

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ ОПОЛЗНИ ВЫДАВЛИВАНИЯ?

ARE THERE ANY LANDSLIDES EXTRUSION?

КРОПОТКИН М.П.

Директор ООО НПП «Сингеос», г. Москва,
singeos@narod.ru

KROPOTKIN M.P.

Director of the «Singeos» LLC research and production enterprise,
Moscow, singeos@narod.ru

Ключевые слова:

оползны выдавливания; Одесса; оползны сдвига; истинное выдавливание; защитные мероприятия.

Key words:

extrusion landslides; Odessa; landslides shift; true extrusion; protective measures.

Аннотация

Многие исследователи в России выделяют тип оползней выдавливания, считая их весьма распространенными. В статье рассмотрены результаты их компьютерного моделирования на примере оползней района Одессы. По результатам моделирования и на основе анализа другой инженерно-геологической информации делается вывод о том, что в подавляющем большинстве случаев «оползней выдавливания» являются разновидностью оползней сдвига (срезания) и могут прогнозироваться и рассчитываться так же, как последние. Охарактеризованы специфические аспекты организации противооползневых мероприятий. Показаны условия формирования истинных оползней выдавливания.

Abstract

Many researchers in Russia define the class of extrusion landslides, considering them as a widespread phenomenon. In the article it is regarded the results of computer modeling on the example of landslides in region near Odessa. According to results of modeling and based on analysis of another engineering-geological information, the author concludes that in the majority of cases “extrusion landslides” are the type of landslides shear (shift) and can be predicted and calculated in the same way as the latter. It is shown the conditions of formation of true extrusion landslide. It is characterized the specific aspects of the organization landslide protection.

