

Кропоткин М.П. (ООО НПП «Сингеос»)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КРУПНЫХ БЛОКОВЫХ ОПОЛЗНЕЙ МОСКОВСКОГО РЕГИОНА

*Методами компьютерного поэтапного моделирования с использованием алгоритмов поиска зоны смещения с минимальным коэффициентом устойчивости и с привлечением иной геолого-геодезической информации показано, что возникновение и развитие крупных блоковых оползней Москвы и Подмосковья происходит на основе сдвигового механизма. Оценена общая продолжительность периода ползучести, показана невозможность его самопроизвольного затухания. Предложены мероприятия по мониторингу и инженерной защите от этих оползней в условиях геоэкологической ситуации мегаполиса. **Ключевые слова:** компьютерное моделирование, мониторинг, инженерная защита.*

Kropotkin M.P. (Singeos)

GEOECOLOGICAL ESTIMATION OF LARGE BLOCK LANDSLIDES OF THE MOSCOW REGION

*Search algorithms of the displacement zone with the minimum stability coefficient in stage-by-stage computer simulation methods and other geological and geodesic information are used. The emergence and development of large block landslides in the Moscow region are based on the classic shear mechanism. Total duration creep period was estimated and the impossibility of spontaneous decay is showed. The measures for monitoring and engineering protection against these landslides in the conditions of the geoecological situation of the megalopolis are proposed. **Keywords:** computer simulation, monitoring, engineering protection.*

Оползневые явления являются одними из наиболее распространенных и опасных для человека, биоты и техносферы природных и природно-техногенных экзогенных процессов. В Московском регионе широко развиты блоковые оползни, смещение которых связано с верхнеюрскими глинами. Оползни этого типа до сих пор обычно относили к оползням выдавливания. Они, как правило, значительные по площади и с большой глубиной захвата, что обуславливает возможность серьезного ущерба от их развития и сильно затрудняет стабилизирующие мероприятия.

Их развитие в пределах Московской агломерации может приводить к разрушению и повреждению зданий жилого, административного, научного и производственного назначения, транспортных коммуникаций, объектов культурного наследия (в т.ч. находящихся в списках ЮНЕСКО), различных трубопроводов, что чревато масштабными загрязнениями. В Москве участки их развития являются важными зонами отдыха мегаполиса, а активизация подобных оползней резко ухудшает рекреационные качества ландшафтов.

Эти оползни имеют более чем вековую историю изучения, однако критический анализ выполненных исследований показывает необходимость уточнения механизма развития этих оползней, возможных методов оценки опасности, прогноза их поведения и защитных мероприятий. Кроме того, в предлагаемых ранее защитных мероприятиях экологический аспект до сего времени вообще практически не учитывался.

Основным способом данного исследования этих оползней было математическое моделирование с использованием автоматизированного поиска наиболее опасной зоны смещения.

Использованные при моделировании программные средства

Для расчетов был использован блок программного комплекса PSK [4, 5]. В его основе лежит математическая модель в виде системы уравнений предельного равновесия, отражающих соотношение сдвигающих и удерживающих сил в грунтовом массиве в двухмерной постановке с учетом сил взаимодействия по граням расчетных отсеков и соответствующих напряженному состоянию массива непосредственно перед началом смещения оползня. При этом учитываются все основные силы, действующие на блок грунта, и направления их приложения.

Специальная подпрограмма методом интерполяции выполняет расчет высотного положения дневной поверхности, границ слоев, уровня грунтовых вод (УГВ) и пьезометрических уровней в каждом вертикальном сечении, являющемся границей между блоками при заданном шаге разбиения. По определенному алгоритму осуществляется автоматизированный поиск реальной или потенциальной поверхности смещения оползня, определяется поверхность с минимальным коэффициентом устойчивости. Алгоритм поиска позволяет анализировать положение плоскости скольжения любой формы без ограничений по количеству точек перегиба. Программа производит автоматическое разбиение модели склона на блоки заданного размера. Разбиение регулируется по высоте и по горизонтали в широких пределах.

Коэффициент устойчивости на каждом шаге поиска рассчитывается итерационным методом путем решения системы уравнений равновесия горизонтальных и вертикальных сил для блоков плоской модели склона. Предусматривается возможность учета давления напорных подземных вод, давления фильтрационного потока, воздействия различных пригрузок, сейсмических (в том числе взрывных) ускорений. Также предусматривается возможность задания по отдельным направлениям свойств грунтов, отличных от свойств по данному слою в целом. Кроме коэффициента устойчивости и положения поверхности смещения рассчитывается усилие взаимодействия (сжатия, растяжения) по границам условных блоков.

Программный комплекс PSK (со второй половины 1990-х годов, включивший разработанные его авторами программы трехмерных и вероятностных расчетов устойчивости склонов) позволяет существенно повы-

сдать точность оценки устойчивости склона в сравнении с традиционными инженерными методами расчета за счет:

более точного учета возникающих в массиве склона внутренних напряжений;

поиска и определения наиболее опасной поверхности потенциального смещения (ППС);

эффекта «сглаживания» ППС (поскольку, как правило, используется несколько десятков расчетных блоков).

