

УДК 550.348

DOI 10.21285/0130-108X-2016-57-4-130-136

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЧАСТКА ОПОЛЗНЯ
В РАЙОНЕ ПОСЕЛКА ХАРАНЦЫ НА ОСТРОВЕ ОЛЬХОН**© А.Ю. Ескин¹, В.И. Джурик², С.П. Серебренников³, Е.В. Брыжак⁴, А.А. Демин⁵¹⁻⁵Институт земной коры СО РАН, 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

Оползневые процессы встречаются довольно часто по берегам озера Байкал и представляют угрозу для всех без исключения инженерных сооружений. Необходимость их исследования становится с каждым годом все актуальней, так как процесс освоения береговой зоны растет в геометрической прогрессии. Для изучения оползневых явлений в последнее время все чаще используются геофизические методы. Инженерная сейсморазведка позволяет с большой точностью выявлять границы пород различного литологического состава в верхней части разреза. Электроразведка методом вертикального электрического зондирования дает возможность определить положение подошвы и кровли пород, имеющих повышенную влажность на относительно больших глубинах. Методы сейсморазведочных и электроразведочных работ существенно дополняют друг друга при интерпретации результатов, дают возможность установить глубину залегания зеркала скольжения и более точно определить мощность глинистых пород и пород их перекрывающих, а также уточнить направление движения оползня с глубиной. Для опробования указанного комплекса методов и определения глубины залегания зеркала скольжения объектом исследования была выбрана небольшая часть оползня в районе поселка Харанцы на острове Ольхон. Сейсморазведкой в верхней части разреза выделено только два горизонта: первый, представленный суглинками и супесями, и второй, сложенный глинистыми породами. По данным электроразведки выделяется четыре основных горизонта. Самый верхний слой имеет высокое сопротивление, связанное с промерзанием грунта у поверхности. Ниже расположены рыхлые грунты, представленные суглинками, супесями, обводненными песками и глинистыми породами. Под ними на глубине 40–50 метров расположен слой, сложенный разрушенными, обводненными коренными породами. Его кровля является зеркалом скольжения оползня. Результаты, полученные путем выполненных совместно сейсморазведочных и электроразведочных работ, дают возможность установить глубину залегания зеркала скольжения, более точно определить мощность глинистых пород и пород, их перекрывающих, уточнить движение оползня по глубине.

Ключевые слова: оползень, геофизические методы, скорости сейсмических волн, вертикальное электрическое зондирование, удельное электрическое сопротивление.

Формат цитирования: Ескин А.Ю., Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Демин А.А. Геофизические исследования участка оползня в районе поселка Харанцы на острове Ольхон // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 4 (57). С. 130–136. DOI 10.21285/0130-108X-2016-57-4-130-136.

¹Ескин Александр Юрьевич, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, тел.: (3952) 425860, e-mail: eskin@crust.irk.ru

Eskin Alexander, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, research scientist, tel.: (3952) 425860, e-mail: eskin@crust.irk.ru

²Джурик Василий Ионович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, тел.: (3952) 427510, e-mail: dzhurik@crust.irk.ru

Dzhurik Vasily, Doctor of Geological and Mineralogical sciences, Head of the laboratory, tel.: (3952) 427510, e-mail: dzhurik@crust.irk.ru

³Серебренников Сергей Петрович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел.: (3952) 425860, e-mail: serebr@crust.irk.ru

Serebrennikov Sergei, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Senior researcher, tel.: (3952) 425860, e-mail: serebr@crust.irk.ru

⁴Брыжак Евгений Вадимович, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, тел.: (3952) 425860, e-mail: bryzhak@crust.irk.ru

Bryzhak Evgenii, Ph. D in geology and mineralogy, research scientist, tel.: (3952) 425860, e-mail: bryzhak@crust.irk.ru

⁵Демин Андрей Александрович, аспирант, e-mail: dema705@mail.ru

Demin Andrei, Ph.D. student, e-mail: dema705@mail.ru

GEOPHYSICAL STUDIES OF THE LANDSLIDE LOCATED IN THE AREA OF THE KHARANTSY SETTLEMENT ON OLBKHON ISLAND

A.Yu. Eskin, V.I. Dzhurik, S.P. Serebrennikov, E.V. Bryzhak, A.A. Demin

Institute of the Earth's Crust SB RAS, 128, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russia.

