ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ
НА ВОСТОЧНОМ КРЫЛЕ БИБИЭЙБАТСКОЙ БРАХИАНТИКЛИНАЛИ
МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Саламов А.М., Кадиров А.Г., Мухтаров А.Ш., Заманова А.Г., Гасымов Э.Э.

Институт геологии и геофизики НАНА

AZ1143, г. Баку, просп. ГДжавида, 119: avazsalamov@yandex.ru

DEVELOPMENT OF LANDSLIDE PROCESSES ON THE EASTERN WING
OF THE BIBIHEYBAT BRACHANTICLINE USING THE ELECTRICAL SURVEY

Salamov A.M., Gadirov A.H., Mukhtarov A.Sh., Zamanova A.H., Gasimov E.E.

Geology and Geophysics Institute, Azerbaijan National Academy of Sciences

119, H.Cavid ave., Baku, AZ1143: avazsalamov@mail.ru

Key words: *geophysics, landslide, electrical prospecting, resistance, brachianticline, fracture*

Summary. The article investigates the development of landslide processes on the eastern wing of the Bibiheybat brachianticline using vertical electric sounding method (VES).

On the surface of the study area, eluvial-deluvial deposits of the Quaternary period of marine (Eopleistocene, Pleistocene) and continental (Holocene) origin are mainly developed. The geological environment of the study area undergoes complex geological and neotectonic processes.

Field geophysical work was carried out on nine profiles and sections of apparent vertical electrical resistance and geoelectric sections were constructed, which were then converted into alleged lithological and geophysical sections.

As a result of geophysical studies, it was found that the apparent and specific electrical resistances of the rocks composing the geological section vary respectively in the intervals of 0.5 ... 80 Ohm·m and 0.3 ... 90 Ohm·m.

In the compiled alleged lithological and geophysical sections mainly five layers with different thicknesses and specific electrical resistances are traced.

As a result of the work, a detailed lithological differentiation of the geological section of the study area to a depth of 50 m was carried out; the thickness of landslide mass and depth of the slip plane were determined; alleged lines of faulting were identified and traced; 3D model of the apparent electrical resistance of the landslide zone was built.

The first layer identified from the earth's surface (the mass of the landslide) is presumably composed of various fragments of deluvial deposits. The remaining layers respectively are composed of clays, clays with thin layers of sand, sand clays, alternation of clays with weakly cemented sandstones.

The presence of rocks in the geological section with reservoir properties and discontinuous disturbances creates favorable conditions for the accumulation of water of various origins in the body of the landslide, moistens the sliding plane, which leads to the activation of the landslide.

Studies have shown that on the eastern slope of the brachianticline there are factors that activate landslide processes.

© 2020 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

Оползневые явления, наряду с холмами и горными районами, чаще наблюдаются в прибрежных районах рек, озер, водохранилищ и морей. Нужно также отметить, что развитие оползневых процессов в жилых районах, а также в районах хозяйственной деятельности человека наносит значительный ущерб инже-

нерно-техническим сооружениям и жилищно-му хозяйству.

Как известно, оползневые явления являются одной из разновидностей экзогенных геологических процессов (ЭГП). Исследования оползней геофизическими методами на территории Азербайджанской Республики имеют небольшую историю.

А.С.Шахсуваровым было проведено инженерно-геологическое картографирование Азербайджанской Республики в масштабе 1:500000, в котором использовались данные до 1990 г. Инженерно-геологическое районирование проводилось по научно-методическим показателям (Azərbaycan Respublikası ərazisində..., 2008). Согласно карте территория республики с точки зрения распространения оползней делится на семь областей (рис. 1):

- 1 – северо-восточный склон Большого Кавказа;
- 2 – юго-восточный склон Большого Кавказа;
- 3 – Куринская депрессия;
- 4 – Горно-Талышский геоструктурный регион;
- 5 – Абшеронский полуостров;
- 6 – Нахчыванская горно-складчатая зона;
- 7 – северо-восточный склон Малого Кавказа.

Рис. 1. Оползневые зоны территории Азербайджанской Республики (составитель: Р. Агамирзоев).

▲ – активные оползневые зоны;
■ – относительно стабильные оползневые зоны;
I – северо-восточный склон Большого Кавказа; II – юго-восточный склон Большого Кавказа; III – Куринская депрессия; IV – Горно-Талышский геоструктурный регион; V – Абшеронский полуостров; VI – Нахчыванская горно-складчатая зона; VII – северо-восточный склон Малого Кавказа

На территории г.Баку, расположенном на Абшеронском полуострове, часто происходили оползни. В 1929 и 1938 годах Л.В.Лалиашвили исследовал оползневое скольжение в районе Байыловского моста и предложил мероприятия по защите от оползней.