В результате значения коэффициента устойчивости K_u , получаемые с использованием традиционных методов по поверхности, задаваемой специалистами интуитивно, как правило, оказываются на 3–35 % выше величин K_u , определяемых с помощью программного комплекса PSK. Для поверхностей, близких к круглоцилиндрическим, различия минимальны, а для сложнопостроенных склонов с иной формой ППС они максимальны. Автором неоднократно проводилось сопоставление итогов расчетов устойчивости в программном комплексе PSK с результатами, полученными традиционными методами (при предварительно найденном с помощью программ PSK положении опаснейшей поверхности потенциального смещения), а также с расчетами на основе численных методов определения напряженно-деформируемого состояния (НДС) с использованием широко известных программ «PLAXIS». Все расчеты показали очень высокую сходимость, различия в величине коэффициента устойчивости (K_u) не превышают первых процентов.

Изучение обобщенной модели

Первоначально была разработана обобщенная геомеханическая модель, все исходные параметры которой: рельеф склона, схематизированное геологическое строение массива, положение уровня грунтовых вод и физико-механические свойства грунтов, задавались осредненными на основе данных ООО НПП «Сингеос» и ряда других организаций (литературных и фондовых источников) по 12 оползневым участкам Москвы.

Расчеты устойчивости выполнялись для нескольких сменяющих друг друга условных этапов развития модельного склона, на которых последовательно менялись морфометрия и геологический разрез склона, а также характеристики грунтов.

Протяженность моделируемого склона от бровки до уреза воды в реке была принята на основе рассчитанной вышеуказанным способом средней высоты склона в соответствии с формулами и графиками [7], составленными в результате обобщения большого массива фактических данных по подобным оползням.

Все использованные в расчетах характеристики грунтов задавались на основе их нормативных значений в соответствии с их реально преобладающими литологическими типами, консистенцией и т.д. Схематизированная модель включала 9 расчетных геологических элементов (РГЭ).

На *этане I* рассматривалось исходное положение, при котором предыдущий сместившийся и нарушен-

ный оползневой блок занимает сравнительно высокое положение, а выдвинувшийся в реку язык частично размывает его. Крутизна склона в верхней части соответствует его предполагаемой крутизне после завершения периода активных деформаций — отчленения и смещения очередного оползневого блока. Смещение вторичных оползней приводит к выполаживанию стенки срыва и частичному заполнению оползневой западины. Склон в целом имеет коэффициент устойчивости 1,14. При этом в определенной зоне за бровкой склона формируются значительные растягивающие напряжения.

На *этане II* рассматривалась возможность основного смещения следующего оползневого цикла. Ширина новой оползневой ступени, как и общая протяженность оползневого склона от новой стенки срыва до уреза реки, соответствует обобщенным по обширному материалу данным В.В. Кюнтцеля [7]. Свойства глинистых грунтов, залегающих ниже УГВ, рассчитаны с учетом поровых давлений. Учтено дальнейшее перемещение оползневого массива вниз и вдоль поверхности смещения с размывом его языковой части рекой, а также продолжение выполаживания основной стенки срыва.

Первоначально исследуется возможность *возникновения* деформаций ползучести на всю высоту склонового массива с захватом верхнеюрских грунтов. Логично предположить, что преодоление структурного сцепления C_c происходит в периоды повышенной обводненности массива, в связи с чем положение уровня грунтовых вод за бровкой для этих расчетов принималось на 1,0–1,5 м выше среднего, а на стадии *развития* ползучести вновь принималось среднее положение УГВ.

В глинистых грунтах юры и мела сдвиговые напряжения уверенно преодолевают как структурное сцепление (обеспечивая возможность возникновения ползучести), так и сцепление связности (по терминологии физико-технической теории ползучести Н.Н. Маслова), обеспечивая развитие ползучести. Коэффициенты устойчивости при этом составляют 0,95 и 0,94 соответственно.

Отметим, что полученные в расчетах значения коэффициента устойчивости 0,94–0,95 показывают достоверность возникающих оползневых деформаций при решении задачи не только в плоской, но и в трехмерной постановке — в условиях реальных склоновых массивов и фронтального типа оползней. При этом образующаяся форма поверхности смещения в верхней части в грубом приближении близка к круглоцилиндрической.

При дальнейшем переходе сдвиговых деформаций в стадию прогрессирующей ползучести происходит полное формирование поверхности смещения со снижением прочностных свойств по всей ее зоне.

Расчеты, выполненные для *этана III*, преследовали цель определения рельефа и общего строения массива на момент достижения оползневым телом нового состояния равновесия.

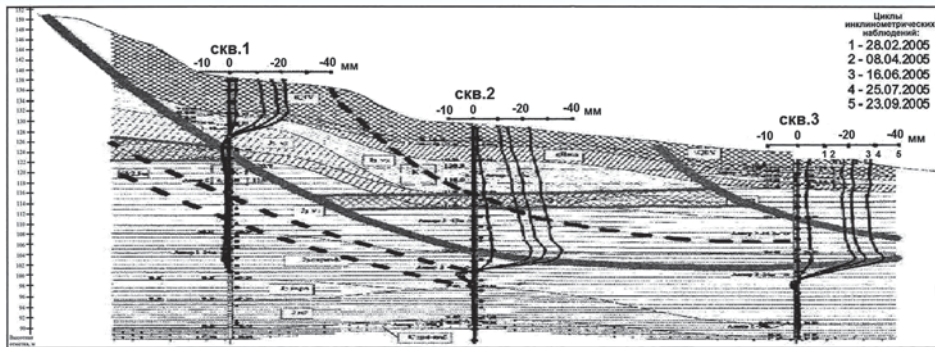


Рис. 1. Динамика оползневого склона по данным высокоточной скважинной инклинометрии в районе правобережного Чертановского канализационного коллектора [2]. Передано в равные вертикальные и горизонтальные масштабы

