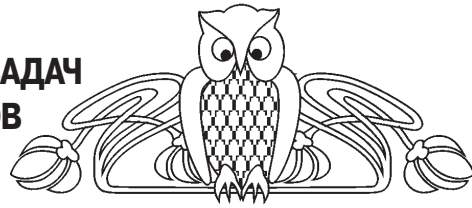




УДК 550.837.311:551.343 (470.44)

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОКТЯБРЬСКОМ УЩЕЛЬЕ ГОРОДА САРАТОВА



О.Д. Смилевец¹, А.В. Иванов, Н.В. Хаюк¹, К.А. Кравцова¹,
А.Г. Кузин

Саратовский государственный университет,
кафедра геоэкологии

E-mail: geoeecologia@info.sgu.ru

¹Саратовский государственный технический университет,
кафедра производства строительных изделий и конструкций
E-mail: Smilevets@mail.ru

В статье рассматривается применение комплекса геофизических методов исследований и современной аппаратуры для решения практических инженерно-геологических задач при проектировании строительства технических сооружений на оползневых склонах (участках).

Application of Geophysical Methods for the Decision of Engineering – Geological Problems at Research Landslip Processes in October Gorge of City of Saratov

**O.D. Smilevets, A.V. Ivanov, N.V. Hajk, K.A. Kravtsova,
A.G. Kuzin**

In article application of a complex of geophysical methods of researches and the modern equipment for the decision of practical and engineering – geological problems is considered at designing for construction of technological constructions on landslip slopes (sites)

Под оползнем понимают деформацию грунтов, оседание и перемещение вниз по склону горных пород вследствие обводнения. Оползневые явления могут причинять техническим сооружениям всех видов значительный урон. Для разработки эффективных противооползневых мероприятий необходимо тщательное изучение геологических и гидрогеологических условий оползневого участка. Практикуемые в настоящее время разведочные работы (бурение, шурфовка) требуют больших затрат времени и средств, что затрудняет широкое развитие данных работ на изысканиях. Поэтому большое значение имеет разработка и применение других, более экономичных методов инженерно-геологических исследований, в частности электроразведочных.

Инженерно-геологическими исследованиями в оползневом районе должны быть выявлены: геологическое строение, гидрогеологические условия и геоморфологические особенности района оползня, внутренние причины движения оползневых масс (консистенция, гидродинамическое давление, суффозия и др.); факторы, способствующие оползанию (условия питания склона поверхностными и подземными водами,

характер конфигурации и нагруженности склона, выветривание, подмыв основания, деятельность человека и пр.); характер оползней по форме кривой скольжения (очень пологие, пологие, крутые, очень крутые), по глубине захвата (поверхностные, мелкие, глубокие, очень глубокие) и по времени появления и состояния (свежие, старые, древние, действующие, недействующие и пр.); физико-механические свойства горных пород.

Изучаемый оползень сформировался в левом обрывистом борту Октябрьского ущелья между обустроенным каптированным родником и ЛЭП-110 кВ. Западная граница оползня совпадает с тальвегом, в котором расположены каптажные сооружения Октябрьского родника. Восточная граница оползня проходит в 50 м к западу от ЛЭП-110, параллельно линии электропередач. Ширина оползня по фронту составляет 200 м. Длина оползня от тылового шва до окончания фронтального языка составляет 150 м. Площадь оползневого тела составляет 25–30 тыс. м², общая масса – около 0,5 млн т.

Характерной особенностью оползня является тесная связь его с участками разгрузки подземных вод, в том числе с Октябрьским родником. Свежие оползневые трещины отрыва веером расходятся от тальвега с каптажными сооружениями в восточном направлении, закладываясь от уровня разгрузки подземных вод в роднике.

Октябрьский оползень начал активно проявляться с лета 2004 года. В последней декаде сентября 2004 г. дебит Октябрьского родника составил более 4 м³/ч. Подвижки оползня привели к деформации и перегибу трубы из каптажного колодца и уменьшению дебита из трубы до 0,09 м³/ч в последней декаде июля 2005 года. Подвижки оползня оборвали водоводную трубу диаметром 200 мм, проложенную из города до санатория «Октябрьское ущелье». Наибольшая подвижка оползня произошла в марте–апреле 2005 г., когда горизонтальная амплитуда составила несколько метров и язык оползня, повалив деревья в возрасте нескольких десятков лет, выполз к тротуарной дорожке.

