



УДК 550.837

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ УЧАСТКОВ

### USE OF GEOPHYSICAL SURVEY DATA TO STUDY THE STRUCTURE OF LANDSLIDE SITES

**Сайганов Алексей Андреевич**

директор,  
ООО «Краснодарспецгеофизика»

**Шкирман Наталья Петровна**

руководитель отдела геофизических исследований,  
ООО «Краснодарспецгеофизика»,  
доцент кафедры геофизики,  
Кубанский государственный университет  
nshkirman2012@ya.ru

**Аннотация.** В данной статье на примере одного из участков работ (южный берег Крыма) приведены результаты статистической обработки данных геофизических исследований – электротомографии. Полученные материалы позволили получить двумерные и трехмерные цифровые модели, уточнить локализацию изучаемых объектов по площади и по глубине, что может быть использовано при проектировании инженерно-технических защитных мероприятий.

**Ключевые слова:** геофизические исследования, электротомография, профильные разрезы, кривых  $R_k$ , двумерные и трехмерные цифровые модели, статистические оценки параметров разреза.

**Sayganov Aleksey Andreevich**

Director,  
Krasnodarspetsgeofizika LLC

**Shkirman Natalia Petrovna**

Head of the Department of Geophysical Research,  
Krasnodarspetsgeofizika LLC,  
Associate Professor of the Department of Geophysics,  
Kuban State University  
nshkirman2012@ya.ru

**Annotation.** In this article, on the example of one of the sites of work (the southern coast of the Crimea), the results of statistical processing of data from geophysical studies – electrotomography are given. The materials obtained made it possible to obtain two-dimensional and three-dimensional digital models, to clarify the localization of the studied objects by area and depth, what can be used in the design of engineering and technical protective measures.

**Keywords:** geophysical research, electrotomography, profile sections, curves  $R_k$ , two-dimensional and three-dimensional digital models, statistical and estimates of section parameters.

**Краткая характеристика участка.** В 2021 году предприятием ООО «Краснодарспецгеофизика» был выполнен комплекс инженерно-геофизических исследований на территории санатория «Алупка» МВД России. В административном отношении участок работ находится в Республике Крым, в пгт. Парковое, г. Ялта (рис. 1). Согласно карте геоморфологического районирования Крыма участок расположен у подножья южного склона Главной гряды, полностью приурочен к Кучук-Койской оползневой системе и является частью крупного оползневого тела, в пределах которого в результате возможно проявление оползневых процессов.



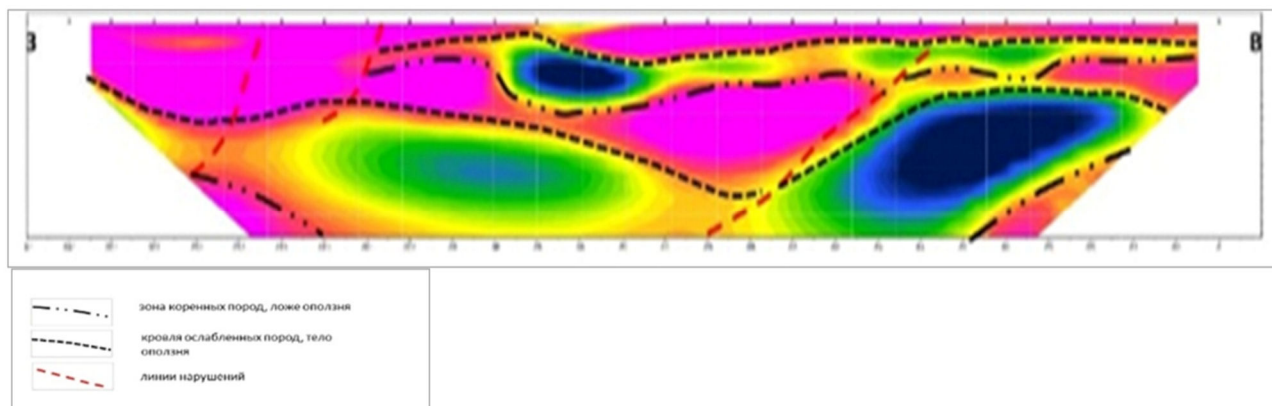
Рисунок 1 – Схема расположения территории исследований



**Методика работ.** При проведении инженерно-геофизических исследований была поставлена задача изучения тела оползня, включая определение его планового положения и оценку мощности.

В зоне скольжения, являющейся основной структурной единицей оползневого тела, практически всегда отмечается резкое изменение петрофизических параметров, но степень этого изменения зависит от уровня деформации и переработки горных пород. Зависимость электрических характеристик пород от их состава, структуры и водно-физических свойств является основой для изучения оползневых участков с помощью методов электроразведки [1]. Анализ материалов, полученных методом электротомографии, являющегося одной из технологий электроразведки, позволил выделить зоны ослабления в теле оползня, связанные с изменением литологического состава и влажности пород.