Для моделируемой типовой модели склона коэффициент устойчивости 0,94, соответствующий завершению фазы быстрого смещения с учетом объемного характера крупного фронтального оползня, достигается при вертикальной амплитуде смещения 12,5–13,0 м. Дальнейшее смещение массива в основном происходит уже в режиме глубинной ползучести по мере размыва языковой части рекой. В верхней части стенки срыва по мере смещения основного тела оползня вниз формируется новая зона неустойчивости, в которой развиваются оползни второго порядка.

Угол поворота при вращении верхних оползневых блоков как в природе, так и при моделировании методом эквивалентных материалов, как правило, не превышает 10° . У нижних блоков он значительно больше (рис. 3), так как в этом случае частично складываются результаты 2–6 проворотов. На этих участках в ходе изысканий неоднократно фиксировались большие перекосы оползневых блоков (в отдельных случаях — до их запрокидывания на отрицательные углы), что ясно указывало на их вращение.

Формы зон смещения, не соответствующие механизму раздавливания, были установлены, в частности, на оползневом участке вблизи Чертановского канализационного коллектора в Коломенском, причем как по данным высокоточной скважинной инклинометрии (рис. 1) [2], так и геодезическими методами (рис. 2) [6]. Пересчитано при равных вертикальных и горизонтальных масштабах. Выполненное компьютерное моделирование, а также анализ инженерно-геологических материалов, показывают реальность возникновения и развития глубоких оползней Москвы и Подмосковья по механизму сдвига.

Прочностные и деформационные характеристики четвертично-меловой толщи здесь вполне сравнимы с таковыми для верхнеюрских глинистых грунтов. Весьма обширные данные бурения на оползневых участках практически единообразно подтверждают отсутствие какого-либо раздавливания и разрушения структуры пород основного деформируемого горизонта. Зоны смещения, наличие и расположение которых в том числе подтверждены данными инклинометрических наблюдений, либо вообще плохо выявляются по образцам керна, либо представляют собой слои глины нару-

шенной структуры мощностью, как правило, не превышающей 1 м. Выполненное физическое моделирование таких оползней Москвы также показало, что основное смещение происходит в узкой зоне [3]. Данные М.Н. Парецкой [8] о том, что сопротивление сдвигу смещенных (оползающих) и коренных верхнеюрских глинистых грунтов совершенно одинаково (вне узких зон сдвига, естественно), также подтверждают, что нарушения структуры грунтов при

оползании нет, то есть смещение происходит единичными крупными блоками. Местами они раскалываются субпараллельно и субперпендикулярно бровке на несколько также достаточно крупных (в десятки тысяч кубических метров и более) блоков уже в процессе смещения.

Отметим, что оползни этого же типа, связанные в первую очередь с деформированием юрских глинистых отложений, развиты также в долинах Истры, Оки, Сосны, их притоков.

Далее изучалась конкретная оползневая ситуация на непосредственно прилегающем к метропосту с востока участке склона Воробьевых гор. Здесь известняки (C_2) перекрываются мощной толщей верхнеюрских глин келловая-оксфорда (J_3cl-ox), на которых залегают суглинки и глины кимериджского яруса (J_3km) и пески и алевроиты с прослоями суглинков титона-нижнего мела (J_3tt+K_1). Венчают разрез четвертичные отложения — моренные и покровные суглинки и флювиогляциальные суглинки и пески. Высота бровки склона над нынешним уровнем воды в Москве-реке 54 м. Массив, за исключением верхних 20–25 м на «плато», обводнен, напоры достигают местами 30 м (рис. 3).

Основным фактором возникновения и активизации глубоких оползней на этом участке являлся подмыв основания склона Москвой-рекой. Максимальные зафиксированные паводки вызывали в прошлом подъем уровня на 8,5 м над меженным, то есть до абсолютной отметки около 126 м.

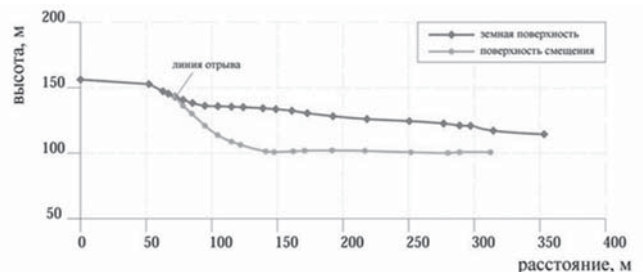


Рис. 2. Продольный профиль поверхности смещения Коломенского оползня вблизи Чертановского коллектора, рассчитанный на основе данных геодезического мониторинга [7]. Пересчитано при равных вертикальных и горизонтальных масштабах

Геодезические наблюдения, проводившиеся на Воробьевых горах с 1954 г., фиксировали в этот период значительные смещения наблюдательных реперов, наибольшие из которых (свыше 40 мм/мес.) наблюдались в 250–300 м ниже по течению реки от метромаста. Здесь же наблюдались многочисленные и наиболее значительные по размерам трещины и срывы.