Landslides, which are rather frequent on the shores of lake Baikal, pose a threat to all engineering structures without any exception. Therefore, the need for studying the soil slips is becoming more and more relevant from year to year as the development of the coastal zone grows in a geometrical progression. Today the landslides are often studied with the use of geophysical methods. Engineering seismic prospecting allows a highly accurate identification of the borders of the rocks of various lithological structure in the top part of a cut. Geoelectric prospecting by the method of vertical electrical sounding allows to locate the position of the bottom and roof of the rocks featuring high humidity at considerable depths. The methods of seismic and electrical prospecting considerably complement each other in the interpretation of results, enable slickenside depth estimation, perform more accurate determination of the thickness of clay rocks and overlying strata, as well as specify the landslide direction with depth. To test the specified complex of methods and determine the slickenside depth a small part of the landslide in the area of the Kharantsy settlement on Olkhon Island has been chosen as an object of the study. Seismic survey has revealed only two horizons in the upper part of the section: the first horizon represented by clay loams and sandy loams, and the second composed of clay rocks. Four main horizons are distinguished according to the data of geoelectric prospecting. The uppermost layer has a high resistance associated with the soil freezing near the surface. Below there are loose soils represented by clay loams, sandy loams, watered sands and clay rocks. Underneath, at the depth of 40-50 meters there is a layer composed of disintegrated, watered bedrocks. Its roof is a landslide slickenside. The results obtained in integrated seismic and electrical prospecting provide an opportunity to determine the slickenside depth, perform more accurate determination of the thickness of clay rocks and overlying strata, specify landslide movement in the depth.

Keywords: landslide, geophysical methods, speeds of seismic waves, vertical electrical sounding, specific electric resistance

For citation: Eskin A.Yu., Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V., Demin A.A. Geophysical studies of the landslide located in the area of the Kharantsy settlement on Olkhon Island. Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits. 2016. No. 4 (57). Pp. 130–136. DOI 10.21285/0130-108X-2016-57-4-130-136.

Озеро Байкал является уникальным творением природы. Его удивительная красота, кристально чистая вода, множество эндемиков всегда привлекали к себе внимание. Каждый человек в большей или меньшей степени наслышан о самом глубоком озере на нашей планете.

Байкал расположен в центре Азиатского материка на юге Восточной Сибири между 55°47' и 51°28' северной широты и 103°43' и 109°58' восточной долготы. Восточная и северная часть акватории озера административно входят в состав Бурятии, западная с островом Ольхон – в состав Иркутской области.

Чаша Байкала состоит из трех впадин, разделенных подводными возвышенностями – порогами (Селенгинский отделяет южную впадину от средней, Академический подводный хребет, выступающий над водой на 210 м в виде Ушканьих островов, отделяет северную

впадину от средней). Самая мелкая впадина – северная, ее максимальная глубина – 890 м, глубина южной впадины – 1419 м, самая глубокая впадина – средняя – 1637 м.

Со всех сторон Байкал окружен горами. Вдоль западного и северо-западного берега Байкала идут хребты Приморский и Байкальский, вдоль юго-восточного и восточного – Хамар-Дабан, Улан-Бургасы, Баргузинский, Верхне-Ангарский и Делюн-Уранский. Хребты Прибайкалья принадлежат разным горным системам, но все они относятся к горам южной Сибири, известной своим суровым резко континентальным климатом.

Именно горы, окаймляющие Байкал, прежде всего определяют характер его берегов. Вся береговая линия Байкала изрезана заливами и мысами. Южная и средняя часть западного побережья вплоть до пролива Ольхонские Ворота

расчленены широкими долинами рек и небольшими распадками ручьев с крутыми, часто скалистыми берегами.