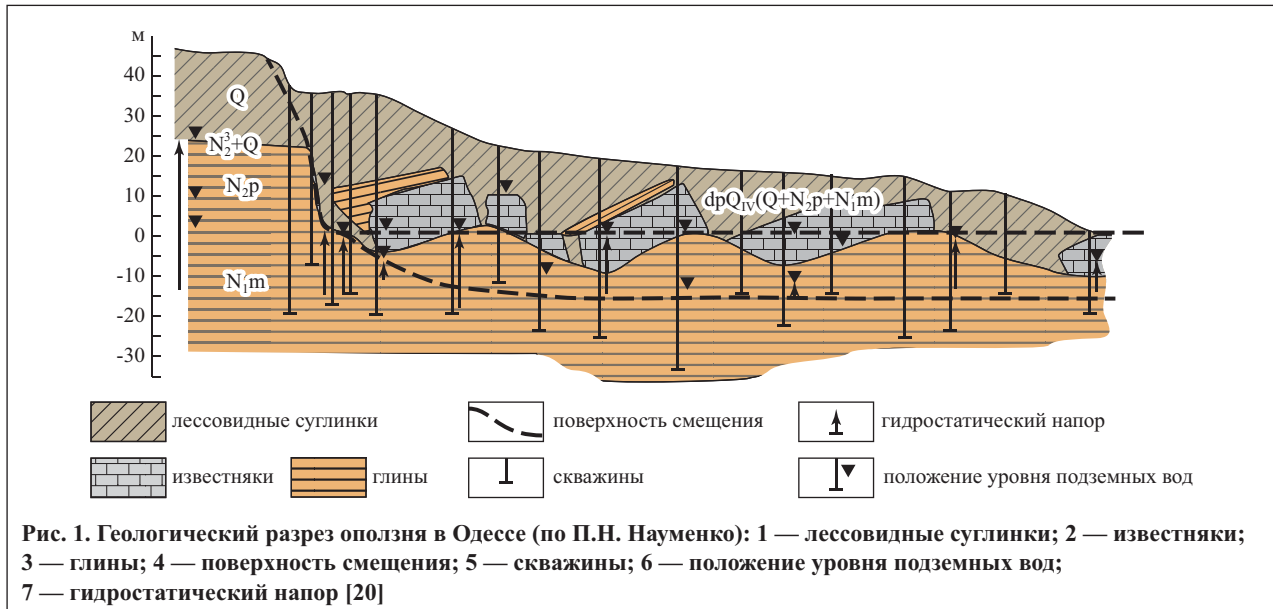
Введение

Еще 35 лет назад В.В. Кюнтцель [26] предложил удалить тип «оползней выдавливания» из классификации с формулировкой «...название часто порождает неправильную трактовку... механизма и тем самым вносит большую путаницу...». Впоследствии [27] он частично дезавуировал собственное мнение, не приведя, однако, никакой аргументации. За последующие годы появилось множество статей, разделов в учебниках и монографиях, посвященных оползням выдавливания. Отдельными исследователями разработана целая теория их возникновения с особым механизмом развития, методами прогноза и противооползневой защиты [37].

Автору настоящей статьи более продуктивным представляется не изобретение экзотических механизмов разрушения, а поиск ответа на «контрольный вопрос», почему у подобных оползней головная часть смещает перед собой весьма большой «язык» оползня, а не «выводит» зону смещения более или менее круто вверх в середине этого пологого массива? Вне зависимости от принимаемых гипотез о механизме разрушения — сдвиг или раздавливание, это может происходить, только если смещение по субгоризонтальной зоне сильно облегчено, причем сопротивление сдвигу там в первую очередь должно характеризоваться низкими значениями угла внутреннего трения. При значительном внутреннем трении даже нулевое сцепление не создаст условий для подобного характера смещений.

Автором в предыдущей статье «Природа крупных оползней Москвы и Подмосковья» [25] показано, что возникновение и развитие глубоких оползней в этом регионе, связанных с наличием толщи пластичных верхнеюрских глин, вполне может быть описано и рассчитано на основе представлений о сдвиговом механизме оползневых деформаций. Там же описаны программные средства и общий подход к выполняемому компьютерному моделированию.

Рассмотрим классический район «оползней выдавливания» — участок побережья моря в районе Одес-



сы, где основным деформируемый горизонт представлен меотическими глинами (N_{2m}), перекрытыми толщами известняка-ракушечника, лессов и плотных глин (рис. 1).

В известняках понта (N_{2p}) существуют как субвертикальные трещины (основная система трещин), так, местами, и системы диагональных трещин с наклоном в сторону моря. В верхней и нижней пачках известняки имеют пониженную прочность, отмечаются там и прослой мягкопластичных глин. Средняя часть известняковой толщи более прочная, но трещиноватая. «Классическая» форма оползней в плане, как бы «не замечаящая» наличия в разрезе слоя известняков (рис. 2), говорит об их достаточно густой трещиноватости. В ином случае оползни в плане имели бы «ломаную» форму, контролируруемую трещинами.

Почти всеми скважинами в районе оползневых участков в меотических глинах встречены два лигнитизированных прослоя мощностью 0,2–0,6 м, залегающих с разрывом в несколько метров по вертикали, как правило, в интервале глубин 6–20 м ниже уровня моря. Залегание указанных прослоев близко к горизонтальному.

При рассмотрении геологического строения устойчивых и оползневых склонов выяснилось, что в последних, в толще глин меотиса, всегда имеется отно-