В 1959–1962 гг. были осуществлены:

уположение склона и пригрузка языка оползня отсыпкой в прибрежной части русла банкета шириной до 15–20 м;

предохранение от размыва языка оползня за счет строительства стенки набережной на свайном основании глубиной 9–11 м, т.е. целиком размещенном в оползневом теле;

устройство каменной наброски перед стенкой набережной;

дренирование высачивающихся на склоне подземных вод;

расширение русла Москвы-реки на 35 м в сторону левого берега;

общее благоустройство.

Созданный дренаж в нижней части склона прекратил суффозию и развитие многочисленных до 1960 г. суффозионных оползней и оползней выплывания, разрушавших склон и уменьшавших мощность естественного «контрбанкета» из оползших блоков, но склон в целом на многих участках Воробьевых гор остался в состоянии, близком к предельному равновесию.

После осуществления этих мероприятий смещение глубоких оползней замедлилось, но не прекратилось. По данным режимных геодезических наблюдений последнего времени (2008–2015 гг.) на рассматриваемом участке зона горизонтальных смещений поверхностных реперов (заглубленных ниже слоя промерзания) простирается на расстояние до 80 м за бровкой «плато» (рис. 4). Суммарная величина смещений составляет около 100 мм за 7 лет наблюдений при точности измерений около 2 мм. Весьма показательны также практически полное совпадение величин направления горизонтальных смещений у реперов, расположенных на склоне и «плато» (рис. 4). На остальной территории Воробьевых гор реперы на «плато», за исключением некоторых, находящихся в 1–3 м от бровки, никаких смещений не испытывают. Подобный характер плановых смещений при незначительных вертикальных смещениях (опускание реперов на 5–10 мм за 7 лет) говорит о движении всего этого массива как единого целого, причем в субгоризонтальном направлении, а не в режиме раздавливания верхнеюрских грунтов.

Среди всех наблюдательных инклинометрических скважин на Воробьевых горах максимальные величины смещений зафиксированы в скважинах V-2 и V-3, которые расположены вблизи метромаста с его восточной стороны (рис. 4).

Графики инклинометрических наблюдений за последние 7 лет (рис. 5) и более длительных (около 60 лет) наблюдений за поверхностными реперами демонстрируют, что на этом участке деформации, замед-