Наблюдения с поверхности и результаты буровых работ показали, что оползень имеет ярко выраженные зеркала скольжения со швами и бороздами трения. В случае дальнейшего переувлажнения оползневые массы способны к дальнейшему движению, что может привести к пе-



рекрытию автодороги, разрушению придорожных коммуникаций и прочих сооружений. Расширение оползня по фронту может привести к возникновению прямой угрозы ЛЭП-110 кВ.

Движение оползня следует ожидать в периоды длительных дождей в связи с тем обстоятельством, что трещины отрыва растяжения бровки срыва открыты и будут с максимально возможной интенсивностью насыщаться атмосферными, поверхностными и подземными водами.

Разрез оползневой системы сложен меловыми, палеогеновыми и четвертичными отложениями.

Верхнемеловые отложения

В пределах изучаемого оползневого тела Октябрьского ущелья наиболее древними являются отложения сеноманского яруса верхнего отдела меловой системы (K_2s). Эти отложения наблюдаются в нижней части оползня и днища ущелья под оползневыми и делювиальными образованиями. Кровля их фиксируется на абсолютных отметках 140,0–143,0 м. Отложения представлены песчаной пачкой.

K_2s 1. Песок кварцево-глауконитовый, серо-зеленый, мелкозернистый, алевритистый, гидрослюдистый слабо пронизан ходами донных роющих организмов. Остатки фосфоритов редки, большей частью приурочены к фосфоритовому горизонту. Мощность около 30 м. Вниз по разрезу слой постепенно переходит в пески и глины альбского возраста. Однако этот переход располагается ниже уровня Октябрьского ущелья и не затронут оползневой ситуацией. Мощность отложений оценивается в среднем 30–40 м.

K_2st 2. Мергель (силиcito-глино-известняк) песчаный, грязно-белый, с обилием глауконита и включений фосфоритов, количество и размеры которых уменьшаются вверх по разрезу. Фосфориты и фрагменты скелетов губок образуют в нижней половине скопления в виде тонких невыдержанных прослоев, линз. В верхней части слоя содержание терригенной составляющей уменьшается и проявляются тонкие прослои окремнения синего цвета с редкими мелкими фосфоритами. Выше прослоев окремнения включения отсутствуют. По комплексу губок и двустворчатых моллюсков возраст вмещающих отложений определяется как нижнесантонский (возможно, верхи нижнего сантона). Мощность 0,75–1 м.

Выше залегает так называемая «полосатая серия» сантона — ритмичное переслаивание мергелистых различных глин и опок, в которой литологически выделяются две пачки.

K_2st 3. Кремнистая пачка — большую часть составляют глинистые или известково-глинистые силициты, в которых неравномерно распределены слои известковых глино-силицитов и силицитоглин. Часто встречаются остатки двустворчатых моллюсков и ростры белемнитов, известны на-

ходки чешуи рыб, редкие одиночные кораллы. Мощность 8,1 м.

K_2st 4. Карбонатно-глинисто-кремнистая пачка, постепенно сменяющая подстилающий слой. Представлена в нижней части известково-глино-силицитами, которые незаметно переходят в известково-глинистые силициты и выше — в известковистые глино-силициты. Возраст этого слоя рассматривается как позднесантонский [1]. Мощность около 15–17 м.

K_2sr 5. В составе слоя выделяется ряд интервалов, описанных по серии закопущек и по аналогии с разрезом Завокзального ущелья [1]:

а. Мергель песчаный, обогащен глауконитом, серо-зеленый. В подошве слоя наблюдаются крупные (до 5–12 мм) окатыши светло-коричневых фосфоритов. Глинисто-силицитовой материал с глауконитом заполняет многочисленные ходы роющих организмов, сильно изменивших облик кровли подстилающих пород. Зерна глауконита сгруппированы в виде линз и гнезд неправильных очертаний. Мощность прослоя 0,3 м.

б. Выше по разрезу — рыхлые мергели глауконитовые, силицитовые. Здесь встречены редкие, равномерно рассеянные по слою остатки фосфоритов в автохтонном захоронении. Среди них характерны ростры белемнитов, раковины иноцерамов и других двустворчатых моллюсков, скелеты губок плохой сохранности. Мощность прослоя 0,3–0,5 м.

