

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ МАЛОГЛУБИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ВНЕШНЕМ ОТВАЛЕ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**

***Ростислав Владиславович Орлов***

ООО ГП «Сибгеотех», 630099, Россия, г. Новосибирск, а/я 283, инженер-геофизик, e-mail: orlov@sibgeotech.ru

***Анна Васильевна Мамаева***

ООО ГП «Сибгеотех», 630099, Россия, г. Новосибирск, а/я 283, ведущий геофизик отделения нефти и газа, тел. (383)222-82-32, e-mail: mamaeva@sibgeotech.ru

***Елена Николаевна Махнач***

ООО ГП «Сибгеотех», 630099, Россия, г. Новосибирск, а/я 283, главный геофизик отделения нефти и газа, тел. (383)222-82-32, e-mail: machnach@sibgeotech.ru

В работе приведены результаты электроразведочных исследований методом зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ) на внешнем отвале угольного разреза, проведенные с целью выявления причин схода оползня и оценки оползневой опасности на прилегающих участках, выделения ослабленных и обводненных зон.

В ходе обработки полевых материалов были построены геоэлектрические разрезы по профилям и карты распределения сопротивления для слоев, обладающих повышенной проводимостью. На основании полученных результатов выполнено литологическое расчленение разреза до глубины 100 м, установлена глубина залегания коренных пород, положение ослабленных, деструктивных зон, дана оценка причин схода оползня в районе отвала, спрогнозирована оползневая опасность на участках, примыкающих к району деформаций.

**Ключевые слова:** зондирование становлением в ближней зоне, электрическое сопротивление, оползень, угольный разрез, угольный отвал, проводимость.

## **INTERPRETATION RESULTS OF NEAR SURFACE TEM-INVESTIGATIONS FOR LANDSLIDE DEFORMATIONS ON OUTER DUMPS OF COAL MINE**

***Rostislav V. Orlov***

«Sibgeotech» Ltd, 630099, Russia, Novosibirsk, Post office box 283, Junior Geophysicist, e-mail: orlov@sibgeotech.ru

***Anna V. Mamaeva***

«Sibgeotech» Ltd, 630099, Russia, Novosibirsk, Post office box 283, Senior Geophysicist, tel. (383)222-82-32, e-mail: mamaeva@sibgeotech.ru

***Elena N. Makhnach***

«Sibgeotech» Ltd, 630099, Russia, Novosibirsk, post office box 283, Chief Geophysicist, tel. (383)222-82-32, e-mail: machnach@sibgeotech.ru

The work contains results of TEM near field surveys on outer dumps of coal mine allowed to define causes of landslide initiation and evaluate landslide risk on adjoining area including determination water saturated and weakened areas.

In the course of EM-data processing geoelectric cross-sections and electric resistance distribution maps for increased conductivity horizons. Having based on results of data processing, lithological section to a depth of 100 meters was performed, bedrocks depth, destructive zones and weakened areas was evaluated, causes of landslide initiation in dump area was defined. Landslide hazard forecasts was determined on adjoining areas to dump.

**Key words:** TEM surveys, electric resistance, landslide, coal mine, coal dump, conductivity.

## Введение

Основной целью работ являлось выявление причин схода оползня и оползневой опасности на прилегающих участках, в том числе: изучение геологического строения массива горных пород с применением априорных геологических данных, выявление тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости, обводненности и других потенциально опасных, ослабленных, деструктивных зон. С этой целью была проведена малоглубинная электроразведка методом зондирования становлением поля в ближней зоне (М-ЗСБ), выполнена ее обработка и геолого-геофизическая интерпретация.

Основанием для проведения электроразведки М-ЗСБ являются хорошая контрастность электрофизических параметров геологического разреза. Отложения угольного отвала обладают повышенным электрическим сопротивлением по отношению к подстилающим их низкоомным суглинкам. Технология изучения потенциально опасных оползневых зон, определения причин оползневых деформаций методами электроразведки описана в [1, 2]. Рассмотренную проблему можно было решить с применением методов малоглубинной сейсморазведки [3], однако, исходя из физико-геологических параметров разреза, лучшим методом оказалась электроразведка.