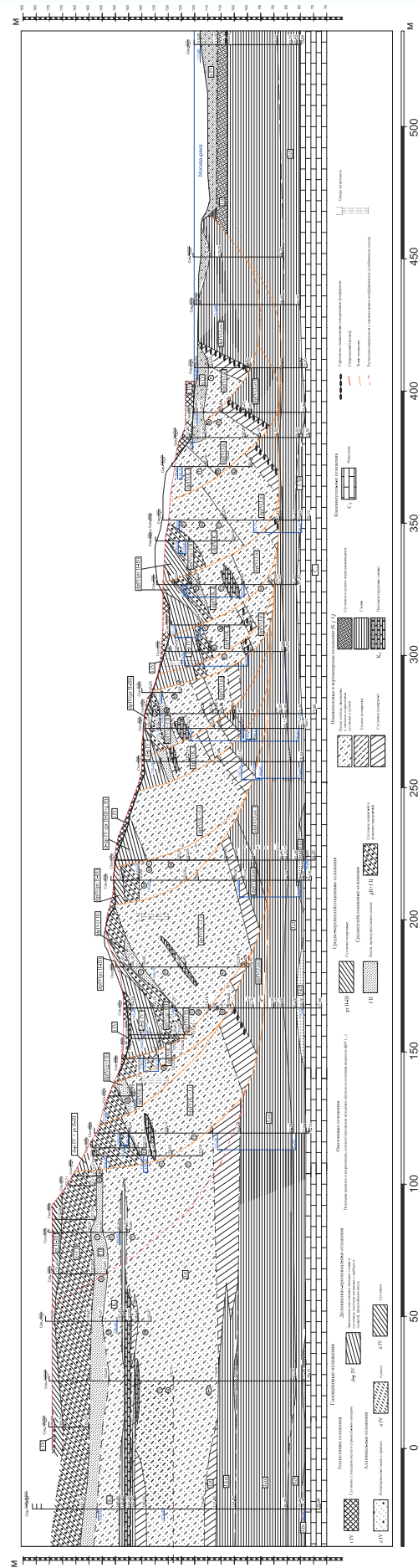


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез восточнее метромаста

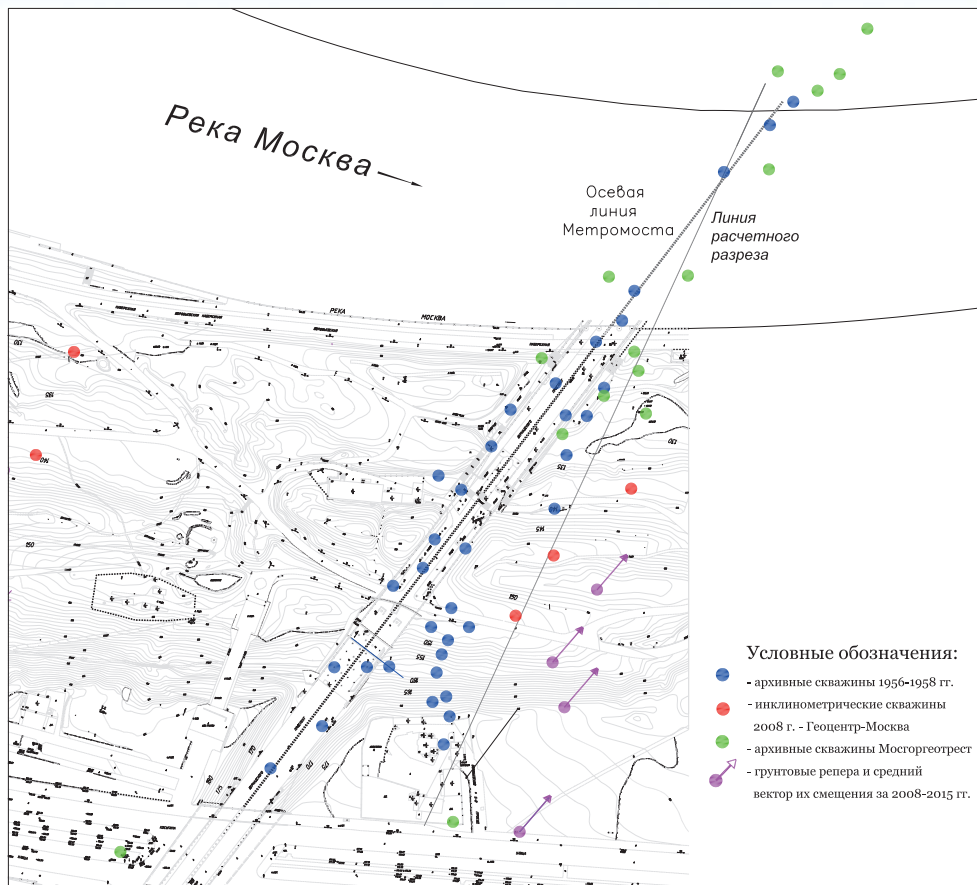


Рис. 4. Схема фактического материала и вектора смещения грунтовых реперов

лившись в 1960–1970-е годы, в последующем снова возросли. В массиве в настоящее время реализуются деформации двух видов:

периодическое «проскальзывание» блоков тела существующего оползня по зонам смещения малой мощности, после чего возможны многолетние перерывы в подобных деформациях;

постепенное «перекашивание» в направлении базиса оползания всего оползневого тела как целого, включая участок «плато» за бровкой, при котором величины смещений нарастают к дневной поверхности. Эти деформации непрерывны, хотя скорость их колеблется. Однако устойчивого тренда ускорения смещений, предвещающего близкую катастрофу, пока не наблюдается.

Результаты расчетов устойчивости

Сдвиговый механизм формирования и развития подобных крупных блоковых оползней позволяет использовать при оценке их устойчивости принципы и программные средства, разра-

ботанные для оползней сдвига (срезания) [4].

Направление расчетного профиля (рис. 4) было выбрано как среднее между направлением максимальной крутизны рельефа на данном участке и направлением смещения наблюдательных реперов.

Свойства грунтов, использованные при расчетах устойчивости, основывались на лабораторных данных. Характеристики грунтов задавались на основе их нормативных значений. Схематизированная модель включает 10 расчетных грунтовых элементов (РГЭ), использованные характеристики грунтов приведены в таблице.

В расчетах принималось введенное Н.Н. Масловым в рамках физико-технической теории ползучести разделение удельного сцепления на структурное сцепление (C_s) и сцепление

связности (C_w) и условий:

общего сопротивления глинистых грунтов сдвигу:

$$\tau = \sigma \tan \varphi_w + C_s + C_w;$$

возникновения установившейся ползучести:

$$\tau \geq \sigma \tan \varphi_w + C_s;$$

продолжения ползучести без перехода в стадию затухания: $\tau \geq \sigma \tan \varphi_w + C_w$, (1),

где τ — сдвигающее напряжение, σ — нагрузка, φ_w — угол внутреннего трения.

Свойства грунтов, использовавшихся при расчетах участка у метромоста

№ слоя	Угол внутреннего трения, град.			Сцепление, т/м ²			Плотность, т/м ³			Эффективная пористость, доля ед.
	выше УГВ	в/н	в/н (с учетом порового давления)	выше УГВ	в/н	C_s/C_w	выше УГВ	в/н	с учетом взвешивания	
1	16	16	16	4,0	4,0	1,5/2,5	2,03	2,06	—	0,07
2	18	18	17	3,0	3,0	1,5/1,5	2,10	2,13	—	0,05
3	25	22	22	0,6	0,6	0,5/0,1	1,85	1,93	0,95	0,18
4	—	15	8,6	—	2,8	1,8/1,0	—	1,77	—	0,02
5	19	—	—	3,3	—	2,3/1,0	2,15	—	—	0,03
6	28	26	26	—	2,3	1,8/0,5	1,90	2,02	1,02	0,12
7	—	17	10,6	—	6,5	4,5/2,0	—	1,93	—	0,04
8	—	5	3,2	—	1,7	—/1,7	—	1,75	—	0,06
9	—	13	5,1	—	10,8	8,1/2,7	—	1,78	—	0,02
10	—	15	8,5	—	9,0	6,7/2,3	—	1,88	—	0,01

C_s — структурное сцепление, C_w — сцепление связности, в/н — в водонасыщенном состоянии