Неотъемлемой частью природного комплекса озера Байкал являются его острова (рис. 1). По последним данным здесь насчитывается 35 достаточно стабильных островов. Преобладающая часть островов сконцентрирована на перемычке, отделяющей северную котловину Байкала от центральной и составленной островом Ольхон с островами Малого моря, подводным Академическим хребтом с наивысшими его «вершинами» в виде архипелага из четырех Ушканьих островов, полуостровом Святой Нос и островами Чивыркуйского залива. Остальные острова либо «привязаны» к дельтам, либо в незначительном количестве рассеяны вдоль берега в пределах центральной части озера. Для озера Байкал типичны острова-камни.

Популярность Байкала как объекта для отдыха и путешествий растет с каждым годом. В результате строительства новых и реконструкции существующих дорог его посещаемость увеличивается чуть ли не в геометрической прогрессии. Соответственно, увеличивается влияние

антропогенно-техногенных факторов на его экосистему и в первую очередь на береговую зону [1]. Особенно это явление стало заметно в последние годы. Нерациональное использование прибрежной территории под строительство и «дикий» туризм приводит к неизбежному изменению первоначального ландшафта (нарушение почвенно-растительного слоя, гибель или деградация флоры и фауны, и, собственно, изменение рельефа и физических свойств грунтов).

Остров Ольхон по своему рельефу делится на две части: восточную с крутыми берегами, обрывами и скалами, покрытыми лесным массивом, и западную, представляющую собой склоны, изрезанные оврагами, сложенные осадочными породами, часто глинистыми. Поэтому изучение склонов, образующих береговую зону Байкала, является весьма важным вопросом, особенно для западного побережья острова Ольхон, так как именно в этом районе чаще всего встречаются оползни, именно здесь идет интенсивное развитие индустрии туризма и отдыха и, как следствие, все более плотное освоение береговой линии.



Рис. 1. Вид на Малое море с острова Ольхон

На Байкале изучением оползней занимались еще в 50–60-х годах прошлого века такие исследователи как Г.Б. Пальшин и А.В. Пинегин. Первый обнаружил и изучил на юго-восточном берегу озера многочисленные оползни на суше, а также выявил следы древних оползней в подводной части береговой зоны. Благодаря исследованиям второго были охарактеризованы подводные оползни юга и севера Байкала. В последующие годы детальные исследования не проводились [2].

При исследовании оползней надо отчетливо представлять положение поверхности скольжения, базис оползания, глубину захвата оползнем склона, очертание тела оползня, оползневые цирки. Поверхность скольжения обычно устанавливается по буровым скважинам и горным выработкам – шурфам и штольням. Надежное определение действительного положения поверхности скольжения имеет большое практическое значение, так как позволяет определить объем и форму оползневого тела и правильно наметить мероприятия, обеспечивающие его устойчивость.

Непосредственные методы (бурение, проходка горных выработок) очень дороги. Поэтому для снижения

трудозатрат часто применяют геофизические методы исследования оползневых процессов [3, 4]. Для изучения оползня были применены два основных метода – вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и сейсморазведка. Электрические зондирования позволяют определить положение кровли и подошвы пластичных пород, которые характеризуются электрическими сопротивлениями, не превышающими первых десятков омметров [5], что дает возможность оценить вероятность возникновения оползня. Сейсморазведка в данном случае позволяет выявить зоны с нарушенным залеганием пород в только верхней части геологического разреза.

Для тестирования данного комплекса методов и определения глубины залегания зеркала скольжения в качестве объекта исследования была выбрана небольшая часть оползня в районе поселка Харанцы на острове Ольхон (рис. 2). Чтобы в дальнейшем проводить полноценный мониторинг оползневого процесса на данном объекте, перед непосредственными измерениями была произведена разбивка и закрепление точек наблюдений на местности с помощью GPS-навигации и мерной ленты.