## Аппаратура

Работы были произведены с использованием электроразведочного комплекса серии «Импульс-Д13». Регистрация EM-поля производилась в диапазоне 0,02–300 мс, с шагом съемки 20 м. Разрешающая способность метода по глубине в основном зависит от частоты дискретизации сигнала. При использовании измерительной аппаратуры "Импульс-Д13" она ограничена максимальной частотой регистрации сигнала, которая составляет 50 нс, что дает возможность выделять объекты мощностью от 1 м в интервале глубин 0–10 м, 3 м в интервале глубин 10–30 м, 3–5 м в интервале глубин 30–50 м.

В начале полевых работ были выполнены опытно-методические работы, на основании которых выбраны параметры установки:

- размер генераторного контура 10\*10 м;
- ток в генераторном контуре 30 А;
- длительность импульса тока (паузы) 2 мс;
- количество накоплений 2000.

Максимальная глубина исследования при описанных размерах генераторной петли составила 100 м.

## Результат обработки полевых данных

На основе априорной геологической и геофизической информации, результатов оценочной одномерной инверсии была построена интерпретационная модель, выделены целевые геоэлектрические объекты, их возможная глубина залегания. Для западной части участка исследований интерпретационная модель имеет достаточно простой вид – чередование в разрезе проводящих и непроводящих слоев (модель типа КНКНК). Для восточной части интерпретационная модель также имеет вид – чередование в разрезе проводящих и непроводящих слоев (модель типа КНК), но количество слоев уменьшается, а на некоторых профилях модель трансформируется в тип НК [4].

Строение ненарушенных техногенных отложений, представленный на геоэлектрическом разрезе (рис. 1), имеет выраженное горизонтально-слоистое строение и представлен 5-ю слоями (сверху вниз).

