

ОЦЕНКА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В СКАЛЬНЫХ ПОРОДАХ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Леонид Александрович Гагарин

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, тел. (4112)39-08-33, e-mail: gagarinla@gmail.com

Иван Иванович Христофоров

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, старший научный сотрудник, тел. (4112)39-08-33, e-mail: zodik@mail.ru

Кирилл Ильич Бажин

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, аспирант, младший научный сотрудник, тел. (4112)39-08-33, e-mail: kbazhin@gmail.com

Людмила Сергеевна Лебедева

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, аспирант, младший научный сотрудник, тел. (4112)39-08-33, e-mail: lebedevamila@gmail.com

Николай Владимирович Торговкин

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, младший научный сотрудник, тел. (4112)39-08-33, e-mail: nikolajj-torgovkin@rambler.ru

Василий Анатольевич Куваев

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, тел. (4112)39-08-33, аспирант, ведущий инженер, e-mail: levchik_47@mail.ru

Иван Евгеньевич Мисайлов

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, 677010, Россия, г. Якутск, ул. Мерзлотная, 3, научный сотрудник, тел. (4112)39-08-33, e-mail: ventura-83@mail.ru

На 450 км федеральной автотрассы «Лена» в Южной Якутии проведена оценка оползневых процессов в скальных горных породах. Методами электропрофилеирования и георадиолокации установлены зоны повышенной трещиноватости и высокой обводненности массива юрских песчаников. Опробованы источники подземных вод, в нижней части склона, где развито оползневое тело, установлена их принадлежность к зоне интенсивного водообмена. Установлено зеркало скольжения оползня, приуроченное к трещиноватой обводненной зоне.

Ключевые слова: оползень, источник подземных вод, трещиноватость горных пород, георадиолокация, электропрофилеирование.

ESTIMATION OF LANDSLIDE IN MASSIVE ROCKS, SOUTH YAKUTIA

Leonid A. Gagarin

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Research Scientist, tel. (4112)39-08-33, e-mail: gagarinla@gmail.com

Ivan I. Khristoforov

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Senior Researcher, tel. (4112)39-08-33, e-mail: zodik@mail.ru

Kirill I. Bazhin

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Junior Researcher, tel. (4112)39-08-33, e-mail: kbazhin@gmail.com

Lyudmila S. Lebedeva

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Junior Researcher, tel. (4112)39-08-33, e-mail: lebedevamila@gmail.com

Nikolay V. Torgovkin

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Junior Researcher, tel. (4112)39-08-33, e-mail: nikolajj-torgovkin@rambler.ru

Vasiliy A. Kuvaev

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Chief Engineer, tel. (4112)39-08-33, e-mail: levchik_47@mail.ru

Ivan E. Misaylov

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 677010, Russia, Yakutsk, Merzlotnaya Str. 36, Senior Researcher, tel. (4112)39-08-33, e-mail: ventura-83@mail.ru

Estimation of the landslide in massive rocks at the 450th km of the «Lena» highway in southern Yakutia is given. Zones of intensive fracture and high water content of Jurassic sandstone block are revealed by methods of electric profiling and ground penetrating radar. Groundwater springs are sampled at the low part of the slope where landslide massive is developed. It was found out that they refer to the intensive water exchange zone. Landslide polish fault is defined that refer to fractured and watered zone.

Key words: Landslide, groundwater spring, rock fracturing, ground penetrating radar, electric profiling.

В июле 2015 г. авторами работы в составе полевого отряда участников Всероссийского молодежного геокриологического форума с международным участием, посвященного 200-летию академика А.Ф. Миддендорфа, в районе р. Б. Дурай вдоль федеральной автотрассы «Лена» (450 км) проведены рекогносцировочные исследования оползневого участка. Несмотря на практически повсеместное распространение скальных горных пород рядом факторов, о которых будет упомянуто ниже в тексте, спровоцировано движение грунтовых масс полосой до 20-30 м. Широкое освоение сопредельных районов, в частности строительство котлованов по добыче угля, представляет опасность устойчивости их склонов и, соответственно, делает актуальными исследования оползневых процессов на рассматриваемой территории.

Участок исследований расположен в Нерюнгринском улусе Республики Саха (Якутия) на 450 км федеральной автотрассы «Лена». Ближайший крупный населенный пункт (пос. Чульман) находится в 50 км к югу. В геоморфологи-

ческом отношении участок расположен в пределах центральной части Чульманского плато (рис. 1), выделяемого в границах одноименной впадины [1]. На рассматриваемом участке активно проявляются подземные воды зоны интенсивного водообмена. В ходе маршрутных исследований обнаружена группа источников подземных вод на южном склоне реконструируемой дороги. Разгрузка подземных вод осуществлялась на относительной высоте 1,7 м над уровнем дороги полосой, шириной до 50 м. Родники местами представляли собой напорные струи (грифоны). Суммарный дебит источников в период наблюдений достигал 0,043 м³/с. Температура воды составляла 0,9 °С. По химическому составу воды относятся к гидрокарбонатному магниево-кальциевому классу с повышенным содержанием натрия, имеют минерализацию 33 мг/л. Величина рН – 6,21, а значение окислительно-восстановительного потенциала Eh – 441 мВ. Таким образом, воды источника циркулируют близ поверхности, о чем свидетельствуют слабо кислотная среда (по рН), большое содержание атмосферных газов (по Eh) и низкая минерализация, близкая к водам атмосферных осадков. Вероятнее всего, опробованный источник дренирует подземные воды сезонно-талого слоя, относящиеся к зоне интенсивного водообмена.