Для изучения тела оползня на участке исследований были отработаны шесть электроразведочных профилей общей протяженностью 925 метров. По каждому профилю получен комплект геоэлектрических разрезов, включающий поле наблюдаемых кажущихся сопротивлений, поле расчетных кажущихся сопротивлений и разрез сопротивлений, полученный на основе решения обратной задачи, инверсии (рис. 2).



**Рисунок 2** – Пример геоэлектрического разреза ЭТ с нанесенными границами зон коренных и зон ослабленных пород

**Анализ полученных материалов.** Полученные геоэлектрические разрезы характеризуют 2D-распределение величины удельного электрического сопротивления, которые отображают неоднородную структуру геологического разреза как по латерали, так и по вертикали. Однако исходные 2D-модели демонстрируют лишь интегральную картину, при этом многие детали планового распределения и особенностей внутреннего строения предполагаемых оползневых тел остаются не освещенными.

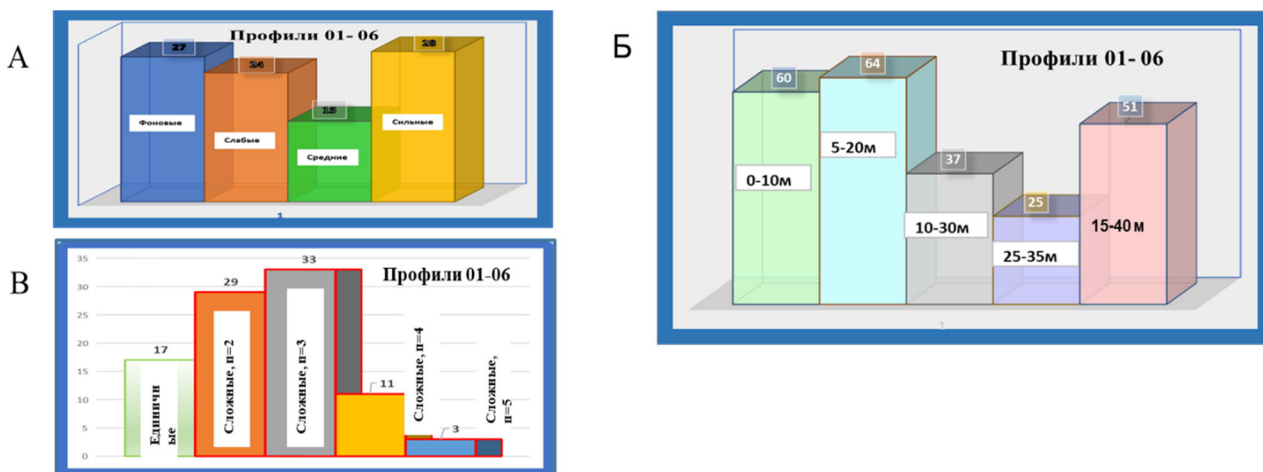
С целью детализации строения указанных объектов по каждому из профилей были построены графики  $R_k = f(H)$ , представляющие собою глубинно-пластовые параметрические модели строения изучаемого геологического разреза. Визуальный анализ полученных кривых  $R_k(H)$  показал, что дифференциация кривых как по латерали (по  $X$ ), так и по вертикали (по  $H$ ) довольно существенна.

На данном участке в рамках инженерно-геологических изысканий было выполнено бурение 52-х колонковых скважин глубиной 13,0 метров. Поэтому полученные по отдельным профилям графики  $R_k(H)$  были сопоставлены с разрезами колонковых скважин, пробуренными в пределах участка (52 скважины). Целью такого сопоставления являлось определение степени соответствия параметрических разрезов геологическим, а также оценка электрических характеристик отдельных инженерно-геологических элементов.

С целью систематизации и ранжирования выделенных аномалий весь массив данных  $R_k(H)$  был проанализирован по ряду признаков: интенсивности (величине) аномалий  $R_k$ ; глубине проявления аномалий  $R_k$ ; типу (форме) кривых  $R_k$ . При этом весь диапазон значений  $R_k$  при ранжировании по интенсивности условно был разделен на четыре класса значений: «фоновые», «слабые», «средние», «сильные» (рис. 3).

Полученный на основе классификации обобщенный «портрет» наблюдаемых аномалий, отображающий предполагаемое тело оползня, выглядит следующим образом: тело оползня отображается совокупностью «сильных» и «слабых» аномалий на фоне очень слабых по интенсивности значений и может проявляться в интервалах глубин 0–10м, 5–20м и 15–40м. Чаще всего аномалии, отображающие тело оползня, являются по форме «сложными» (состоящими из 2-х или 3-х элементов), реже простыми, «единичными» (рис. 3).