в. Еще выше наблюдается хорошо выраженный в профилях обрывов и склонов оврагов в виде уступа известняк глинисто-силицитовой с обилием глауконита (до 40%). Характерно неравномерное прокремнение слоя, что придает ему вид линзовидного прослоя. В его основании наблюдаются небольшие, черно-коричневые фосфориты, которые реже встречаются в рассеянном состоянии вверх по слою. В аналогичном слое Завокзального ущелья [1] остатки скелетов губок в большей степени приурочены к нижней половине интервала, встречаются ростры белемнитов, очень крупные (более 1,5 м) ядра аммонитов, тела позвонков мозазавров, зубы селяхий, копролиты и ядра скафопод. Мощность 0,4–0,6 м.

г. Выше залегают рыхлые силицитовые мергели с глауконитом и редкими мелкими фосфоритами, содержащие отдельные крупные ядра аммонитов. В кровле порода сцементирована кремнистым цементом и несколько увеличивается содержание фосфоритов. Мощность прослоя 0,8–1 м. Общая мощность слоя 2–2,2 м.

K_2sr 6. Кремнисто-глинистая пачка, представленная чередующимися прослоями серых опок и черных кремнистых глин. Мощность слоя 5–7 м.

K_2m 7. Верхняя часть кремнисто-глинистой пачки, почти полностью лишняя карбонатной составляющей. В основании слабо проявлен прослой редких желваков и зерен фосфорита, которые совместно с алевритовым и псаммитовым



материалом образуют линзы и гнезда. Данные отложения относятся к зоне *Belemnella licharevi* нижнего маастрихта. Мощность 1–2 м.

K_2m 8. Мергель светло-серый, слабо песчаный, в выветренном состоянии плитчатый. Распространены раковины устриц, которые образуют местами небольшие линзовидные прослои, а также ростры белемнитов. Мощность 15–17 м.

Палеогеновые отложения

Сызранская свита (P_1sz_1). Сызранская свита на обследованном участке представлена слоями, сложенными опоками с единичными прослоями глины. Опоки сильноотрещиноватые, рассеченные серией тектонических субвертикальных трещин северо-восточного простирания, а также трещинами отдельности, трещинами напластования и выветривания.

Четвертичные отложения

Образования древнего оползня (dpQ_{III-IV}). Представлены глинами с примесью щебня опоки и мергеля. Мощность отложений в голове древнего оползня достигает 10,0 м.

Образования современного оползня (dpQ_{IV}). выражены в разрезе суглинком, щебнем опоки с почвой, прослоями дресвяно-щебенистого грунта. Толща оползневых грунтов сильно разуплотнена многочисленными трещинами отрыва и растяжениями, на отдельных участках она переувлажнена.

Проллювиально-делювиальные отложения ($prlQ_{IV}$). слагают днище Октябрьского ущелья и представлены глинами с примесью слабоокатанного щебня, дресвы и суглинками с примесью обломочного материала, имеют мощность 7–15 м и залегают на коренных песках сеноманского яруса верхнего мела с размывом.

Базисом оползневых явлений в районе работ являются сеноманские отложения.

Уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 8 м. Направление грунтового потока прослеживается на юг и юго-восток. В рассматриваемом районе известны три водоносных горизонта: сызранский (P_1sz), сантон-кампанский (K_2st-K_2km) и сеноманский (K_2cm). Установлено, что выходы родниковых вод Октябрьского ущелья наблюдаются над кампанскими глауконит-кварцевыми песчаниками. В свою очередь, формирование родников связано с перетоками вод из вышележащих водоносных горизонтов. В этой связи в формировании подземных вод, насыщающих оползневое тело и служащих первопричиной оползнеобразования, принимают участие водоносные горизонты сызранского и сантон-кампанского возраста.

В течение мая–октября 2005 г. были проведены комплексные полевые инженерно-геологические и геофизические исследования на оползневом участке в Октябрьском ущелье Саратова (рис. 1). Основными задачами изысканий являлись:

– оценка по геофизическим данным и бурению скважины глубиной 30 м, литологического строения и мощности рыхлых оползневых масс в плане и по разрезу;

– выяснение уровня залегания подземных вод (УГВ) в теле оползня, глубины залегания коренных пород;

– определение по результатам опробования пройденной скважины физико-механических свойств пород;

– детальное изучение геофизической (геоэлектрической) модели верхней части разреза;

– картирование поверхностей современного и древнего оползней;

– оконтуривание языка современного оползня;

– прогноз динамики развития оползневых процессов.