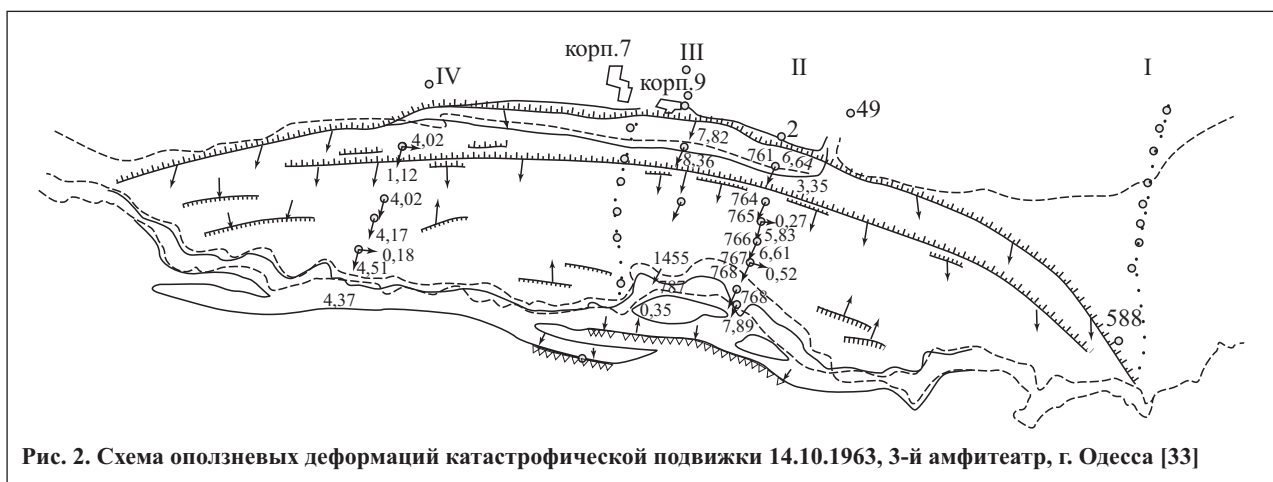
сительно выдержанный водоносный прослой, залегающий ниже уровня моря, под первым либо реже под вторым (непосредственно под ним) лигнитизированным прослоем. Напор подземных вод в этих прослоях достигает 20 м (до 11 м над уровнем моря), причем величина его уменьшается в сторону моря. После основного оползневого смещения напоры резко уменьшаются, в отдельных местах до 0 м [13, 14, 20].

К понтическим известнякам приурочен безнапорный водоносный горизонт с уклоном потока 0,002–0,004. Также безнапорными являются подземные воды в нижней части лессовых образований, водупором для которых служат красно-бурые верхнеплейстоценовые глины.

Зона смещения в меотических глинах субгоризонтальна и располагается, как правило, на глубине от 3 до 20 м (редко до 22–27 м) ниже уровня моря. Ширина (в направлении смещения) оползневых блоков изменяется в значительных пределах — наиболее часто в первой половине 1980-х годов образовывались блоки 10–15 м [8]. Максимальная ширина их достигает 40 м.

Параметры модели

Модель схематизирует характерные для района Одессы оползневые цирки. Исходные параметры мо-



дели: рельеф склона, схематизированное геологическое строение массива, положение водоносного горизонта и его напоры — принимались как средние по 9 оползневым участкам, для 7 из которых известен и предоползневой рельеф [1, 4, 6, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 22, 32, 33, 36, 39]. Кроме того, использованы обобщенные данные (высота и протяженность по падению рельефа оползневых склонов, мощности слоев, гидрогеологические условия) по 40–50 оползневым участкам, содержащиеся в работах [1, 6, 35]. Осредненные параметры рассматриваются нами как отражающие наиболее типичную ситуацию в своем классе явлений.

Согласно исследованиям Е.П. Емельяновой [12] для оползней района Одессы минимальная протяженность от бровки до уровня моря при высоте склона $H = 40$ м составляет: $B = 0,17 (H - 19)^2 = 75$ м, максимальная при этой высоте — около 140 м. На модели принята осредненная (см. выше) ширина — 108 м.