Сцепление в грунтах зоны смещения (РГЭ-8), уже нарушенных подвижками предыдущих оползневых блоков, по лабораторным данным может варьировать от 11 до 38 КПа, при среднем значении около 25 КПа. Для уточнения были выполнены две серии обратных расчетов. Первая выполнена для существовавшего оползневого тела, принимая, что до 1959 г. оно находилось в состоянии установившейся ползучести. Был задан рельеф, существовавший до 1959 г. Коэффициент устойчивости (K_y) 0,95, соответствующий предельному состоянию (то есть $K_y = 1,00$) фронтального оползня в объемной постановке, был получен при сцеплении 16 КПа. Вторая серия расчетов была выполнена, исходя из факта, что весь массив, включая забровочную часть, не находился и не находится в стадии прогрессирующего разрушения, то есть при задании общего сцепления в массиве (за пределами уже существующего оползневого тела) коэффициент устойчивости, соответственно, не должен быть ниже 0,95. При этом для РГЭ-8 получено сцепление 18 КПа. Получаем неравенства $C \leq 16$ КПа, $C \geq 18$ КПа, очевидно не имеющие общего решения. Однако с учетом реальной точности методов для РГЭ-8 возможно принять сцепление 17 КПа как приближенное значение, отвечающее обоим условиям.

При задании величин удельного сцепления остальных РГЭ, равных структурному сцеплению (C_s), минимальный рассчитанный коэффициент устойчивости в двухмерной постановке составил 0,905, то есть ниже величины $K_y \approx 0,95$, соответствующей $K = 1,0$ для реально трехмерного фронтального оползневого тела. Для этого же массива с рельефом, существовавшим до 1959 г., получен минимальный $K_y = 0,915$.

Ширина потенциального оползневого блока на «плато» по расчету составила 38 м, что хорошо согласуется с фактическими размерами блоков, сформированных при предыдущих оползневых циклах (рис. 3). Таким образом, расчеты подтвердили переход массива в стадию ползучести. Сцепление связности (C_w) у грунтов всех РГЭ меньше C_s , из чего следует, что согласно условию (1) процесс склоновых деформаций самопроизвольно не прекратится. Это подтверждают и полученные невысокие значения коэффициента устойчивости.

На основании разработок З.Г. Тер-Мартirosяна и М.В. Прошина [10] можно прийти к выводу, что на данном участке в настоящее время реализуется первая стадия пластического деформирования со сравнительно небольшими скоростями деформаций. Мы не имеем точных сведений о том, какая часть периода подобных деформационных процессов уже прошла. Однако, исходя из морфологического облика рельефа и мощностей отложений, накопленных в оползневых западинах (рис. 3), можем утверждать, что это основная, а возможно, и подавляющая (более 90 %) часть.

Возможные мероприятия по мониторингу и противооползневой защите

Как следует из вышеизложенного, непосредственная угроза развития быстрого и значительного по величине «основного» смещения в самое ближайшее

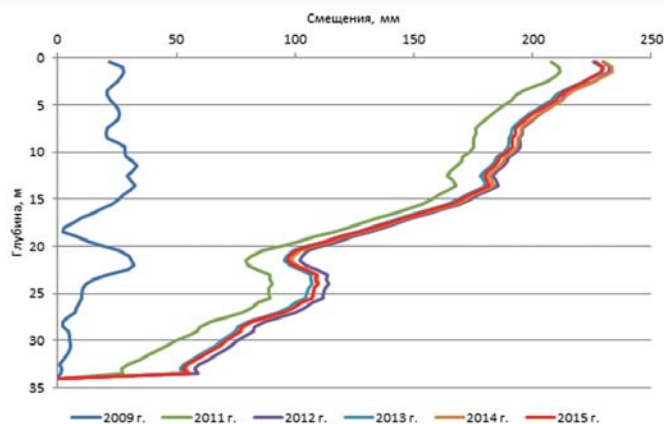


Рис. 5. Полное смещение профиля скважины V-2 (в 2011 г. перегиб обсадных труб на глубине 34 м) [1]

время маловероятно. Вместе с тем, оползневый риск, рассчитанный на более длительный (10–20 лет и более) период, весьма высок, учитывая стоимость и уровень ответственности метромоста. Надо учитывать, что опоры метромоста выполнены с опиранием на оползневый массив (рис. 3).

В связи с этим необходимо немедленное усиление работ по мониторингу деформаций и гидрогеологической ситуации на склоне и присклоновом массиве. Предлагаемый состав работ, размещение пунктов наблюдений и рекомендуемая частота замеров приведены в статье [5]. Там же описаны рекомендуемые защитные мероприятия.

Ускорение ползучести может означать как скачкообразную перестройку структуры в зоне сдвига, так и в случае устойчивой тенденции ускорения — переход в стадию прогрессирующей ползучести.

Для активных оползней, находящихся в стадии ползучести, японский ученый М. Саито [9] предложил способ прогноза времени до разрушения склона на основе логарифмической зависимости между ним и относительной скоростью оползневого смещения. Эта зависимость получена на основе натуральных наблюдений и лабораторных испытаний. Время (T , мин) по формуле М. Саито с подстановкой в нее абсолютной скорости деформирования (взамен относительной) [11, 12]:

$$\log T = 2,33 - 0,916 \log V \pm 0,59, \quad (2)$$

где V — скорость ползучести, мм/мин.