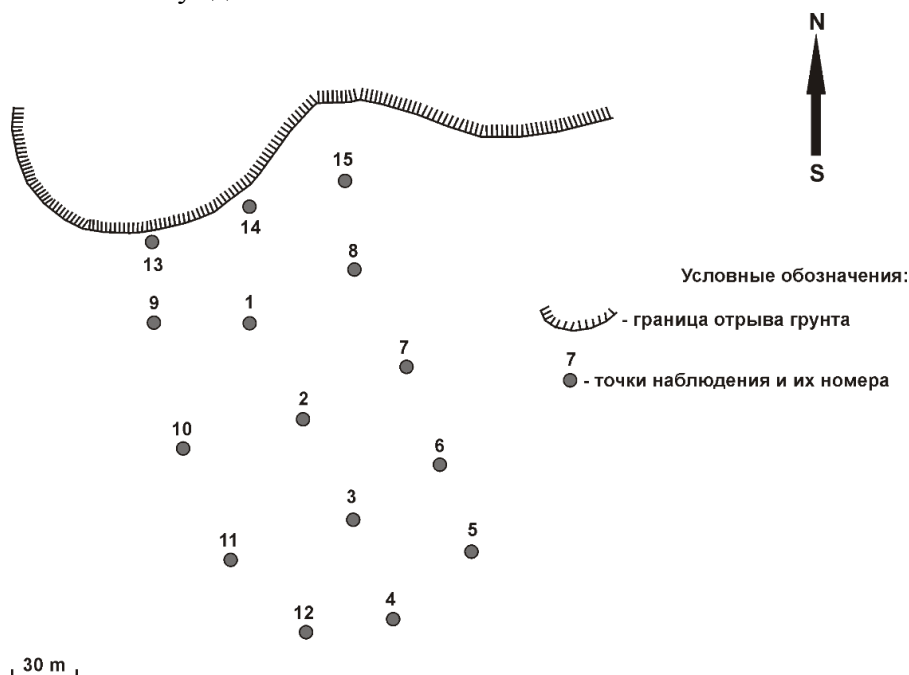


Рис. 2. Схема точек наблюдений, остров Ольхон, поселок Харанцы

При полевых измерениях методом ВЭЗ использовалась аппаратура «Электротест-С». ВЭЗ были выполнены четырехэлектродной симметричной установкой АМNB [6, 7]. Разносы питающей линии АВ были выбраны с учетом изучаемой глубины порядка 60–70 м и составили 300 м. Длина приемной линии MN состояла из двух разносов – 1 м и 10 м. Для заземления линии АВ использовались стальные электроды, а линии MN – латунные. Расстояние между точками измерений варьировалось от 40 до 50 м. Всего было выполнено 15 ВЭЗ по трем профилям. Камеральная обработка и интерпретация данных ВЭЗ выполнялась с использованием компьютерной программы IPI2win для интерпретации данных ВЭЗ по одному профилю.

В этих же точках была выполнена сейсморазведка. Скорости сейсмических волн измерялись методом преломленных волн 24-канальной цифровой станцией «Лакколит» (Россия). Станция может работать в режиме накопления и вычитания полезных сигналов. Длина годо-

графов составляла от 46 до 92 м. Сейсмические волны возбуждались с помощью ударов деревянной кувалды весом 25 кг. Наблюдения проводились с возможностью регистрации продольных и поперечных волн. Такая методика измерений позволяет получать средние значения скоростей в верхней зоне разреза до глубины 10–20 м.

На рис. 3 представлен сводный геофизический разрез по профилю ПР2, расположенному перпендикулярно линии отрыва грунта, то есть параллельно предполагаемой линии смещения оползня. Разрез получен в результате совместной интерпретации данных, полученных сейсморазведкой и электро-разведкой.