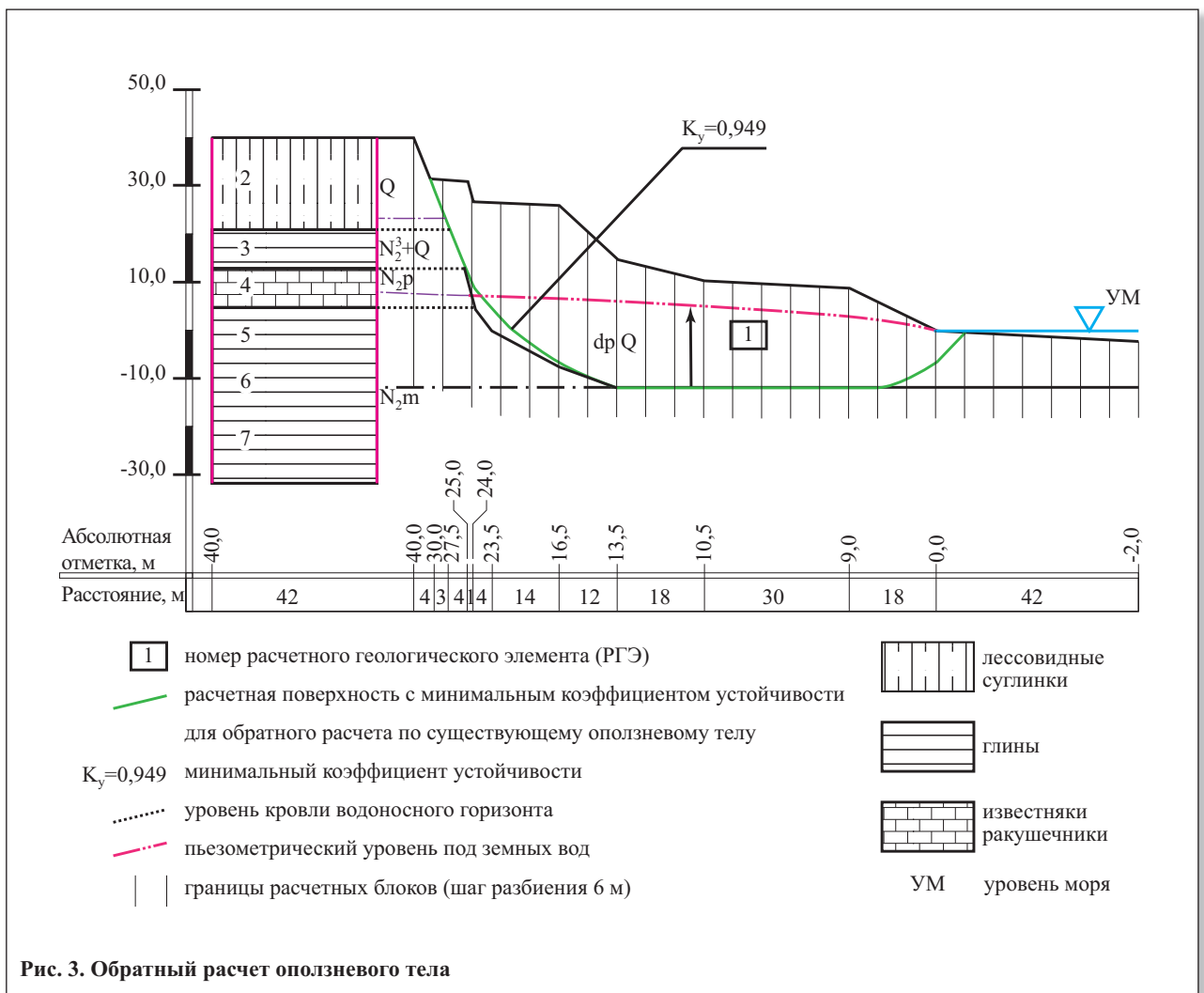
Схематизированная модель включает 7 расчетных геологических элементов (РГЭ), их расположение в разрезе и характеристики представлены на рис. 3, 4. В толще меотических глин смоделировано воздействие локальной песчаной линзы (РГЭ-6), содержащей напорные воды, на участке по горизонтальной оси $OX = 78–150$ м. Напоры переменные, более высокие их значения, но не превышающие средние зафиксированные по наблюдательным скважинам, заданы на

участке по оси OX 84–138 м (рис. 4), т.е. на протяжении менее 35% длины оползневой тела.