Оползни, произошедшие в 1946 г. в поселках Зых и Байыл, были исследованы Ш.А.Азизбековым. В 1950-1954 гг. оползень Байыловского склона в горно-парковой зоне исследовали А.П.Попов и И.И.Коновалов. С 1957 г. на территории Большого Кавказа академиком Б.А.Будаговым исследовались оползневые селевые потоки и другие ЭГП процессы. В 1961 году А.Г.Алиев, в 1972-1974 годах

А.С.Шахсуваров, А.Х.Шабанов, Ф.С.Сеидалиев, в 1996-2002 годах Ф.Ш.Алиев, А.Б.Алекперов, Е.Б.Шахалиев, Ф.Ш.Мамедов, А.М.Саламов, Г.Теюбов на Байыловском склоне проводили комплексные инженерно-геологические, инженерно-геофизические и топографические исследования и выявили там факторы скольжения, также ими были предложены меры по защите от оползня.

В период с 1970 по 2007 гг. на территории республики было зарегистрировано 900 случаев оползней, 128 лавин, 45 наводнений, 222 формирования оврагов и 112 селевых потоков, и число этих процессов ежегодно увеличивается (Əliyev, 2002).

В 2014 и 2019 годах геофизические исследования проводились в районе Бибиэбатского оползня, географически расположенного на юге Абшеронского полуострова, к западу от г.Баку и поселка Бадамдар, а в структурно-геологическом отношении – на восточном крыле Бибиэбатской брахиантиклинали.

С целью изучения оползневых процессов на территории Бибиэбатской брахиантиклинали перед геофизическими исследованиями были поставлены следующие задачи:

- детальное литологическое расчленение геологического разреза территории исследования до глубины 50 м;
- определение мощности оползневой массы и глубины залегания предполагаемой плоскости скольжения;
- выявление и прослеживание предполагаемых линий разрывных нарушений;
- определение некоторых физических параметров оползневой массы;
- построение 3D модели кажущегося электрического сопротивления зоны оползня.

Для изучения оползневого процесса на восточном склоне Бибиэбатской брахиантиклинали был выбран метод ВЭЗ (Вертикального Электрического Зондирования) (Алиев и др., 2008; Мамедов и др., 2019; Саламов и др., 2019), и в 2019 году полевые геофизические исследования были проведены по девяти профилям на площади 2.5 га. Координаты района исследования: N=40.3306, 40.3324; E=49.8102, 49.8114; абсолютная высота рельефа территории варьирует от 130 до 145 м (рис. 2).

Территория относится к аридной зоне, где преобладают умеренно-теплые полупустынные и сухие летние климатические условия. Годовое количество атмосферных осадков составляет 220 мм, а испарения в несколько раз превышают эти показатели. Среднегодовая температура составляет 14.6°C. В летнее время почва прогревается до 46-47°C, а зима бывает мягкой с небольшим количеством снега.

Рис. 2. Схема расположения геофизических профилей.
– геофизические профили; ● – точки ВЭЗ

Скорость северных ветров на Абшеронском полуострове в основном колеблется от 20 до 25 м/с, но в некоторых случаях достигает до 30-40 м/с. Летом скорость ветра снижается до 6-10 м/с.

Методика и интерпретация полевых работ

Как указывалось выше, полевые исследования проводились в районе оползня на восточном крыле Бибиэйбатской брахиантклинали западнее г. Баку, недалеко от поселка Бадамдар.

Из-за пересеченности рельефа площади исследования в целях уменьшения погрешности в измерениях измерительные линии раскрывались вдоль склона (Erpelbaum, 2019).

Полевые геофизические наблюдения велись с помощью симметричной электроразведочной установки AMNB с разносами $AB/2 = 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 10; 12; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 24; 26; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 36; 38; 38; 40; 40; 42; 44; 46; 48; 50$ м и с разносами $MN/2 = 0,3; 0,3; 0,3; 0,3; 0,3; 0,3; 0,3; 0,3; 1; 0,3; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 1; 2; 1; 2; 2; 2; 2; 2; 2; 3; 2; 3; 2; 3; 3; 3; 3; 3$ м.

Питающие электроды соединены проводами ГПСМПО, а приемные электроды подключены через провода типа ГСП-2. Направления исследовательских профилей и местоположения точек наблюдения были определены с помощью GPS. Всего отработано девять профилей – северо-запад-юго-восток I-I, II-II, III-III, IV-IV, V-V и северо-восток-юго-запад VI-VI, VII-VII, VIII-VIII, IX-IX. Измерения производились электроизмерительным прибором АМС-1 на частоте 4.88 Гц.

Для контроля качества измерений в каждой точке наблюдения первые и последние замеры были повторены.