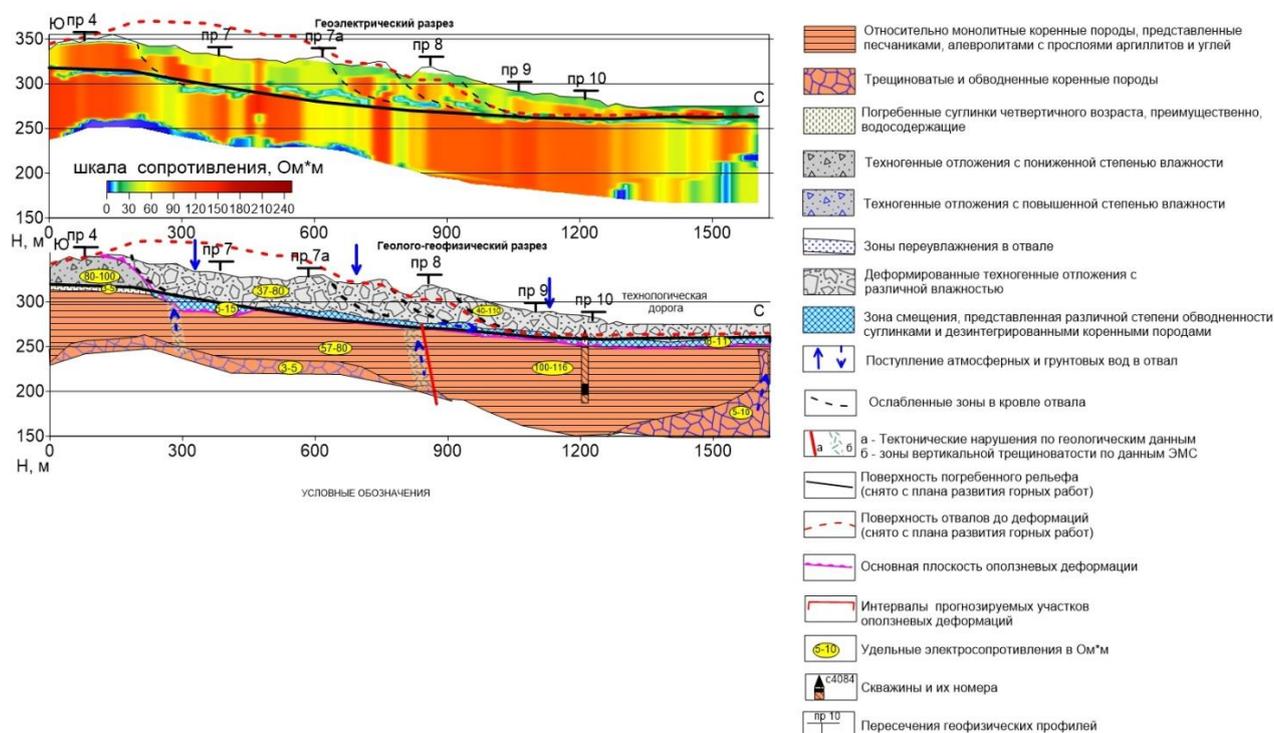


Рис. 1. Строение ненарушенных техногенных отложений

Первый слой (слой 1) мощностью до 20–25 м обладает повышенными сопротивлениями (70–100 Ом\*м) и контролирует техногенные отложения с пониженной степенью влажности. Второй слой (слой 2) мощностью 10–15 м, имеющий выход на дневную поверхность и ограниченный распространением, отличается низкими сопротивлениями, достигающими 5–25 Ом\*м. Природа его связывается с зоной ослабления, локализованной в кровле безводных техногенных образований. Появление этого слоя, вероятно, связано со вскрышными породами, отсыпанными в весенне-осеннее время дождей. Третий слой (слой 3) характеризуется высокими сопротивлениями (80–100 Ом\*м) и толщиной

до 25–50 м. Он контролирует уплотненные техногенные отложения необводненные. Четвертый подстилающий горизонт (слой 4) располагается в основании отвала, имеет различную мощность. Для западной части его мощность составляет 10–20 м. Сопrotивление пород изменяется в пределах от 5–6 до 25–30 Ом\*м. Стратиграфическая и литологическая привязка слоя выполнена по скважинам на разведочных линиях, пересекающих профили ЗСБ.

По скважинным данным известно, что четвертичные отложения имеют мощность 2–49 м и представлены суглинками с прослоями глины. Коренные породы, затронутые выветриванием, имеют мощность от 20 до 60 м и обладают повышенной трещиноватостью, каолинизированы, по трещинам проходят окислы железа. Коренные породы, не затронутые выветриванием, имеют мощность 60–80 м и обладают низкой трещиноватостью. Пятый горизонт (слой 5) представлен относительно монолитными коренными породами, сложенными песчаниками. Для него типичны высокие сопротивления (90–130 Ом\*м) с понижением до 70–90 Ом\*м, где прогнозируется обводненность трещиноватой кровли коренных пород.

Строение участка оползневых деформаций характеризуется как сложное (рис. 2).

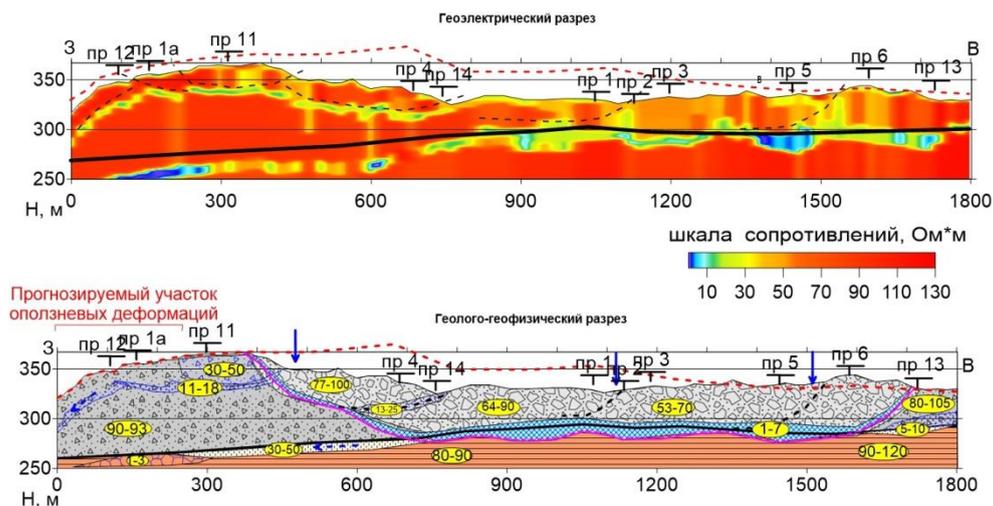


Рис. 2. Строение участка оползневых деформаций

Основной объем смещенных пород представлен техногенными образованиями и крайне ограничен обводненными суглинками в подошве. Наиболее сохранившиеся (крупнодисперсные) блоки, обладающие повышенными сопротивлениями, отмечаются в тыловой и нижней частях участка деформаций. Во фронтальной и верхних зонах доминируют увлажненные и более тонкодисперсные фрагменты, для которых типичны пониженные сопротивления. Зона смещения, формирующая подошвенную (аномально низкоомную) часть зоны деформации, представлена сложной ассоциацией литологических компонент с максимальной влажностью – суглинков, дезинтегрированных коренных пород, техногенных отложений. Мощность ее составляет 5–15 м, причем с возрас-