При этом при моделировании автор настоящей статьи не рассматривал реально замеренные на глубинах от 7 до 42,5 м [2] на отдельных участках оползней Одессы поровые давления, которые превышали гидростатические (учитываемые мной в расчетах) в 2–3 раза даже с учетом напоров, зафиксированных при бурении, — т.е. от пьезометра до напорного уровня. Они идут «в запас» для наших расчетов и выводов, ввиду их немногочисленности могут объясняться локальными сжатиями при оползневых деформациях.

Исходные (без учета порового давления) прочностные свойства глин меотиса в ненарушенном залегании вне ослабленной зоны массива приняты по данным [2, 6, 11, 13, 14, 16, 18, 42]. При осреднении данных из 8 вышеуказанных источников, получим $\varphi = 12,8^\circ$, $C = 120$ КПа. Отметим, что в некоторых источниках (А.М. Дранников. Генеральная схема противооползневых мероприятий побережья г. Одессы, 1940, а также [21]) удельное сцепление меотических глин указано в 1,5–3 раза меньшим, что нами в расчет не принималось. Рассчитанное с учетом положения потенциальной зоны смещения в пределах этого слоя значение угла внутреннего трения с учетом порового давления $\varphi_{эф} = 10^\circ$.

Свойства этих глин в стадии ползучести вне ослабленной зоны приняты следующим образом.



Сцепление — как среднее из данных В.Д. Казарновского и Ю.М. Львовича [23] при влажности 27%, $C_w = 48$ КПа, В.С. Шибакowej [42] — $C_w = 50$ КПа, М.Н. Гольдштейна [2] — $C_w = 14$ КПа и относительного значения $C_w = 0,35 C_{полн.}$ указанного в [3], что при $C_{полн.} = 120$ КПа дает $C_w = 42$ КПа. Как среднее принято $C_w = 38$ КПа. Соответственно, структурное сцепление принято $C_c = 120 - 38 = 82$ КПа. Угол внутреннего трения принят равным исходному ($12,8^\circ$). При этом необходимо отметить различие данных о его величине: $11,3^\circ$ [2], 9° [42], 17° [23]. С учетом порового давления $\phi_{эф} = 10^\circ$ (см. выше).

Характеристики *остаточной прочности* для грунтов, претерпевающих значительные деформации (основное смещение), рассмотрены ниже. Так, в лабораторных условиях при длительном испытании меотических глин с постоянной скоростью сдвига [2] после достижения максимальной (пиковой) прочности (при относительной деформации 1–2%), прочность падала в 5–15 раз. При достижении относительной деформации около 4% (т.е. на $\approx 2,5\%$ больше пиковой деформации) с дальнейшим ее падением при продолжении деформирования еще в 1,5–2,5

раза. По результатам полевых испытаний меотических глин с помощью специальной крыльчатки, сконструированной для испытания на больших глубинах, до нескольких десятков метров, установившаяся (т.е. остаточная) прочность на сдвиг оказалась в 4–6 раз ниже пиковой [2].

На глубине 20–30 м, где в среднем и проводились испытания, нагрузка от вышележащей толщи равна 0,5 МПа, таким образом для исходного грунта при $\phi = 12,8^\circ$, $C = 120$ КПа сопротивление сдвигу $\tau = 0,5 * \text{tg } 12,8^\circ + 0,12 = 0,2336$ МПа.

При полном отсутствии сцепления и сохранении угла внутреннего сопротивления сдвигу упало бы лишь примерно вдвое. Падение в 5 раз возможно при $\phi \approx 5^\circ$ и $C \approx 4$ КПа, когда $\tau = 0,5 * \text{tg } 5^\circ + 0,004 = 0,048$ МПа.