Условия проведения комплексных полевых геофизических исследований осложнены резко пересеченным рельефом участка развития современных и древних оползневых процессов, крутым склоном, наличием подземных и наземных коммуникаций городской инфраструктуры, что создавало высокий уровень техногенной помехи на фоне регистрируемых сигналов.

Электроразведка МЗСБ

Электроразведка методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) выполнялась для получения параметрической информации о геоэлектрических характеристиках грунтов в интервале развития современных оползневых процессов [2]. Использовалась цифровая измерительная аппаратура (ЭРП-1) и аналоговая – электроразведочный стрелочный компенсатор (АЭ-72). Сеть наблюдений в методе ВЭЗ – профильная (по единой координатной сети), с шагом приемно-питающей установки 25–50 м, с разносами питающей линии $AB/2=75$ м. Питающая линия АВ включала 12 действующих разносов. Центры установок размещались на координатных пикетах профильной сети наблюдений. Питающая и приемная установки ориентировались по линиям с минимальными превышениями рельефа. Количество выполненных координатных точек ВЭЗ на трех профилях – 30 (ПР1, 2, 3) [3, 4].

Зондирование становлением электромагнитного поля в ближней зоне (МЗСБ) выполнялось с целью детального изучения геоэлектрических характеристик разреза (в интервале глубин от 5 до 40 м), определения глубин залегания опорных геоэлектрических границ, прогноза литологического состава и гидрогеологических характеристик. Использовалась электроразведочная аппаратура (Цикл-6). На координатных пикетах профильно-площадной сети наблюдений размещались многомерные осесимметричные совмещенные установки ($L_1=8$ м и $L_2=20$ м). Количество координатных точек на исследованном участке МЗСБ–40 (ПР1,2,3,4).