В результате выполненных полевых работ были рассчитаны значения кажущегося ρ_k и удельного ρ_y электрического сопротивления пород, которые слагают геологический разрез. Интерпретация полученных данных проводилась в следующей последовательности:

– рассчитывались значения кажущегося электрического сопротивления по следующей формуле (Якубовский и Ренард, 1991):

$$\rho_k = K \cdot \Delta U / I \text{ (мВ/мА)},$$

где $K = (\pi \cdot AM \cdot AN) / MN$ – геометрический коэффициент установки, ΔU – разность напряжений (мВ), I – сила тока (мА);

– удельное электрическое сопротивление пород рассчитывалось следующим образом (Галин, 1989; Попов и др., 1990):

если $\rho_{k(i)} > \rho_{k(i-1)}$, где i – порядковый номер разности,

$$\rho_y = \frac{[\rho_{k(i)} \cdot (AB/2)_i - \rho_{k(i-1)} \cdot (AB/2)_{i-1}]}{[(AB/2)_i - (AB/2)_{i-1}]},$$

если $\rho_{k(i)} < \rho_{k(i-1)}$,

$$\rho_y = \frac{[(AB/2)_i - (AB/2)_{i-1}] \cdot \rho_{k(i)} \cdot \rho_{k(i-1)}}{\rho_{k(i-1)} \cdot (AB/2)_i - \rho_{k(i)} \cdot (AB/2)_{i-1}},$$

где $(AB/2)_i$ – половина питающей линии.

Для оценки качества полевых работ проводились повторные измерения ВЭЗ в произвольно выбранных точках наблюдения. Для расчета относительной погрешности в точке наблюдения была использована следующая формула (Попов и др., 1990):

$$\omega = \frac{\rho_{k(i.o)} - \left(\frac{\rho_{k(i.o)} + \rho_{k(i.k)}}{2} \right)}{(\rho_{k(i.o)} + \rho_{k(i.k)}) / 2} \cdot 100\%,$$

$\rho_{k(i.o)}$ – значения, полученные при основных измерениях,

$\rho_{k(i.k)}$ – значения, полученные при контрольных измерениях.

Рассчитанная относительная погрешность находилась в пределах, указанных в инструкции по электроразведке.

В результате полевых работ, проведенных методом ВЭЗ по 9 профилям, на основании полученных значений кажущихся ρ_k и удельных ρ_y электрических сопротивлений были построены вертикальные ρ_k и предполагаемые литолого-геофизические разрезы.

При интерпретации результатов полевых геофизических исследований использовались компьютерные программы Surfer 15, ZOND-2 и CorelDRAW-6X.

Краткая геологическая характеристика исследуемого участка

На территории Абшеронского полуострова, в том числе на площади исследования, четвертичные морские отложения в пределах синклинальных прогибов восточной части полуострова залегают согласно на абшеронских слоях. А на антиклинальных поднятиях они лежат несогласно на размытой поверхности плиоценовых, а местами даже миоценовых пород. Низы четвертичных морских отложений представлены в двух фациях: песчаной – на юго-западе и глинистой – на востоке (Azərbaycan Respublikası ərazisində..., 2008).

На поверхности исследуемой площади широко развиты коллювиальные и элювиально-делювиальные отложения четвертичного периода морского (эоплейстоцен, плейстоцен) и континентального (голоцен) происхождения. Эти отложения подвержены действиям сложных геологических и неотектонических процессов.

Значительную роль в тектонике Абшеронской зоны играют предпонтическое (время образования Говдаг-Сумгайытского шарьяжа), предпродуктивное, предбакинское и предгюргянское несогласия, слабую или незаметную роль – несогласия перед акчагылом, средним и верхним абшероном. Большая часть антиклинальных поднятий существовала уже в позднем миоцене (т.е. обязаны своим происхождением движениям аттической фазы тектогенеза – времени образования Говдаг-Сумгайытского шарьяжа), а остальные возникли в век продуктивной толщи, продолжая затем развитие в акчагыле и абшероне (Векилов, 1956).

Анализ распределения литофаций и мощностей плиоцен-четвертичного комплекса отложений показывает, что в формировании современной структуры рассматриваемой области определяющее значение имели нарушения субмеридионального (СЗ-ЮВ, ССЗ-ЮЮВ) и субширотного (З-В, ЗСЗ-ВЮВ) направлений, с которыми связаны наиболее контрастные вертикальные и горизонтальные смещения. Эти нарушения в значительной степени скрыты под покрывкой из позднеплейстоцен-голоценовых образований, но проявлены в обнажениях более древних пород (Azərbaycan Respublikası ərazisində..., 2008).