Аналогично при лабораторных испытаниях: исходное $\tau = 0,25 * \text{tg } 12,8^\circ + 0,12 = 0,177$ МПа, а при полном нарушении структуры $\tau = 0,25 * \text{tg } 3^\circ + 0,004 = 0,017$ МПа.

Таким образом, значительные деформации данных грунтов не только уменьшают сцепление до нескольких КПа, но и резко — до $3-5^\circ$ и более, снижают угол внутреннего трения.

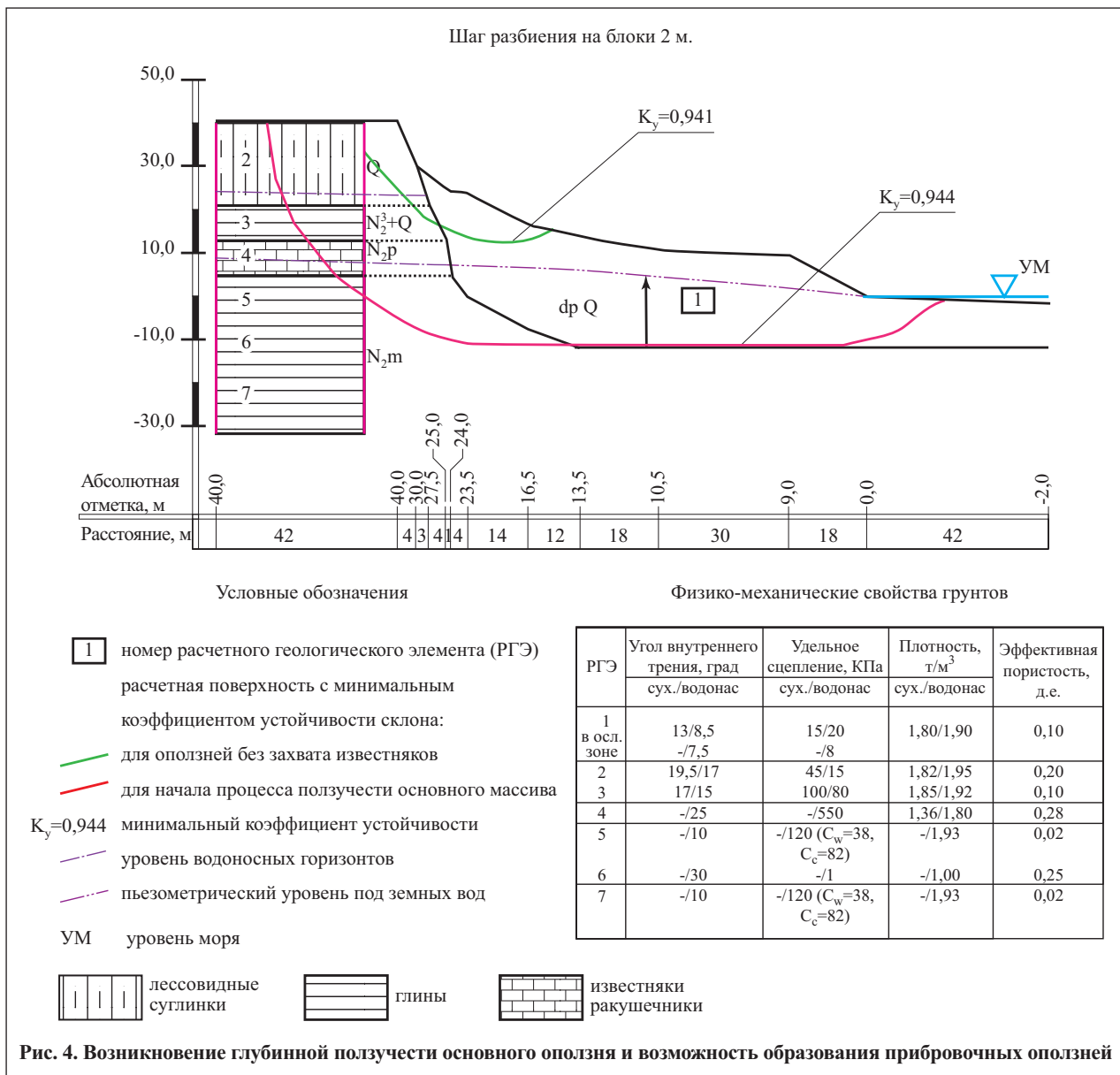


Рис. 4. Возникновение глубинной ползучести основного оползня и возможность образования прирвовочных оползней