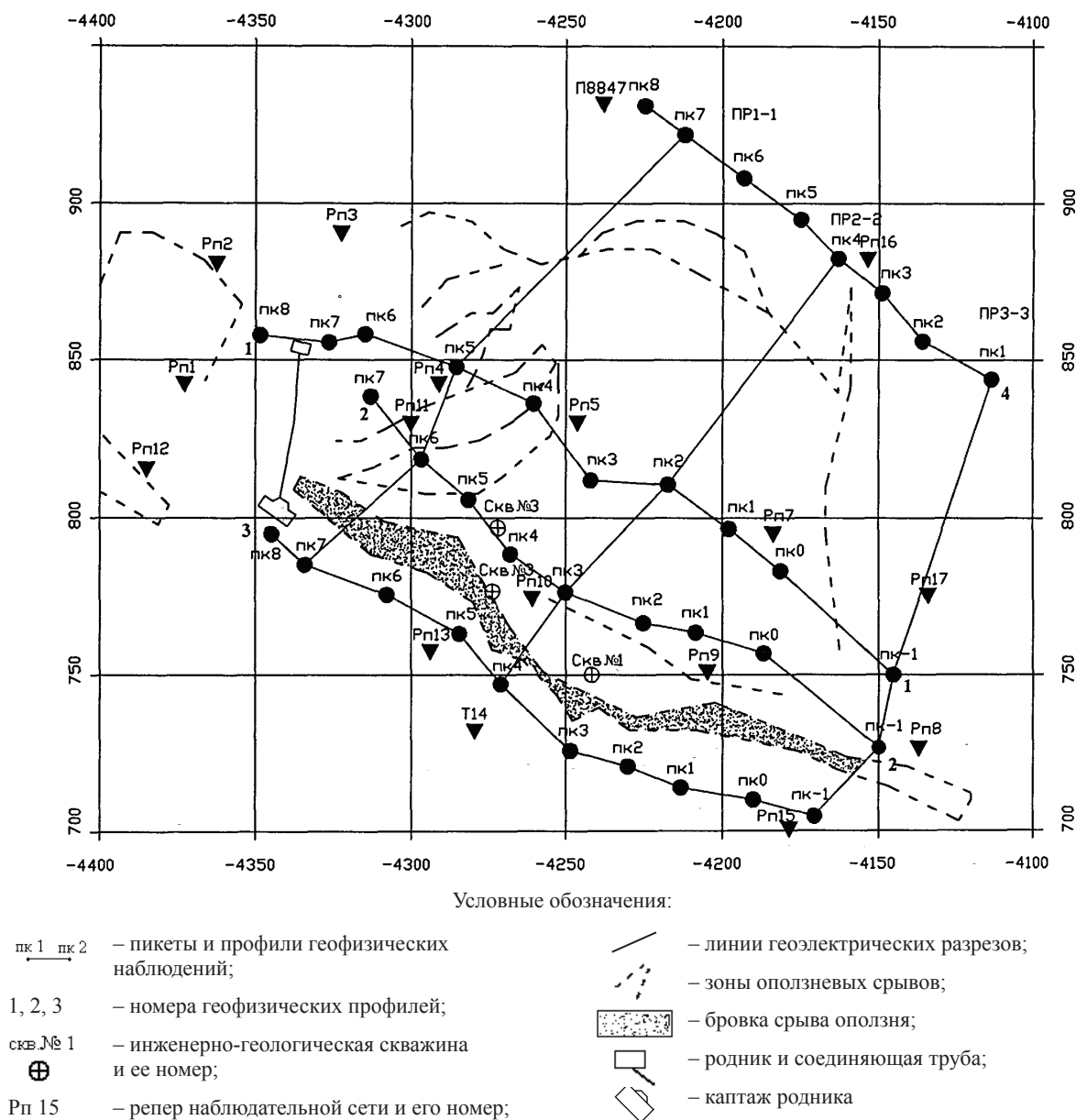


Рис. 1. Схема размещения геофизических профилей на участке исследований (Октябрьское ущелье)

Обработка и интерпретация полевых записей выполнялась с использованием специальных программ для каждого из методов.

Интерпретация кривых ВЭЗ проводилась по трехслойным палеткам фирмы «Шлюмберже», палеткам А.М. Пылаева и методике В.А. Шамшурин. При отождествлении геоэлектрических зон с определенными литологическими горизонтами геоэлектрические разрезы приобретают конкретный геологический смысл [5, 6].

Информативность полевых записей сейсморазведки методом преломных волн (МПВ), в связи с неблагоприятными сейсмогеологическими условиями (наличие мощного верхнего низкосортного слоя: оползневая толщина – рыхлые суглинки с дресвой), оказалась весьма низкой.

Электроразведкой методом ВЭЗ изучены геологические характеристики разреза по трем профилям.

Разрез в изученном интервале глубин по данным ВЭЗ аппроксимируется трехслойным, четырехслойным типом кривых $H-QKH$.

Результаты интерпретации данных ВЭЗ по трем профилям в виде разрезов кажущегося электрического сопротивления представлены на рис. 2. Первый от поверхности геоэлектрический слой высокоомный, сопротивление его изменяется в широких пределах от 200 до 1000 Ом·м, мощность слоя 0,1–0,5 м. По литологической характеристике слой соответствует сухим образованиям современного оползня, представленным щебнем опоки и почвенно-растительным покровом (dpQ_{IV}).