танием в направлении на север и на северо-восток. На большей части зона смещения располагается непосредственно на коренных породах, однако на западе и юго-западе сдвигение пород осуществлялось по кровле уплотненных техногенных пород и зона смещения здесь предположительная, так как она не контрастно проявлена в электрометрических показателях.

Степень водонасыщенности и деструкции, судя по распределению сопротивлений в пределах зоны, не выдержана. Плоскость смещения, приуроченная к подошве водонасыщенных пород в основании отвала, характеризуется сложным строением. В периферийных частях углы скольжения резко возрастают, причем на востоке и западе они более крутые.

В основании отвала залегают четвертичные отложения, представленные суглинками и глинами, которые при обводнении становятся текучими. По мере складирования отвальных пород и достижения их критической мощности, превышающей критерии устойчивости склонов, произошло смещение техногенных образований, начиная с нижнего яруса отвала.

### Заключение

На основании полученных геоэлектрических разрезов и карт распределения сопротивления было установлено, что зона смещения (зеркало скольжения) приурочена ко второму проводящему геоэлектрическому слою – водонасыщенным суглинкам мощностью 10–20 м и кровле выветрелых коренных пород, представленных переслаиванием песчаников, алевролитов и углей. Также было установлено, что в верхней части отвала имеются ослабленные, водонасыщенные зоны, по которым возможно сдвигение пород при климатических и механических нагрузках. В результате было выделено три вероятных зоны возникновения оползневых деформаций (рис. 3), даны рекомендации по заложению наблюдательных гидрогеологических скважин.

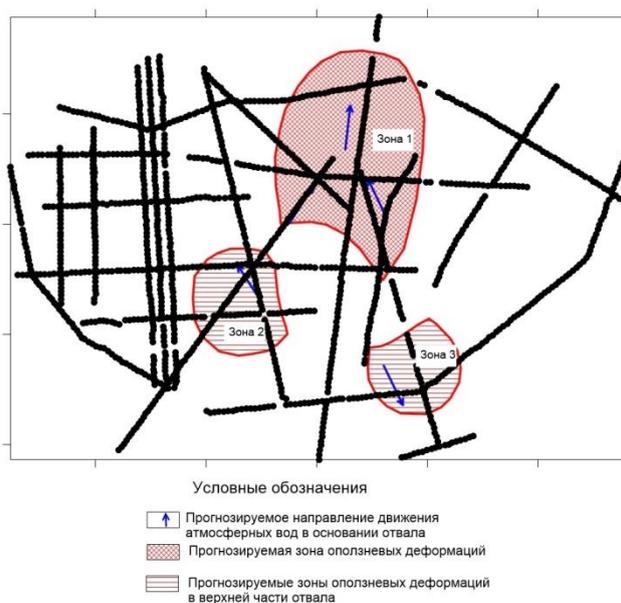


Рис. 3. Зоны вероятных оползневых деформаций

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тригубович Г.М., Пустозеров М.Г. Технология изучения потенциально опасных зон с телеметрическим оборудованием серии «Импульс» // Добывающая промышленность. – 2016. – № 2.
2. Тригубович Г.М., Дмитриев Ю.Ю. Современные методы электрометрии для исследования верхней части разреза при решении инженерных задач в топливно-энергетическом комплексе // Инженерная геология. – 2010. – № 7.
3. Хмелевской В.К., Модин И.Н., Яковлев А.Г. Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. – М., 2015. – 311 с.
4. Методика и результаты сейсмического исследования процессов образования оползней в условиях многолетнемерзлых пород / М.В. Курленя, Г.С. Чернышов, А.С. Сердюков и др. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 5. – С. 6–13.

© Р. В. Орлов, А. В. Мамаева, Е. Н. Махнач, 2017