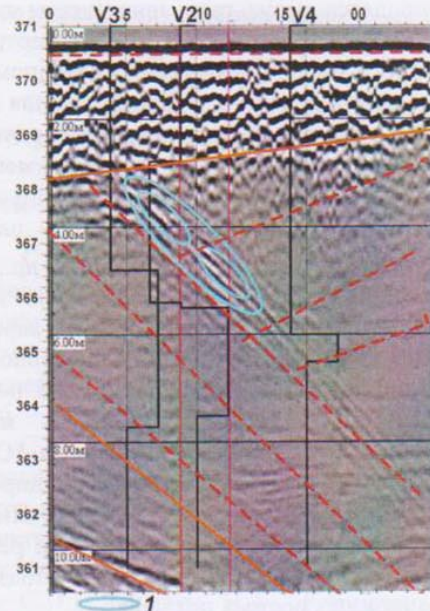
Средняя ширина подземного водного потока под дорожным покрытием составляет порядка 5.0 м. Наблюдается частичное расширение зоны увлажненных грунтов в районе левой полосы дороги. Подземный поток прослежен на 150 м вверх по склону. По данным георадарного зондирования и метода ВЭРЗ, средняя глубина кровли водного потока на склоне – 2.0-2.5 м. Мощность увлажненных грунтов на склоне с левой стороны дороги – 2.0-2.6 м.



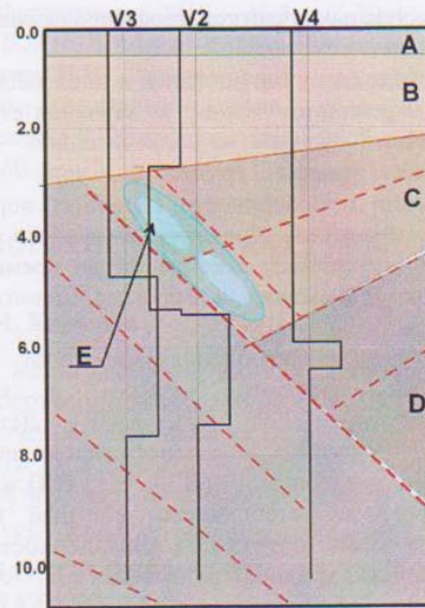
**Рис. 2.** Поперечный разрез оползневой зоны.

1 – поверхностный грунт; 2 – суглинки с включением щебня и валунов; 3 – зона увлажненных грунтов; 4 – частично нарушенный слой коренных пород; 5 – верхняя часть коренных пород; 6 – коренные породы (аргиллиты, песчаники); 7 – плоскость скольжения оползня; 8 – поверхностный поток воды; 9 – пункты ВЭРЗ.

По данным зондирований построены вертикальные разрезы оползневой зоны по поперечному профилю (рис. 2) и продольным профилям № 1 и № 3 (рис. 3-4).



**Рис. 3.** Георадарный разрез зоны фильтрационного водного потока по профилю № 3. 1 – зона водного потока



**Рис. 4.** Геолого-геофизический разрез зоны фильтрационного водного потока по профилю № 3.

A – поверхностный грунт; B, C – суглинки оползневой зоны (глины); D – коренные породы; E – зона водного потока.

По данным ВЭРЗ в центральной части подземного водного потока на левой стороне дороги увлажненные грунты определены в интервале глубин: 0.0-3.6 м (точка № v0). С глубины 3.6 м

до 6.5 м розположені коренні породи середньої щільності, по кровлі яких здійснюється фільтрація ґрунтової води. Нижче 6.5 м щільні коренні породи представлені аргілітами з прослойками пісчаника.

По правій стороні дороги (точка v1) глибина зволоженого пласта ґрунтів визначена в інтервалі 2.0-4.1 м. С глибини 4.1 м до 7.5 м – коренні породи середньої щільності. Нижче 7.5 м – щільні коренні відкладення. Опоздневыми ґрунтами на ділянці є суглинки з включенням валунів і щебнів. С правої сторони дороги опоздневыми процесами частково руйнується ослаблена зона кровлі коренних порід. Зеркалом сколювання опоздневого зони на даній ділянці є поверхня зволоженого горизонту ґрунтів.