По данным сейсморазведки в верхней части разреза выделяется только два горизонта: первый, представленный суглинками и супесями, и второй, сложенный глинистыми породами. Скорость продольных волн V_p в первом составляет 430–600 м/с, а во втором – 1100–1600 м/с. Различие в скоростях определяется

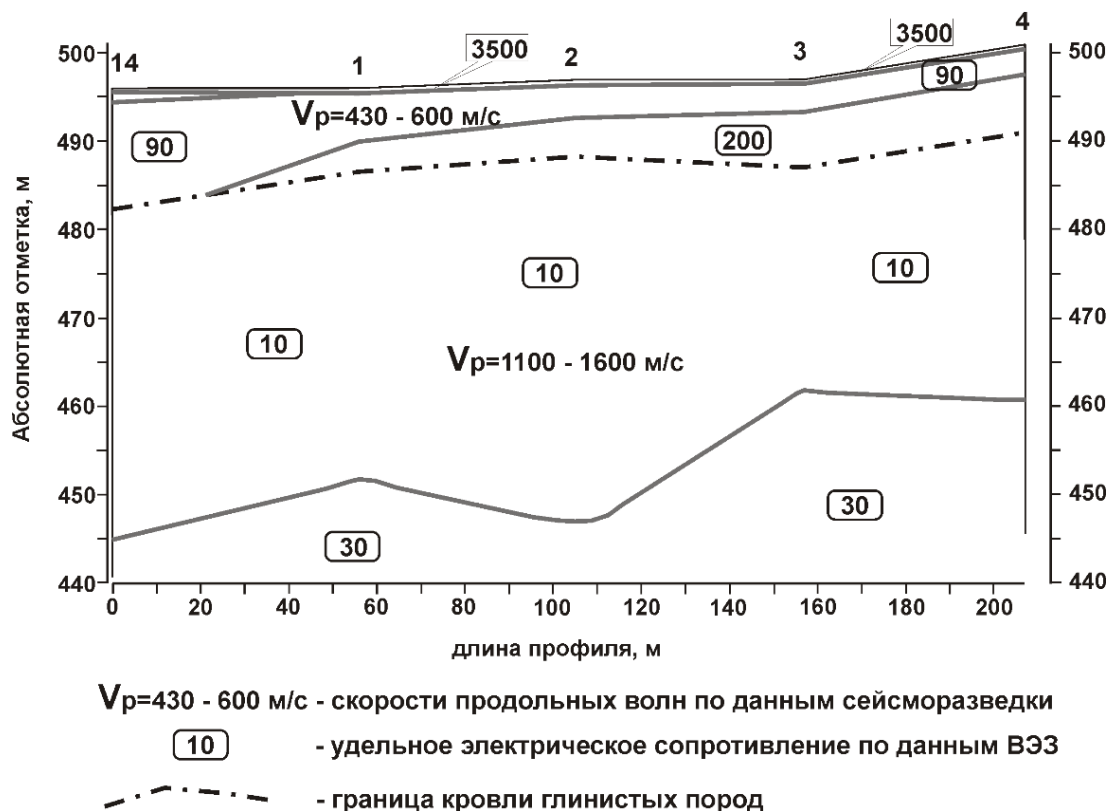


Рис. 3. Сводный геофизический разрез по профилю ПР2, остров Ольхон, поселок Харанцы

типом грунта, а также процентным содержанием воды. Мощность верхнего слоя на протяжении всего профиля колеблется в пределах 6–9 м. Подошву глинистых пород определить по годографам не представлялось возможным, поэтому она определена по данным электроразведки.

В результате количественной интерпретации кривых ВЭЗ в пределах профиля выделяется четыре основных горизонта. Самый верхний слой имеет высокое сопротивление (3500 Ом·м) и мощность 0,5–1 м. Это связано с промерзанием грунта у поверхности, так как измерения проводились в начале марта месяца. Ниже расположен горизонт, представленный суглинками и супесями с сопротивлением 90 Ом·м. Его мощность варьирует от 3 м в районе пикета ПК4 до 12 м на пикете ПК14. Под ним находится выклинивающийся слой, сложенный обводненными песками с электрическим сопротивлением 200 Ом·м, средняя мощность которого составляет 5–6 м. Выклинивание происходит по направлению предполагаемой линии движения

оползня. По сейсморазведочным измерениям этот слой не выделяется, так как скорости продольных волн в нем совпадают со скоростями в вышележащем слое. Мощность следующего горизонта составляет 30–40 м на ПК4 и ПК14 соответственно. То есть по направлению движения оползня мощность данного слоя, сложенного глинистыми породами, возрастает. Он характеризуется низким электрическим сопротивлением – 10 Ом·м. Под ним на глубине 40–50 м расположен слой с электрическим сопротивлением 30 Ом·м. Данный горизонт сложен разрушенными, обводненными коренными породами. Его кровля является зеркалом скольжения оползня.