Абшеронский полуостров характеризуется весьма сложными гидрогеологическими условиями, которые сочетают в себе отдельные элементы гидрогеологии предгорных равнин, морских побережий, степей, обусловленные своеобразными физико-географическими и геолого-геоморфологическими особенностями.

Необходимо отметить, что основными факторами, осложняющими гидрогеологические усло-

вия, являются невыдержанность в разрезе и в плане пород-коллекторов, их весьма изменчивый литологический состав, наличие на полуострове большого количества замкнутых синклиналей и мульд, являющихся мелкими бассейнами подземных вод.

Подземные воды Бакинской мульды, приуроченные ко всем стратиграфическим ярусам, образуют единый радиальный поток, направленный от бортов мульды в сторону Каспийского моря.

В Бакинской мульде наблюдается закономерное уменьшение глубины залегания подошвы зоны активного водообмена от нагорной части к морю. Максимальная мощность зоны в Бакинской мульде отмечается в районе Бадамдарского плато, где она имеет значения 60-80 м (Али-заде и др., 1978).

Исследование интенсивности распределения геофизических полей на Абшеронском полуострове показало, что на этой территории магнитное поле не характеризуется аномальными значениями (Azərbaycanın geologiyası, 2015), а в гравитационном поле наблюдается отрицательная аномалия, достигающая -100 – -130 мГал (Кадиров, 2000). Исследования теплового поля показали, что северо-западная часть полуострова является более нагретой. Тепловой поток на территории полуострова изменяется в интервале 40-50 мВт/м², а на грязевых вулканах встречаются аномалии, достигающие 90 мВт/м² (Якубов, Атакишиев, 1973; Мухтаров, 2004). В отношении радиоактивности пород территория Абшеронского полуострова довольно хорошо изучена. Средний уровень гамма поля здесь достаточно низкий (5±0,75 мкR/час) по сравнению с другими регионами Азербайджана (Azərbaycanın geologiyası, 2015; Алиев, 2005).

Результаты геофизических исследований

Как уже упоминалось, геофизические исследования методом ВЭЗ проводились по девяти профилям, по которым были составлены вертикальные разрезы кажущегося электрического сопротивления, предполагаемые литолого-геофизические разрезы и 3D модель площади исследования (рис. 3).

В результате геофизических исследований было установлено, что кажущиеся (ρ_k) и удельные (ρ_y) электрические сопротивления пород, слагающих геологический разрез на площади исследования, меняются соответственно в интервалах 0.5 ... 80 Ом·м и 0.3 ... 90 Ом·м.

В составленных предполагаемых литолого-геофизических разрезах прослеживаются в основном пять слоев с разной мощностью и ρ_y .

Мощность первого слоя с поверхности земли меняется в интервале 6...10 м, ρ_y – 3-15 Ом·м, мощность второго слоя – 6...8 м, ρ_y – 5...7 Ом·м,

мощность третьего слоя – 5...14 м, ρ_y – 7...12 Ом·м, мощность четвертого слоя – 6...12 м, ρ_y – 10...15 Ом·м, мощность пятого слоя – 10...18 м, ρ_y колеблется между 20...25 Ом·м.

Предполагается, что эти слои в литологическом отношении сложены из разных обломков делювиальных отложений (масса оползня), глин, глин с маломощными прослойками песков, песчаных глин, чередования глин со слабо сцементированными песчаниками.

Рис. 3. Вертикальный разрез кажущегося электрического сопротивления (а) и предполагаемый литолого-геофизический разрез (б) по профилю V-V.

1 – точки ВЭЗ и их номера; 2 – удельное электрическое сопротивление пород составляющих геологический разрез; 3 – делювиальные отложения (масса оползня); 4 – глины; 5 – глины с маломощными прослойками песка; 6 – песчаная глина; 7 – слой с различными обломками пород; 8 – чередование глин со слабо сцементированными песчаниками; 9 – глинистые пески; 10 – предполагаемые поверхности скольжения, полученные на основе геофизических данных; 11 – предполагаемая линия разрыва

В северо-западной части исследуемой площади (профиль V-V, ВЭЗ-1) прослеживаются три слоя осадконакопления с ρ_y от 30 до 90 Ом·м. Эти слои состоят из пород делювиальных отложений со слабо сцементированными песчаниками, чередующимися с глинами и глинистыми песками.

В построенных литолого-геофизических разрезах выявлены четыре предполагаемые поверхности скольжения с ρ_y , изменяющимся в диапазоне от 0.5 до 1 Ом·м.

На литолого-геофизических разрезах профилей (VI-VI, VII-VII, VIII-VIII, IX-IX) (рис. 4) в направлениях северо-запад–юго-восток были выявлены ступенчатые маломощные разрывы. Предполагается, что эти линии разрывов являются бровками срыва древних оползней. Углы наклона выявленных предполагаемых плоскостей скольжения этих профилей изменяются

примерно в области бровок на 15°, в центре – на 18° и на 12° в языковой части оползня.