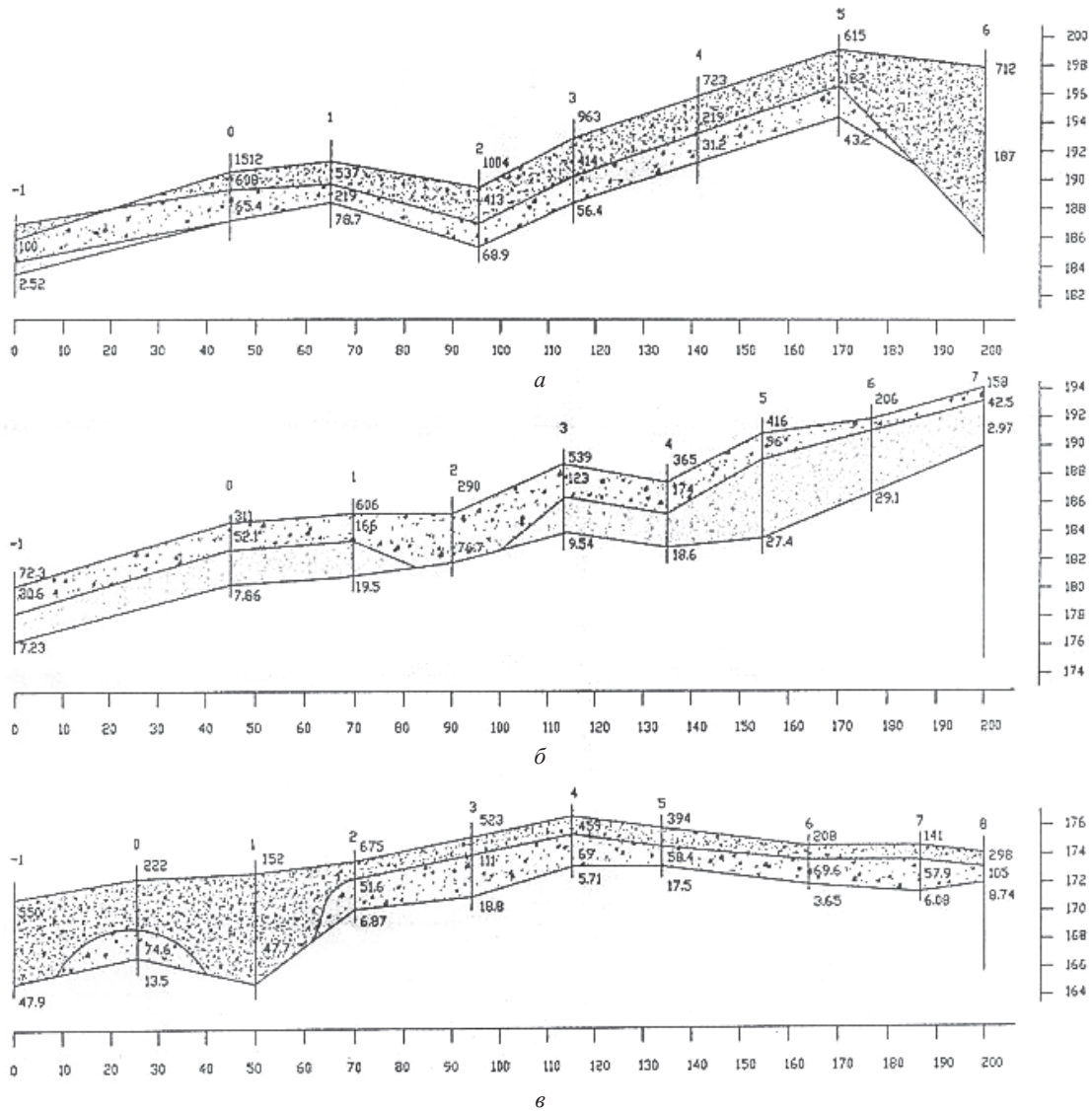


Рис. 2. Разрезы кажущегося электрического сопротивления по данным электроразведки ВЭЗ (Октябрьское ущелье): а – профиль 1; б – профиль 2; в – профиль 3

Ниже по разрезу выделен относительно низкоомный слой. Картируемая мощность слоя от 0,5 до 6 м. Кажущееся сопротивление изменяется от нескольких десятков до сотен омметров. В основании геоэлектрического слоя выделен еще более низкоомный прослой. Значения кажущегося сопротивления этого прослоя (ρ_k) изменяются от нескольких единиц до первых десятков омметров. Мощность прослоя изменяется от 5 м до 0. Прослой коррелируется в разрезах по профилям фрагментарно. Подошва относительно низкоомного слоя коррелируется по данным ВЭЗ условно по минимуму ρ_k перед асимптотическим подъемом правых ветвей кривых ρ_k , отражающих ограничение глубинности исследований с примененной установкой.

В распределении мощности и кажущегося сопротивления опорного относительно низкоом-

ного геоэлектрического слоя, в плане, по данным ВЭЗ, отчетливо прослеживаются контуры верхней интервала современной оползневой толщи. В геоэлектрической характеристике она отражается anomalously высокими значениями $\rho_k > 50$ Ом·м при большом перепаде значений оцененной мощности этого слоя (от 2 до 8 м). Пониженными значениями $\rho_k < 15$ Ом·м охарактеризована зона расположения каптажа, юго-западная и юго-восточная окраины обследованного участка.