Величина $\pm 0,59$ в формуле (2) отражает верхнюю и нижнюю границы доверительного предела 95 %. Например, при ускорении деформаций до 15 см в год, то есть в 10 раз по отношению к нынешнему уровню, скорости смещения поверхностных реперов составляют:

$$V = 150/5,26 \cdot 10^5 = 2,85 \cdot 10^{-4} \text{ мм/мин};$$

$$\log T = 2,33 - 0,916 \log(2,85 \cdot 10^{-4}) = 6,41.$$

Откуда ожидаемое время до разрушения склона $T = 2\,570\,396$ мин = 4,9 года, с вероятностью 95 %: $T_{\max} = 19$ лет, $T_{\min} = 1,26$ года.

Одновременно целесообразно вести подготовительные работы для проектирования противооползневых мероприятий, включающие уточнение фильтрационных свойств грунтов, плотности и физико-механических свойств песков и алевритов, в том числе с помощью глубокого зондирования. Немедленное выполнение самих противооползневых мероприятий, по мнению автора, на данной стадии развития процесса является преждевременным.

При обнаружении признаков приближающейся активизации (ускорение смещений глубинных и поверхностных реперов, повышение УПВ и т.д.) необходимо их тщательно проанализировать и приступить к поэтапной реализации инженерной защиты, контролируя эффект от ее введения и претворяя в жизнь, таким образом, концепцию мониторинга как управления.

Такой поэтапный подход, по мнению автора, более оправдан в данном случае, учитывая сложный рельеф, а также статус данной территории, относящейся к особо охраняемым природным территориям (ООПТ), что исключает серьезное вмешательство в ландшафт.

Возможные противооползневые мероприятия на участках развития крупных блоковых оползней Московского региона

Разработка комплекса противооползневых мероприятий ввиду большой мощности оползневых тел, сложного рельефа, статуса территорий и необходимости сохранения ландшафтов — важных зон отдыха мегаполиса, представляет собой непростую задачу. Представления о том, что эти оползни развиваются по механизму раздавливания, вообще лишают возможности выполнения практически реализуемых и эффективных защитных мероприятий. Для таких традиционных мероприятий по стабилизации оползней сдвига, как уполаживание склонов и устройство обширных контрбанкетов, в большинстве случаев недостает пригодного пространства. Повторить прежние мероприятия в увеличенном масштабе невозможно, к тому же их эффективность недостаточна.

В последние 20–25 лет предложения по предотвращению или стабилизации этих оползней разрабатывались рядом специалистов: Г.П. Постоевым (Институт Геоэкологии РАН), М.С. Орловым (МГУ), А.Б. Мещанским, И.В. Колыбиным и др. (НИИОСП, 2001). Все предложенные мероприятия, однако, либо ведут к фактической активизации оползневого процесса, либо непригодны по экономическим и инженерно-строительным (чрезвычайная сложность или невозможность реализации, огромные и «вечные» расходы на эксплуатацию) и (или) геоэкологическим причинам (резкое сужение русла Москвы-реки, образование огромных депрессионных воронок, уничтожение родников и ручьев, деградация биоценозов, резкое обеднение растительных сообществ, полное уничтожение ценных рекреационных ландшафтов, практическое исключение из хозяйственного использования значительных земельных участков на плато у бровки).

На основании изложенных представлений о механизме оползневого процесса можно предложить следующие группы защитных мероприятий:

предотвращение размыва языковой части оползня; повышение эффективного угла внутреннего трения грунтов в уже разработанной предыдущими подвижками зоне смещения средствами технической мелиорации грунтов и дренажными мероприятиями, в том числе с использованием самоизливающегося лучевого дренажа с бурением из оползневых западин;

мероприятия, конструктивно увеличивающие сопротивление сдвигу (короткие сваи-шпонки, размещенные по глубине в районе зоны смещения и сваи обычного типа);

повышение вертикальных напряжений в зоне смещения в языковой части оползня с помощью различных контрбанкетов, в том числе контрфорсного типа;

разгрузка формирующихся блоков в «голове» оползня с помощью либо искусственных выемок, устраиваемых вкрест бровке склона на определенном расстоянии друг от друга, либо строительства подземного сооружения с жестким каркасом вверху приборочной части массива, в обоих случаях мероприятия имеют ограниченную глубину, выполняются в пределах зоны аэрации.

Выводы

Несмотря на выполненные противооползневые мероприятия, устойчивость оползневых склонов на многих участках Москвы и Подмоскovie обеспечить не удалось. Данные режимных наблюдений, как и расчеты, показывают продолжение деформаций глубинной ползучести, в том числе с захватом следующего оползневого блока на «плато». Самопроизвольного прекращения этого процесса ожидать не следует. Необходимо немедленное усиление работ по мониторингу и проведение целевых инженерных изысканий для разработки проекта специальных защитных мероприятий.