Рис. 4. Вертикальный разрез кажущегося электрического сопротивления (а) и предполагаемый литолого-геофизический разрез (б) по профилю VII-VII (см. условные обозначения на рис. 3)

Геофизические исследования, проведенные в 2019 году, показали, что первая поверхность скольжения от поверхности земли залегает на глубине 8 м в области бровок, в центральной части – на глубине 10 м и 6 м в области языка. Предполагаемые вторая, третья и четвертая поверхности наблюдались на глубинах: 16 м, 18 м, 16 м; 24 м, 26 м, 24 м; 36 м, 42 м, 38 м соответственно.

В результате проведенных геофизических исследований были выявлены предполагаемые значения физических, физико-химических и физико-механических свойств оползневой массы: коэффициент фильтрации $K_f = 0.2...0.9$ м/сут; пористость $n = 25...43\%$ (28-42); плотность породы $V_r = 1.54...2.13$ т/м³ (1.8-2.08); скелет породы $V = 1.15...1.87$ т/м³ (1.25-1.92); $V_{rw} = 0.55...1.54$ т/м³; коэффициент водонасыщенности $K_w = 0.3362...0.8431$; естественная влажность $W_r = 10...40\%$ (10-37); полная влагоемкость $W_o = 12...48\%$; влажность породы под водой $W_{wf} = 15...75\%$; пластичность $t = 7.5...21.5\%$ (6-23) (в скобках инженерно-геологические данные).

На основании полученных данных геофизических исследований геологической среды по значениям ρ_k была построена 3D модель площади исследования (рис. 5).

Рис. 5. 3D модель кажущегося электрического сопротивления ρ_k по площади исследования. Срезы по осям: а – X; б – Y; в – Z

Целью построения модели являлось получение представления о литологическом составе пород, составляющих геологическую среду в целом.

Из построенной модели видно, что геологический разрез площади исследования в основном сложен из дисперсных грунтов, у которых диапазон изменения ρ_k довольно большой. Это, по всей вероятности, связано с изменением гидрогеологических условий, а также раздроблением слоев в результате оползневых процессов. Поэтому по площади исследования в распространении ρ_k четкая закономерность не прослеживается. Но надо отметить, что в 3D модели все-таки прослеживается относительная закономерность распространения ρ_k в районе выявленных разрывных нарушений, имеющих направление северо-запад и юго-восток.

Построенная 3D модель позволяет получить дополнительную информацию о вероятном направлении развития экзогенных геологических процессов на участке исследования.

В результате геофизических исследований, проведенных в 2014 году методом электроразведки ВЭЗ по шести профилям, была выявлена предполагаемая поверхность скольжения Бибиэбатского оползня, которая залегает на глубине 3–9 м от поверхности земли, а также была выделена предположительная граница его развития.

Оползень, произошедший в 2019 году, что называется, подтвердил прогнозируемую в 2014 году границу развития области оползня (рис. 6).

Таким образом, сопоставляя результаты обоих геофизических исследований в районе Бибиэбатского оползня, можно сказать, что за прошедший период здесь происходили активные геологические процессы, и эти процессы все еще продолжаются.

Из результатов геофизических исследований, проведенных в 2019 году, выявленные поверхности скольжения пересекают слои разного литологического состава. Поэтому этот оползень, вероятно, можно отнести к инсеквентному типу оползня.

Рис. 6. Вид на оползневую зону

1 – граница скольжения в 2014 году; 2 – прогнозируемая граница зоны скольжения в результате геофизических исследований, проведенных в 2014 году; 3 – граница скольжения в 2019 году; 4 – бровки разрывов предполагаемых древних оползней; 5 – предполагаемые линии разрывов, выявленные в результате геофизических исследований; 6 – вероятное направление скольжения оползневой массы

Из предполагаемых литолого-геофизических разрезов видно, что в центральной части области скольжения наблюдается структурный элемент – малоамплитудный грабен.

Как было отмечено, на площади исследования выявлены разрывные нарушения СЗ-ЮВ направления, которые практически являются областью питания водой разного происхождения. В зависимости от интенсивности питания геологической среды водой может активизироваться любая из вы-

явленных плоскостей скольжения. На склоне наблюдаются значительные несогласия между углом падения склона, падением пластов и углом внутреннего трения пород. Также в результате перегруженности шарнирной части брахиантклинали строительными объектами, непрерывным питанием склона водой различного происхождения и дизъюнктивными геологическими процессами нарушено естественное равновесие слоев, из которых сложен склон. Следует отметить, что одним из важнейших факторов активизации оползневых процессов является набухание глин при увлажнении, которое приводит к образованию тангенциальных сил, ослабевающих силу сцепления между скользящими поверхностями. Кроме того, неравномерное набухание может привести к нарушению сплошности вышележащего слоя, что в свою очередь приводит к усилению оползневого процесса.