По результатам электроразведки ВЭЗ изучены геоэлектрические характеристики самой верхней части разреза оползневого участка до глубин 6–8 м. Этот интервал не отражает полную мощность толщи современной оползневой участка.

Геоэлектрические характеристики исследуемого участка отличаются большой изменчивостью. На форму кривых ВЭЗ оказывают влияние многие



факторы: литология, влажность, наличие наклонных и вертикальных границ раздела пород, ориентировка измерительной установки ВЭЗ и т. д.

Для определения горизонтальности залегания слоев изучаемых пород на месте пробуренной скважины было проведено круговое зондирование (КрВЭЗ). Сравнение результатов измерений ρ_{kz} , полученных при КрВЭЗ для одинаковых АВ/2, показало, что имеет место диаграмма вытянутой формы. Это свидетельствует о наклонном залегании слоев или наличии плоскостей раздела, образованных трещиноватостью пород.

Наличие крутого (часто равного 45°) наклона правой ветви кривой ВЭЗ свидетельствует о

присутствии на глубине 30 м более высокоомных, чем в верхней части разреза пород и наклонной границе их кровли.

Наличие грунтовых вод на глубине 8 м отмечается искажением на кривой ВЭЗ типа «Н». Переслаивание пород различной дисперсности и литологического состава отмечается изломами на кривой ВЭЗ.

Наличие буровой скважины на участке работ позволило выявить связи удельного электрического сопротивления (УЭС) с литологией пород [6]. Некоторые данные по литологическому составу и соответствующим сопротивлениям представлены в таблице.

Сопоставление литологических данных и электрических сопротивлений на оползневом участке в Октябрьском ущелье

Литология	Номер геоэлектрического горизонта	Удельные электрические сопротивления, Ом·м
Почвенно-растительный покров с щебнем опоки	1	200–1000
Щебень опоки	2	10–20
Суглинок тяжелый с примесью щебня (оползневой)	3	От 2–3 до 5–6
Суглинок и глина текучепластичная	4	1–2
Чередование мергелей и глин с прослоями песчаников	5	2–4
Чередование мергелей и кремнистых глин	6	От 1–2 до 4–6
Песок в коренном залегании	7	25–50

Таким образом, по результатам геофизических исследований в изучаемом геологическом разрезе выделяется 7 геоэлектрических горизонтов.

Из таблицы видно, что породы дифференцируются по сопротивлениям в зависимости от их дисперсности. Полученный диапазон изменений УЭС в одновозрастных породах объясняется неоднородностью отложений (прослоями песчаников и мергелей).

Результаты интерпретации геофизических данных позволили дополнить данные инженерно-геологических изысканий по изучаемой территории. На глубине 8 м на всех кривых (графиках) кругового ВЭЗ отмечается уменьшение значений УЭС, что соответствует уровню грунтовых вод. На глубине в среднем 11–12 м на кривых ВЭЗ отмечается изменение величин УЭС, соответствующее смене рыхлых оползневых грунтов на более плотные породы. Геоэлектрическая граница в изучаемом массиве отмечается также на глубине 20–22 м. Ниже 40–55 метров наблюдается геоэлектрический горизонт со значениями УЭС 25–50 Ом·м, соответствующий сеноманским пескам.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

- Проведенные геофизические исследования позволили определить глубину охвата оползня и граничные условия оползневого массива.

- Поверхность смещения современного оползня образована по высокопластичным гли-

нам, зеркало оползня имеет циркуобразную форму с крутыми стенами срыва, многочисленными глубокими трещинами растяжения.

- В оползневом теле сформировался постоянно действующий уровень грунтовых вод на отметке примерно 178 м с подпиткой дождевыми и тальными водами по зияющим трещинам, а также разгрузкой в оползень подземных вод сызранского и, возможно, локально маастрихтского горизонтов.

- Оползень не достиг еще своего низшего устойчивого положения, энергия, создаваемая весом грунтовых масс с верховой стороны и гидростатическим давлением подземных вод, не израсходована, оползневые массы продолжают утяжеляться, а трещины отрыва и растяжения интенсивно развиваются. Активизация оползня носит циклический характер и интенсифицируется в период затяжных дождей, ливней и активного снеготаяния.