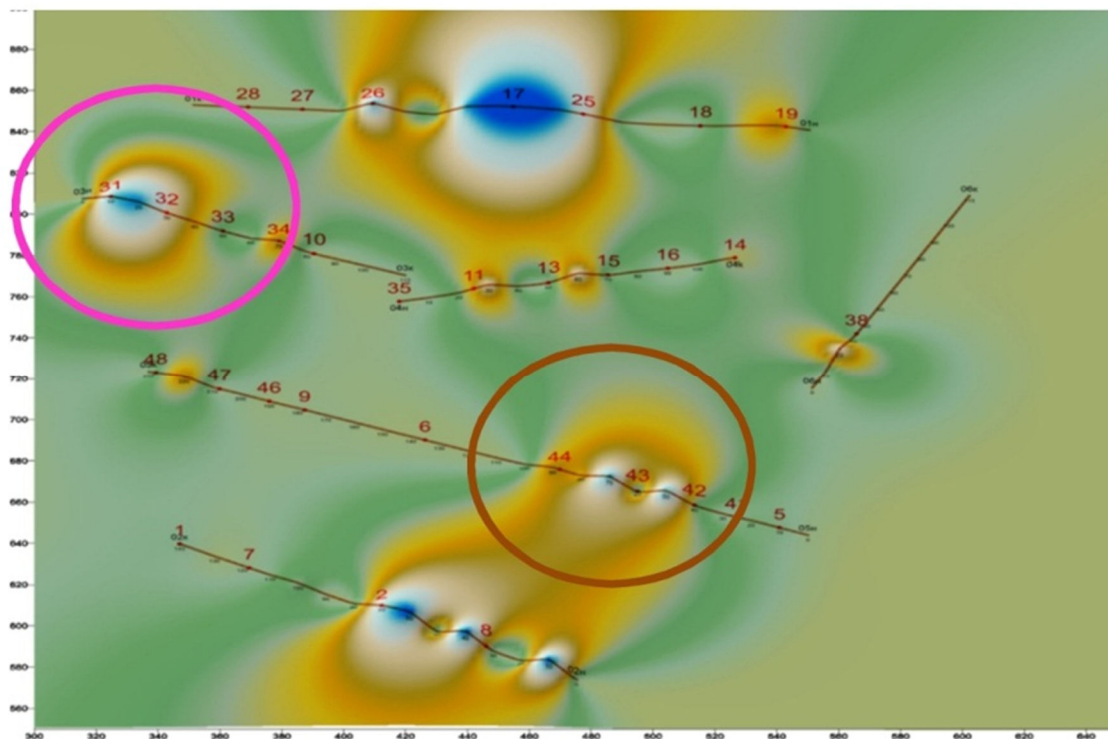
Немного истории. Кучук-Койская оползневая система, к которой приурочен участок исследований, впервые была зафиксирована в 1786 г. Оползневые породы Кучук-Койской системы представлены суглинисто-щебнистыми отложениями с глыбами известняков и смешанными пачками пород коренной основы общей мощностью около 30–40 м [2], что полностью подтверждается данными бурения и свидетельствует о том, что вышеназванная система представляет собой довольно сложную совокупность оползней, характеризующуюся определенной цикличностью своей жизнедеятельности.



**Рисунок 3** – Гистограмма распределения параметра Rk по интенсивности (А), глубине проявления (Б) и по типу аномалий (В)

Построение 2D-моделей. Для уточнения планового положения тела оползня и его конфигурации были построены карты Rk, которые представляют собой площадные распределения указанного параметра в виде серии горизонтальных срезов на фиксированных отметках глубин. Полученные карты позволяют наглядно проследить изменение конфигурации и размеров тела оползня, ограниченно изолиниями повышенных и аномальных значений Rk на разных глубинных уровнях. Изменение конфигурации оползня, его положения и глубины проявления, на наш взгляд, является признаком его стадийности оползневого процесса, цикличности «жизни» как самого оползня в виде единого тела, так и в виде совокупности самостоятельных оползневых тел, характеризуется своим циклом развития.

Построение 3D-моделей. Полученные 3D-модели были использованы для сопоставления карт параметра Rk с положением оползня, установленным по результатам инженерно-геологических изысканий в юго-западной части участка. На рисунке 4 показано положение указанного оползня на параметрической карте 3D, ниже приведен фрагмент геологического разреза через скважины, освещающий картину внутреннего строения (рис. 5) этого оползня. Полученные 3D-модели демонстрируют вполне удовлетворительное совпадение планового положения объекта, полученного по данным ИГИ и геофизическим исследованиям.