**Висновки.** В результаті проведених досліджень на ділянці опоздня виявлена зона підземного водного потоку, який проходить під дорожнім полотном і є причиною його руйнування. Визначено глибини зволоженого ґрунтів, і їх потужність. Встановлено глибини залегання кровлі коренних порід.

Для ліквідації опоздневого процесу необхідно здійснити відвід водного потоку.

Оперативне дослідження руйнованих і опозднеопасних ділянок може здійснюватися комплексом геоелектричних методів СКІП і ВЕРЗ, а також георадарного зондування. Цей комплекс методів дозволяє оперативно виконувати польові вимірювання, що призводить до суттєвому скороченню термінів проведення робіт. Зйомкою СКІП ефективно виділяються і картується зони міграції підземних водних потоків, а також підвищеного зволоження

ґрунтів. Методи зондування дозволяють визначати глибини розположення зволоженого зони, підземних потоків, меж між окремими комплексами порід, суффузійних порожнин, карстових воронки і провалів.

Методи СКІП-ВЕРЗ і георадарного зондування можуть використовуватися також для оперативного проведення моніторингових спостережень на опозднеопасних ділянках дороги.

#### Література

- Задриголова М.М. Радиоволновий метод в інженерній геології і геокології. – М., Видавництво Московського Університету, 1998. – 319 с.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н., і др. Оперативне дослідження і моніторинг ділянок розвитку карстових процесів геофізичними методами // Геоінформатика. – 2008. – № 4. – С. 63-68.
- Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н., Піщаний Ю.М., Ефективність оперативних геофізичних технологій при вивченні інженерно-геологічних умов на ділянках метрополітена приповерхностного залегання // Геоінформатика. – 2009. – № 2. – С. 30-47.
- Павлов А.Т., Лепешкин В.П., Павлова Ю.Н. Можливості і особливості імпульсних індуктивних ЕМ зондувань ВЧР в складних геологічних умовах // Фізика Землі. – 2007, № 3. – С. 65-73.
- Слепак З.М. Геофізика для міста. – Тверь, Видавництво ГЕРС, 2007. – 240 с.
- Шуман В.Н., Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин І.Н. Радиоволнові зондувальні системи: елементи теорії, стан і перспектива // Геоінформатика. – 2008. – № 2. – С. 22-50.

### ОБСТЕЖЕННЯ ЗСУВОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК МОБІЛЬНИМИ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ

С.П. Левашов, М.А. Якимчук, І.М. Корчагин

Наведено результати застосування геоелектричних методів становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП), вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) та георадарного зондування на зруйнованій зсувом ділянці дороги. Показано, що основною причиною розмиву полотна дороги та формування зсуву є наявність зони підвищеної фільтрації ґрунтових вод. Виявлення та картування водних потоків і ділянок підвищеної фільтрації може оперативно здійснюватися комплексом мобільних геофізичних методів.

**Ключові слова:** геоелектричні методи; зондування; зйомка; георадар; зсув; дорога.

### SURVEYING OF LANDSLIDE-DANGEROUS AREAS BY MOBILE GEOELECTRIC METHODS

S. Levashov, N. Yakymchuk, I. Korchagin

The results of practical application of geoelectric methods of forming short-pulsed electromagnetic field (FSPEF) and vertical electric-resonance sounding (VERS), as well as georadar soundings on destroyed by landslide area of road are given. It is shown, that the presence of the zone with raised filtering of ground waters is the main reason of roadway erosion and landslide formation. The finding and mapping of water flow and area of the raised soil moistening can be realized operatively by complex of mobile geophysical methods.

**Key words:** geoelectric methods; sounding; survey; GPR; landslide; road.

<sup>1</sup> Інститут прикладних проблем екології, геофізики і геохімії, г. Київ

<sup>2</sup> Інститут геофізики НАН України, г. Київ