- Для выработки проектных решений в дополнение к пройденным профилям необходимо исследовать оползневой массив дополнительными двумя поперечными и тремя-четырьмя продольными профилями.

- Для определения динамических характеристик оползневого массива необходимо проводить постоянный геолого-геофизический мониторинг на специально выделенных контрольных участках (КУ), используя как контактные,



так и всепогодные бесконтактные геофизические методы исследований¹.

В геологическом строении склонов на территории Саратова отмечается наличие пород песчано-глинистого состава, что обуславливает приуроченность оползней к породам почти всех геологических возрастов, начиная от древних коренных пород юрского и мелового возраста и заканчивая современными отложениями четвертичной системы. Кроме того, для коренных пород в районе Саратова характерна тектоническая нарушенность, что обуславливает наличие зон повышенной трещиноватости и смещения. В таких зонах прочностные параметры пород ослаблены. Способствуют образованию оползней и морфологические условия склонов Соколоворосского и Лысогорского массивов, в первую очередь их высота до 100–120 м и значительная крутизна (до 40–45°). Морфологические условия способствуют развитию эрозии, абразии, суффозии, обвально-осыпных процессов, выветриванию, что негативно сказывается на устойчивости склонов. Важным фактором возникновения оползней являются гидрогеологические условия. Горизонты грунтовых вод приурочены к пескам, трещиноватым глинам, опокам. Водоносные горизонты часто напорны и отрицательно действуют на устойчивость склонов.

В целом можно отметить, что активизация оползневых процессов на территории Саратова – процесс постоянный, он затухает или активизируется в зависимости от климатических условий каждого конкретного года, но структурно-тектонический процесс практически не прекращается. В связи с этим обстоятельством отсутствие или сокращение наблюдений за развитием оползневых процессов на городской территории может привести к бесконтрольности и непредсказуемости вероятных катастрофических явлений с разрушениями и жертвами. Необходимо разработать программу борьбы с оползневой опасностью в Саратове и в ближайшее время начать ее реализацию [7, 8].

Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники (проведение молодыми учеными научных исследований по приоритетным направлениям науки, высоких технологий и образования)» (Госконтракт 02.442.11.7257).

Библиографический список

1. Иванов А.В., Первушов Е.М. Губковые горизонты сантона-кампана и «птериевые слои» Саратовского Поволжья // Недра Поволжья и Прикаспия. 1998. Вып. 17. С. 24–30.
2. Смилевец О.Д. Исследование приповерхностной части разреза Прикаспийской впадины электроразведкой постоянного тока для электрохимической защиты газопроводов // Там же. 1996. Вып. 11. С. 56–61.
3. Смилевец О.Д. Применение электроразведки постоянным током при обследовании газопроводов Нижнего Поволжья // Там же. 1998. Вып. 15. С. 60–65.
4. Смилевец О.Д., Сулицкий Ф.В., Рейтхохов К.С. Особенности проведения электроразведочных работ методом ВЭЗ при обследовании трасс трубопроводов в осенне-зимний период // Там же. 2000. Вып. 24. С. 52–58.
5. Милованов В.И., Смилевец О.Д. Анализ ошибок при работах методом ВЭЗ при обследовании трасс трубопроводов и строительных площадок // Там же. 1999. Вып. 20. С. 48–53.
6. Смилевец О.Д., Сулицкий Ф.В., Рейтхохов К.С. Особенности интерпретации данных ВЭЗ при расчленении верхней части разреза песчано-суглинистых толщ // Там же. 2001. Вып. 26. С. 67–71.
7. Кузин А.Г. К вопросу о классификации факторов оползневой опасности на урбанизированных территориях (на примере г. Саратова) // Геологи XXI века: Материалы VII Всерос. науч. конф. студ., асп. и молодых спец. Саратов, 2006. С. 119–120.
8. Артемьев С.А., Еремин В.Н., Иванов А.В. и др. Саратов: комплексный геоэкологический анализ / Под ред. А.В. Иванова. Саратов, 2003. 248 с.

¹ Работы проведены студентами геологического факультета СГУ в процессе полевой практики под руководством доцента Ю.Г. Шигаева.