**Рисунок 4** – Положение тела оползня, выделенного в поле 3D-карты. Цветными овалами выделены участки, соответствующие фрагментам геологических разрезов

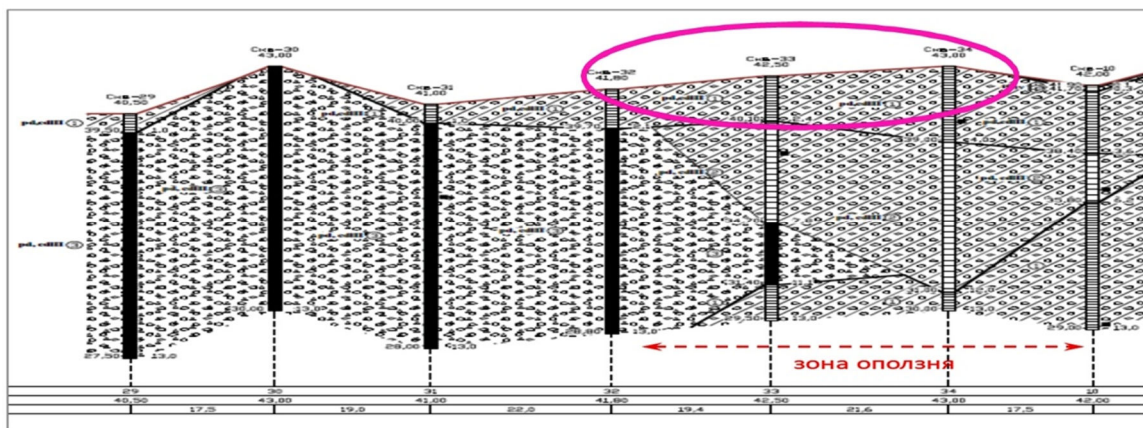


Рисунок 5 – Фрагмент геологического разреза через скв. №№ 31-32-33-34

Аналогичный пример совпадения планового положения параметрических аномалий и зон проявления оползня по данным бурения для восточного сектора участка (скв. №№ 42,44,45) приведен на рисунке 6.

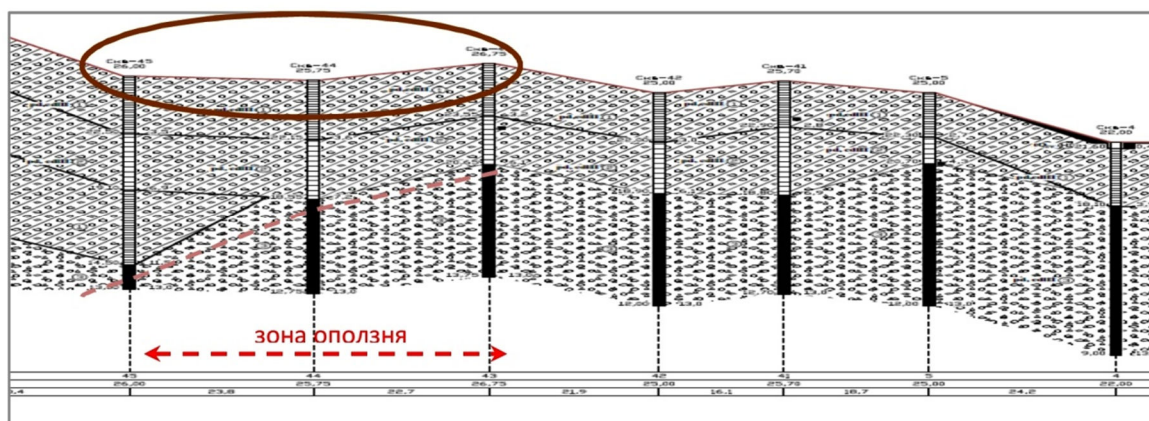


Рисунок 6 – Фрагмент геологического разреза через скв. №№ 42-44-45

**Выводы.** Использование данных электротомографии в сочетании с анализом глубинно-пластовых кривых  $R_k(H)$ , 2D и 3D-моделей позволило получить общую картину строения участка исследований с точки зрения наличия возможных оползней и уточнить их плановое положение, а также подтвердить положение тела оползня, намеченного по материалам инженерно-геологических изысканий.

**Список литературы:**

1. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики / Под ред. В.А. Богословского. – М. : Недра, 1990. – 502 с.
2. Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. Оползни Крыма. – Ч. 1. – Симферополь : «Апостроф», 1999. – 247 с.

**List of references:**

1. Ogilvi A.A. Osnovy inzhenernoi geofiziki / Edited by V.A. Bogoslovsky. – M. : Nedra, 1990. – 502 p.
2. Erysh I.F., Salomatin V.N. Landslides of Crimea. – Ch. 1. – Simferopol : «Apostrophe», 1999. – 247 p.