Анализ всех вышеперечисленных факторов позволяет прогнозировать активизацию экзогенных геологических процессов на данной площади.

Заключение

В результате проведенных геофизических исследований было установлено, что на восточном крыле брахиантклинали действуют факторы, которые активизируют оползневые процессы:

– происходит постоянное увлажнение плоскостей скольжения водами разного происхождения;

– на площади исследования отмечается значительная разница между углом падения склона и углом внутреннего трения пород и слоев, слагающих геологическую среду;

– выявлены четыре предполагаемые плоскости скольжения, которые залегают на разных глубинах;

– шарнирная часть брахиантклинали перегружена строительными объектами;

– набухание глин при увлажнении приводит к образованию тангенциальных сил, которые ослабляют силу сцепления между плоскостями скольжения и поверхностями других слоев;

– геологический разрез сложен в основном из чередования маломощных глин с другими литологическими слоями.

Подверженность исследуемой площади разным дизъюнктивным процессам также способствует активизации оползневых явлений.

В результате проведенных исследований было установлено, что влияние вышеупомянутых факторов приводит к активизации оползневых процессов и позволяет прогнозировать его развитие на площади исследования.

Сходимость физических параметров пород оползневого склона, полученных инженерно-геофизическим методом и лабораторными исследованиями, позволяет использовать предложенную методику в качестве предварительного прогнозного мониторинга устойчивости оползневых склонов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев Ч.С. Радиоактивная и геохимическая характеристика мезокайнозойских отложений Восточного Азербайджана и их корреляция. Известия НАНА. Науки о Земле, No. 4, 2005, с. 24-27.
- Алиев Ф.Ш., Саламов А.М., Али-Заде Х.А., Гюль А.К., Мамедов Ю.Г. Геоморфологические и техногенные предпосылки оползней Баилковского склона (объемно-графическая модель). Известия НАНА. Науки о Земле, No.2, 2008, с. 63-73.
- Али-заде С.А., Байрамов А.А., Мамедов А.В., Ширинов Н.Ш. Геология четвертичных отложений Азербайджана. (Объяснительная записка к карте четвертичных отложений Азербайджана масштаба 1:500000). Элм. Баку, 1978, 159 с.
- Векилов Б.Г. Четвертичные отложения Прикаспийской зоны Восточного Азербайджана. ДАН АН Азерб. ССР, Т. XIII, No. 2, 1956.
- Галин Д.Л. Интерпретация данных инженерной геофизики. Недра. Москва, 1989, 114 с.
- Кадилов Ф.А. Гравитационное поле и модели глубинного строения Азербайджана. Nafta-Press. Баку, 2000, 112 с.
- Мамедов В.А., Саламов А.М., Халилова Х.Х. Исследование влияния антропогенных факторов на изменение геоэкологического состояния оз. Ходжагасан Азербайджана. Записки Горного института, Т. 239, 2019, с. 603-610, DOI 10.31897/PMI.2019.5.603.
- Мухтаров А.Ш. Некоторые аспекты формирования теплового поля в Каспийском регионе. Труды Института геологии НАНА, No. 31, 2004, с. 141-147.

REFERENCES

- Aliyev F.Sh. Exogenous geological processes in Azerbaijan Republic, method of their study and principles of forecasting. Chashiogu. Baku, 2002, 208 p. (in Azerbaijani).
- Aliyev F.Sh., Salamov A.M., Alizadeh Kh.A., Gyul A.K., Mammadov Y.G. Geomorphological and technogenic preconditions of Bailov slope landslides (volume-graphic model). Proceedings of ANAS. The sciences of Earth, 2008, No. 2, pp. 63-73 (in Russian).
- Aliyev Ch.S. Radioactive and geochemical characteristics of Meso-Cenozoic deposits of eastern Azerbaijan and their correlation. Proceedings of ANAS. The sciences of Earth, 2005, No. 4, pp. 24-27 (in Russian).
- Alizadeh S.A., Bayramov A.A., Mammadov A.V., Shirinov N.Sh. Geology of Quaternary sediments of Azerbaijan. Elm. Baku, 1978, 159 p. (in Russian).
- Areas exposed to landslide in the territory of the Azerbaijan Republic. Oguz Eli. Baku, 2008, 200 p. (in Azerbaijani).
- Eppelbaum L.V. Geophysical potential fields: geological and environmental applications. Elsevier. Amsterdam – N.Y., 2019, 465 p.
- Galin D.L. Interpretation of engineering geophysics data. Nedra. Moscow, 1989, 114 p. (in Russian).
- Geology of Azerbaijan. V. II (compiled by Aliyev Ad.A., Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A. et al.). Elm. Baku, 2015, 372 p. (in Azerbaijani).
- Kadirov F.A. Gravitational field and models of the deep structure of Azerbaijan. Nafta-Press. Baku, 2000, 112 p. (in Russian).
- Mammadov V.A., Salamov A. M., Khalilova H. Kh. Study of the anthropogenic impact on the change of geoeкологи-