Рис. 1. Расположение геофизических профилей на оползневом участке 450 км федеральной автотрассы «Лена»

По данным ДИПО ОАО Иркутскгипродорнии, на южном склоне долины р. Б. Дурай, к которому приурочен оползень, многолетнемерзлые породы высокотемпературные [2]. Так, глубина сезонного оттаивания, в зависимости от микрорельефа, изменяется от 1,5 до 6 м, а температура многолетнемерзлых пород не опускается ниже -0,3 °С.

По данным Филиала в г. Якутске ФКУ «ДСД ДальВосток», в районе 450 км федеральной автотрассы «Лена» в 2012 г. при проведении работ по выработке южного склона долины р. Б. Дурай для прокладки в этом месте дороги

были вскрыты источники подземных вод, разгружающихся широкой полосой в трещиноватых скальных горных породах. В последующем на этом месте произошел крупный оползень, послуживший причиной приостановки всех дорожных работ.

Согласно обследованию ДВГУПС Института транспортного строительства, установлено, что оползень на участке 450 км федеральной автотрассы «Лена» в районе ПК-55 является следствием послонных подвижек горных пород дурайской и юхтинской свит при воздействии сейсмических волн [2]. Авторами данного исследования приводится расчет устойчивости оползневого участка, который свидетельствует о неустойчивом его состоянии. Несмотря на проведенные исследования, специалистами ДВГУПС Института транспортного строительства не приводится роль подземных вод в развитии оползневых процессов, а также данные по кинематике последних.

С целью отработки методики изучения оползня участниками полевого отряда проведены геофизические работы методами электрического зондирования и георадиолокации, а также геологическое описание участка.

Электрическое зондирование было выполнено по одному профилю, длина которого составила 155 м. Профиль располагался вдоль старой дороги от моста через р. Б. Дурай и протягивался в юго-восточном направлении (рис. 1). Работы выполнялись аппаратурой «БИКС» производства КБ «Сейсмического приборостроения».

Глубина изученного геоэлектрического разреза составила 22 м. В ходе опытных работ были выбраны максимальные расстояния между диполями, изменяющиеся в диапазоне от 3,75 до 50 м. Максимальный разнос был выбран при отношении 3.

Обработка полученных данных производилась с помощью программы ZondRes2D, которая позволяет провести инверсию кажущихся сопротивлений в истинные и построить геоэлектрический разрез.

В результате при интерпретации данных в разрезе условно можно выделить 3 области (рис. 2): повышенных значений удельного электрического сопротивления (более 400 Ом*м); пониженного удельного электрического сопротивления (200-400 Ом*м); низких удельных сопротивлений (менее 200 Ом*м). Первая область относится к участкам плотных, малоувлажненных пород (области высокого сопротивления), разделенных ослабленными зонами (трещинами), вероятно, водонасыщенными (вторая область), о чем свидетельствуют источники, расположенные ниже по склону. В правой части разреза (рис. 2) выделена третья область – область разуплотненных горных пород (зона низких сопротивлений). Последняя, вероятно, краевая часть оползневого тела.

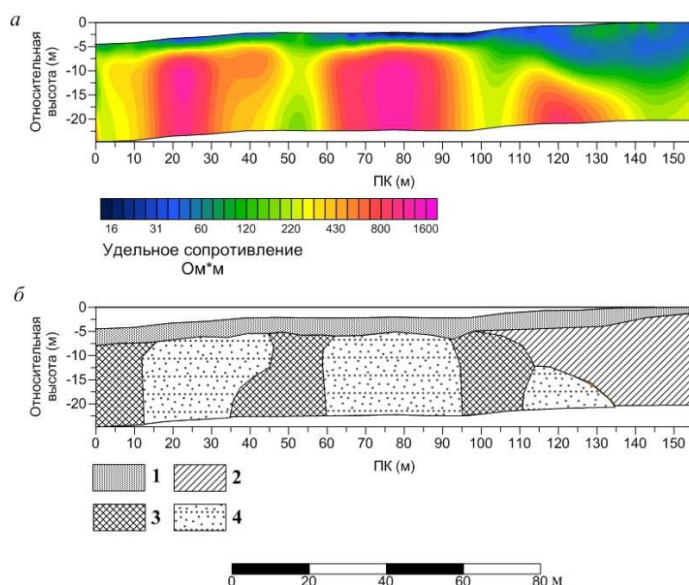


Рис. 2. Геоэлектрический разрез (а) на южном склоне долины р. Б. Дурай и его интерпретация (б).