На основе представлений о сдвиговом механизме развития оползней Московского региона и с учетом геоэкологических особенностей участков развития этих оползней, может быть разработан эффективный комплекс защитных мероприятий, включающий в том числе дренирование массива и полностью скрытые подземные и подводные удерживающие конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ведение мониторинга геоэкологических процессов в городе Москва за период 2008–2015 гг.* ГПБУ «МосЭкоМониторинг», Департамент природопользования и охраны окружающей среды г. Москва. ОАО «ГЕОЦЕНТР–МОСКВА» Региональный центр государственного мониторинга состояния недр, — М., 2015.
2. *Волков, В.А.* Новый метод комплексных геолого-геофизических исследований при инженерно-экологических изысканиях в оползневой зоне / В.А. Волков, А.С. Алешин, О.Н. Галаганов, В.Н. Леонтьев, С.А. Моисеенко, Г.П. Постоев, А.Г. Скворцов // Инженерно-экологические изыскания в строительстве: теоретические основы, методика, методы и практика. Сергеевские чтения: Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (23 марта 2006 г.). — М.: ГЕОС, 2006. — Вып. № 8. — С. 210–214.
3. *Гулакян, К.А.* Моделирование оползней выдавливания (на примере района Фили-Кунцево, Москва) / К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, П.А. Новиков // Вопросы инженерной геологии. Тр. ВСЕГИНГЕО. — М.: Недра, 1970. — № 23. — С. 109–125.
4. *Кропоткин, М.П.* Природа крупных оползней Москвы и Подмоскovie / М.П. Кропоткин // Инженерная геология. — 2016. — № 1. — С. 4–14.

5. Крпоткин, М.П. Оценка оползневой угрозы для метрополитана Воробьевых гор в Москве / М.П. Крпоткин // Инженерная геология. — 2016. — № 3. — С. 6–15.

6. Кузнецов, А.И. Опыт использования данных геодезического мониторинга для построения поверхности скольжения оползня / А.И. Кузнецов, С.А. Моисеенко, В.А. Волков // Инженерные изыскания. — 2011. — № 2. — С. 56–59.

7. Кюнтцель, В.В. О возрасте глубоких оползней Москвы и Подмосковья, связанных с юрскими глинистыми отложениями / В.В. Кюнтцель // Бюлл. Мос. общества испытателей природы. Отделение геологии. — Т. XL (3), 1965. — С. 93–100.

8. Парецкая, М.Н. Характеристика прочности и деформируемости юрских глинистых пород и их влияния на оползни Подмосковья / М.Н. Парецкая: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. — Москва, 1972. — 20 с.

9. Саито, М. Фактический анализ случаев предсказания обрушения склонов / М. Саито // Проблемы геомеханики. — Ереван: Изд-во Ан АрмССР, 1983. — Вып. 8. — С. 45–74.

10. Тер-Мартirosян, З.Г. Кратковременная и длительная устойчивость склонов / З.Г. Тер-Мартirosян, М.В. Прошин // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2002. — №2. — С. 2–5.

11. Тихвинский, И.О. Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов / И.О. Тихвинский. — М.: Наука, 1988. — 144 с.

12. Тихвинский, И.О. Контроль активности оползней / И.О. Тихвинский, Г.П. Постоев // Горный журнал. — 1997. — №1. — С. 32–35.

© Крпоткин М.П., 2017

Крпоткин Михаил Петрович // singeos@narod.ru

ХРОНИКА

СЕДЬМАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА-КОНФЕРЕНЦИЯ В ВИМСЕ

16–17 мая 2017 г. во Всероссийском НИИ минерального сырья им. Н.М. Федоровского состоялась седьмая научно-практическая школа-конференция молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых» с международным участием. Конференция была посвящена вопросу комплексной оценки и изучения минерального сырья.

Организаторами выступили: Роснедра, ФГБУ «ВИМС», РосГео, АГО, ФГУП «ЦНИГРИ», ФГУП «ИМГРЭ», ИГЕМ РАН, Научно-образовательный центр «Рудная геология, минералогия и геохимия» МГРИ-РГГРУ. Информационная поддержка осуществлялась журналом «Разведка и охрана недр», интернет-сайтами rosnedra.com, vims-geo.ru.

Торжественное открытие конференции состоялось 16 мая в актовом зале ФГБУ «ВИМС». С приветственным словом к собравшимся обратились начальник Управления геологии твердых полезных ископаемых Роснедр Руднев Алексей Вячеславович, директор института Машковцев Григорий Анатольевич.

Выступающие поздравили участников и гостей с началом конференции. Пожелали участникам творческих успехов в овладении знаниями, в развитии научно-технического комплекса геологической отрасли.

Прошедшая в ВИМСе конференция уже в третий раз проводилась в форме школы. В течение двух дней было заслушано 9 сообщений ведущих специалистов по различным направлениям работ.

Открыл выступления специалистов начальник Управления геологии твердых полезных ископаемых Роснедр А.В. Руднев. Его доклад был посвящен

проблемам развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации, направлениям ее дальнейшего совершенствования.

С докладом, посвященным инновационным направлениям развития геологической отрасли, выступил генеральный директор ФГБУ «ВИМС» Г.А. Машковцев. Были представлены и проанализированы современные технологии поисков, разведки и добычи твердых полезных ископаемых.

В ходе работы конференции молодым участникам были также представлены доклады, касающиеся: вопросов состояния и тенденций развития сырьевых баз основных металлов мира (докладчик к.г.-м.н. А.М. Лаптева, соавтор И.В. Егорова — ФГБУ «ВИМС»); золоторудных месторождений Алдана (докладчик к.г.-м.н. А.В. Молчанов, соавторы А.В. Терехов, В.В. Шатов — ФГБУ «ВСЕГЕИ»); роли детритовых цирконов как индикаторов протекания геологических процессов (докладчик д.г.-м.н. А.К. Корсаков, соавторы С.В. Межеловская, А.Д. Межеловский,