- Попов Е.А., Тен К.М., Фунтиков Г.Н., Селяков В.И., Глушко С.П. Методические рекомендации по использованию ВЭЗ для детального расчленения разреза при решении геологических и инженерно-геологических задач. Ротапринт. Москва, 1990, 52 с.
- Саламов А.М., Габиров Ф.Г., Саламов Ф.А. Исследования оползневых процессов на правобережной части Мингечаурского водохранилища методами электроразведки. Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета, сер. Строительство и архитектура, В. 3(76), 2019, с. 40-49.
- Якубов А.А., Атакишиев И.С. Геотермические исследования нефтегазовых месторождений Апшерона. Азерб. Баку, 1973, 88 с.
- Якубовский Ю.В., Ренард И.В. Электроразведка. Недра. Москва, 1991, 347 с.
- Eppebaum L.V. Geophysical potential fields: geological and environmental applications. Elsevier. Amsterdam – N.Y., 2019, 465 p.
- Azərbaycanın geologiyası (tərtibçilər: Əliyev Ad.A., Əliyev Ç.S., Feyzullayev Ə.Ə. və b.). II cild. Elm. Bakı, 2015, 372 c
- Azərbaycan Respublikası ərazisində sürüşmə prosesinə məruz qalmış sahələr. Oğuz Eli Nəşriyyatı. Bakı, 2008, 200 s.
- Əliyev F.Ş. Azərbaycan Respublikasında ekzogen geoloji proseslər, onların öyrənilmə metodu və proqnozu prinsipləri. Çapaqlı. Bakı, 2002, 208 s.
- cal conditions of the Khojahan lake, Azerbaijan. Journal of mining institute, V. 239, 2019, pp. 603-610, DOI: 10.31897/PMI.2019.5.603.
- Mukhtarov A. Sh. Some aspects of formation of thermal field in the Caspian region. Proceedings of the ANAS Geology Institute, No. 31, 2004, pp. 141-147 (in Russian).
- Popov E.A., Ten K.M., Funtikov G.N., Selyakov V.I., Glushko S.P. Guidelines for the use of VES for the detailed stratification of the section in solving geological and engineering- geological problems. Rotaprint. Moscow, 1990, 52 p. (in Russian).
- Salamov A.M., Gabibov F.G., Salamov F.A. Research of landslide processes on the right-bank part of Mingechaur water reservoir by means of electric prospecting methods. Bulletin of Volgograd State University of architecture and civil engineering. Series: construction and architecture, No. 3(76), 2019, pp. 40-49 (in Russian).
- Vekilov B.G. Quaternary deposits of the Pre-Caspian zone of Eastern Azerbaijan. Doklady AS of Azerb.SSR, Vol. XIII, No. 2, 1956 (in Russian).
- Yakubov A.A., Atakishiev I.S. Geothermal research of oil and gas fields of Absheron. Azerneshr. Baku, 1973, 88 p. (in Russian).
- Yakubowski Yu.V., Renard I.V. Electrical survey. Nedra. Moscow, 1991, 347 p. (in Russian).

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ВОСТОЧНОМ КРЫЛЕ БИБИЭЙБАТСКОЙ БРАХИАНТИКЛИНАЛИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Саламов А.М., Кадиров А.Г., Мухтаров А.Ш., Заманова А.Г., Гасымов Э.Э.

Институт геологии и геофизики НАНА

AZ1143, г. Баку, просп. Г.Джавида, 119: avazsalamov@yandex.ru

Резюме. В статье даны результаты исследования развития оползневых процессов на восточном крыле Бибиэйбатской брахиантиклинали методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

На поверхности площади исследования в основном развиты элювиально-делювиальные отложения четвертичного периода морского (эоплейстосен, плейстосен) и континентального (голоцен) происхождения. Геологическая среда площади исследования подвержена воздействию сложных геологических и неотектонических процессов.

Полевые геофизические работы проведены по девяти профилям, построены разрезы кажущегося вертикального электрического сопротивления и геоэлектрические разрезы, которые затем были преобразованы в предполагаемые литолого-геофизические.