В итоге стоит отметить, что данные, полученные путем совместно выполненных сейсморазведочных и электроразведочных работ, дают возможность определить глубину залегания зеркала скольжения, более точно определить мощность глинистых пород и пород, их перекрывающих, а также уточнить направление движения оползня с глубиной.

Библиографический список

1. Потемкина Т.Г. Экологические проблемы береговой зоны Байкала: труды междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов» (20–25 июля 2009 г.). Новосибирск, 2009. С. 307–310.

2. Потемкина Т.Г. Подводный оползень на Байкале // Природа. 2008. № 7. С. 52–55.

3. Инженерно-сейсмологические и геофизические исследования при инженерных изысканиях для строительства: сб. ст. / отв. ред. Ю.Д. Зыков, С.А. Федоров. М.: Наука, 1987. 127 с.

4. Ляховицкий Ф.М., Хмелевской В.К., Яценко З.Г. Инженерная геофизика. М.: Недра, 1989. 252 с.

5. Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. М.: Недра, 1990. 501 с.

6. Семенов А.С. Электроразведка методом электрического поля. Л.: Недра, 1980. 446 с.

7. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. VI. Правила производства геофизических исследований. М.: Изд-во ПНИИИС Госстроя России, 1997. 43 с.

References

1. Potemkina T.G. *Jekologicheskie problemy beregovoj zony Bajkala* [Environmental problems of Lake Baikal coastal

zone]. *Trudy mezhdunarodnoj konferencii «Sozdanie i ispol'zovanie iskusstvennyh zemel'nyh uchastkov na beregah i akvatorii*

vodoemov» [Papers of the International Conference "Creation and use of artificial land plots in the waterfront]. 20–25 July, 2009. Novosibirsk, 2009, pp. 307–310.

2. Potemkina T.G. *Podvodnyj opolzen' na Bajkale* [Underwater landslides on Baikal]. *Priroda*, 2008, no. 7, pp. 52–55.

3. Zykov Ju.D. *Inzhenerno-sejsmologicheskie i geofizicheskie issledovanija pri inzhenernyh izyskanijah dlja stroitel'stva* [Engineering-seismological and geophysical studies at engineering surveys for construction: Collection of articles] Moscow, Nauka Publ., 1987. 127 p.

4. Ljahovickij F.M., Hmelevskoj V.K., Jashhenko Z.G. *Inzhenernaja geofizika* [Engineering geophysics]. Moscow, Nedra Publ., 1989. 252 p.

5. Ogil'vi A.A. *Osnovy inzhenernoj geofiziki* [Fundamentals of engineering geophysics]. Moscow, Nedra Publ., 1990. 501 p.

6. Semenov A.S. *Jelektrozvedka metodom jelektricheskogo polja* [Resistivity prospecting by the electric field method]. Leningrad, Nedra Publ., 1980. 446 p.

7. *SP 11-105-97. Inzhenerno-geologicheskie izyskanija dlja stroitel'stva. Chast' VI. Pravila proizvodstva geofizicheskijh issledovanij* [Rulebook 11-105-97. Engineering and geological surveys for construction. Part VI. Rules of geophysical research implementation]. Moscow, Proizvodstvennyj i nauchno-issledovatel'skij institute po inzhenernym izyskanijam v stroitel'stve Gossstroja Rossii Publ., 1997. 43 p.

Статья поступила 10.06.2016 г.

Article received 10.06.2016.