Условные обозначения: 1 – рыхлые отложения (может быть деятельный слой); 2 – участок горных пород краевой части оползня; 3 – зоны разуплотненных горных пород, возможно, зона фильтрации подземных вод; 4 – участки плотных горных пород

Георадиолокационные исследования проведены с целью оценки возможности применения метода георадиолокации для определения зеркала скольжения оползня в районе 450 км федеральной автодороги «Лена».

Измерения проведены с применением сертифицированных георадиолокаторов с центральной частотой 300 МГц и АБДЛ «Тритон» с центральной частотой 50 МГц (ООО «ЛогиС-Геотех»). Для привязки полученных данных измерений к реальным глубинам разреза параметр диэлектрической проницаемости среды принят равным 6, что соответствует скальным трещиноватым горным породам.

Георадиолокационные исследования проводились по 4 профилям (см. рис. 1). В результате интерпретации данных на геоэлектрических профилях, выполненных линейными антеннами с центральной частотой 50 МГц, обнаружены низкочастотные участки, свидетельствующие о наличии зон повышенной увлажненности горных пород, вероятно, зон фильтрации подземных вод (рис. 3). Для выявления геометрии обводненных зон некоторые георадиолокационные разрезы были привязаны к рельефу местности, который, в свою очередь, получен по данным тахеометрической съемки. Отрезок профиля с участками повышенной увлажненности горных пород приурочен к нижней части оползневого тела. Глубину залегания верхней границы обводненной зоны определить не представлялось возможным, так как скоростные характеристики распространения электромагнитных волн в горной породе имели широкий диапазон значений. Полученные данные показывают, что ширина обводненных участков достигает 40 м, границы которых

в проекции на дневную поверхность совпадают с границей оползневого тела. Вероятно, зона обводнения (повышенной трещиноватости) грунтов и есть зеркало скольжения оползня в районе 450 км федеральной автотрассы «Лена».

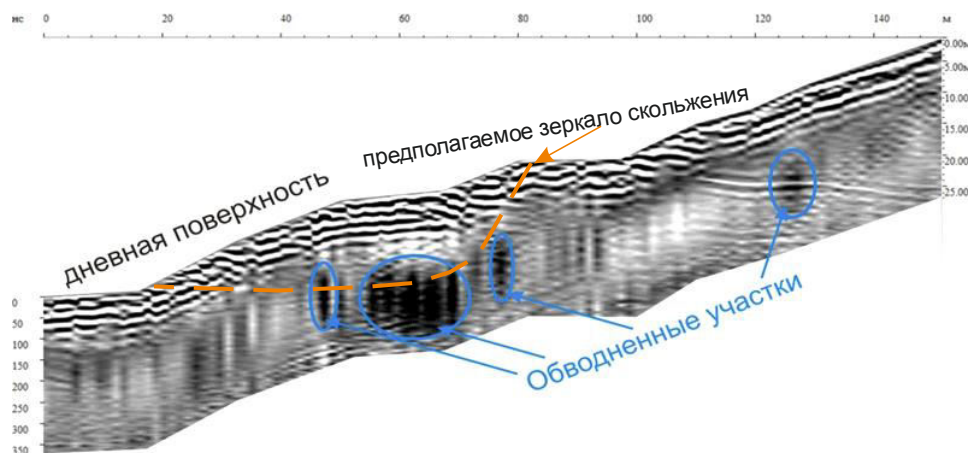


Рис. 3. Георадиолокационный разрез по профилю 1

Таким образом, мы считаем, что основной причиной образования оползня на 450 км федеральной автотрассы «Лена» явилась подрезка склона в результате дорожных работ. Совокупность факторов, в числе которых высокая трещиноватость горных пород, значительная водообильность, а также сейсмическая активность территории, явилась катализатором процесса. Анализ полученных данных указывает на необходимость тщательного изучения геологического и гидрогеологического строения рассматриваемой территории при проведении горнопроходческих работ во избежание негативных последствий.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №16-35-60027-мол_а_дк и №16-35-60082-мол_а_дк

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Южная Якутия. Мерзлотно-гидрогеологические и инженерно-геологические условия Алданского горнопромышленного района / под ред. Кудрявцева В.А. - М.: Изд-во МГУ, 1975. - 444 с.
2. Кудрявцев С.А., Малеев Д.Ю. Обследование оползневого участка строительства автомобильной дороги М56 «Лена» на 450 км. Анализ землетрясений, произошедших в 2011 году и расчет устойчивости оползневого склона на 450 км автомобильной дороги М56 «Лена». - Хабаровск: ФКУ «ДСД Дальний Восток», 2012.
3. Торопыгин С.Б. и др. Материалы к Государственной геологической карте РФ м-ба 1:200000 (второе издание) (отчёт о результатах геологического доизучения ранее заснятых площадей масштаба 1:200000 и подготовки к изданию Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000 (новая серия) территории листов О-51-XXIX и О-51-XXXV) Кн. 1. - Чульман, ФГУП РС(Я) «Алдангеология», 2004.

© Л. А. Гагарин, И. И. Христофоров, К. И. Бажин,
Л. С. Лебедева, Н. В. Торговкин, В. А. Куваев, И. Е. Мисайлов, 2016