В результате геофизических исследований было установлено, что кажущиеся и удельные электрические сопротивления пород, составляющих геологический разрез, меняются соответственно в интервалах 0.5 ... 80 Ом·м и 0.3 ... 90 Ом·м.

В составленных предполагаемых литолого-геофизических разрезах прослеживается в основном пять слоев с разными мощностями и удельными электрическими сопротивлениями.

Было проведено детальное литологическое расчленение разреза территории исследования до глубины 50 м; определены мощности оползневой массы и глубины залегания плоскости скольжения; выявлены и прослежены предполагаемые линии разрывных нарушений; построена 3D геофизическая модель зоны оползня.

Выявленный от поверхности земли (масса оползня) первый слой предположительно сложен из различных обломков делювиальных отложений. Остальные слои сложены соответственно из глин, глин с маломощными прослойками песков, песчаных глин, чередования глин со слабо сцементированными песчаниками.

Наличие в геологическом разрезе пород с коллекторными свойствами и разрывными нарушениями создает благоприятные условия для аккумуляции вод различного происхождения в теле оползня, увлажняет плоскость скольжения, что приводит к активизации оползня.

Проведенные исследования показали, что на восточном склоне брахиантиклинали имеются факторы, которые активизируют оползневые процессы.

Ключевые слова: геофизика, оползень, электроразведка, сопротивление, брахиантиклиналь, разрыв

BİBİHEYBƏT BRAXİANTİKLİNALININ ŞƏRQ QANADINDA SÜRÜŞMƏ PROSESLƏRİNİN İNKİŞAFININ ELEKTRİK KƏŞFİYYATI ÜSULU İLƏ TƏDQIQI

Salamov Ə.M., Qədirov A.H., Muxtarov A.Ş., Zamanova A.H., Qasimov E.E.

AMEA Geologiya və Geofizika İnstitutu AZ1143, Bakı, H.Cavid prospekti, 119: avazsalamov@mail.ru

Xülasə. Məqalədə Bibiheybət braxiantiklinalının şərq qanadında baş vermiş sürüşmə prosesinin Şaquli Elektrik Zondlama (ŞEZ) üsulu ilə tədqiq edilməsindən bəhs edilir.

Tədqiqat sahəsinin üst hissəsində əsasən dəniz mənşəli dördüncü dövr eopleystosen, pleystosen və kontinental holosen yaşlı delüvial çöküntülər inkişaf etmişdir. Sahənin geoloji mühiti mürəkkəb geoloji və neotektonik proseslərin təsirinə məruz qalmışdır.

Geofiziki tədqiqatlar doqquz profil üzrə aparılmış və alınmış məlumatlar əsasında şaquli fərz olunan elektrik müqaviməti və geoelektrik kəsilişlər qurulmuşdur. Geoelektrik kəsilişlər əsasında yenidən ehtimal olunan litoloji-geofiziki kəsilişlər tərtib edilmişdir. Geofiziki tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, geoloji kəsilişi təşkil edən süxurların fərz olunan elektrik müqavimətləri ρ_x və xüsusi elektrik müqavimətləri ρ_x müvafiq olaraq 0.5...80 Om·m və 0.3...90 Om·m arasında dəyişir.

Aparılmış geofiziki tədqiqatlarla ərazinin geoloji kəsilişini təşkil edən litoloji tərkiblər 50 m dərinliyə qədər bölgülərə ayrılmış, ehtimal olunan sürüşmə kütləsinin qalınlığı və sürüşmə müstəvisinin yatma dərinliyi müəyyən edilmiş, ehtimal olunan qırılma pozulmaları aşkar edilərək izlənilmiş, sürüşmə kütləsinin 3D geofiziki modeli tərtib edilmişdir. Geoloji kəsilişdə yer səthinə yaxın birinci qat müxtəlif süxur qırıntılarından (sürüşmə kütləsi), delüvial çöküntülərdən, müvafiq olaraq növbəti qatlar gillərdən, gillərin az qalınlıqlı qumlarla növbələşməsindən, qumlu gillərdən, gillərin zəif sementləşmiş qumdaşı qatları ilə növbələşməsindən təşkil olunmuşdu. Sahənin geoloji kəsilişində kollektor xüsusiyyətli süxurların və qırılma pozulmalarının mövcudluğu sürüşmə kütləsində müxtəlif mənşəli suların toplanması üçün əlverişli şəraitin formalaşmasına səbəb olur ki, bu da öz növbəsində sürüşmə proseslərini aktivləşdirir.

Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində Bibiheybət braxiantiklinalının şərq qanadında sürüşmə proseslərini aktivləşdirən faktorların olması müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: geofizika, torpaq sürüşməsi, elektrik kəşfiyyatı, müqavimət, braxiantiklinal, qırılma