После завершения фазы быстрого смещения оползневые массивы переходят в стадию медленных подвижек с частичным восстановлением прочности. В связи с характером структурных связей у мейотических глин и лессовидных суглинков прочность при этом не восстанавливается до первоначальных значений параметров прочности при ползучести φ_w , C_w , что подтверждается испытаниями паст мейотических глин [14].

Часть криволинейной области поверхности смещения (ПС) (см. рис. 3 — зона смещения для обратного расчета) проходит в лессах и красно-бурых глинах с остаточным сцеплением около 14–16 КПа, что и принято в пределах оползневой тела выше уровня грунтовых вод (УГВ). Примерно такие же значения сцепления, видимо, характерны для восходящей зоны ПС, где, по данным многих исследователей, прочность глин мейотиса резко снижена в результате разуплотнения и набухания. Остаточный угол внутреннего трения с учетом порового давления около 7° . Таким образом, средние значения сцепления в криволинейных зонах ПС ниже УГВ характеризуются величиной около 20 КПа.

Ослабленная зона массива, т.е. зона влияния водоносных прослоев с напорными водами и лигнитизированных слоев в мейотических глинах, принята горизонтальной. Свойства грунтов в ней приняты на основе данных из 3 источников:

- $\varphi = 8^\circ$, $C = 7$ КПа [18]
- $\varphi = 9^\circ$, $C_{\text{общ.}} = 10$ КПа, $C_w = 5$ КПа [11]
- $\varphi = 10\text{--}12^\circ$, $C = 15$ КПа [20].

Указанные в последнем источнике значения угла внутреннего трения, по всей видимости, приведены без учета порового давления. С его учетом для данной модели получим $\varphi_{\text{эф}} \approx 6,7^\circ$ (т.к. в программах серии «PSK» не предусмотрен непосредственный ввод величин порового давления, для их учета в слоях ниже УГВ вычислен «эффективный угол внутреннего трения» ($\varphi_{\text{эф}}$): $\text{tg } \varphi_{\text{эф}} * \sigma_{\text{тот}} = \text{tg } \varphi * (\sigma_{\text{тот}} - H)$, где $\sigma_{\text{тот}}$ — тотальные напряжения от веса водонасыщенных (включая содержащуюся в грунте воду) и неводонасыщенных грунтов в точке ПС, являющейся средней по длине прохождения ПС в оцениваемом слое (РГЭ), H — напор в данной точке).

Отметим также, что согласно данным М.Н. Гольштейна и А.Я. Туровской [37] для большого количества проанализированных оползневых зон смещений в глинах остаточный угол внутреннего трения составляет в среднем 8° .

Для проверки этих параметров выполнены расчеты устойчивости для медленного смещения уже сформировавшегося оползневой тела. Учитывалось, что давление от потенциального (нового) оползневой блока вплоть до разрушения известняков не может передаваться на прежнее оползневое тело в заметных масштабах, т.к. обладающий большой прочностью и жесткостью слой известняков препятствует изменениям НДС.

При удельном сцеплении в ослабленной зоне (горизонтальный участок ПС) 8 КПа при обратных расчетах устойчивости получено значение угла внутреннего трения $\varphi = 7,5^\circ$. Значение коэффициентной устойчивости (K_y) = 0,949 (рис. 3) отвечает состоянию пре-

дельного равновесия массива в условиях реально трехмерного склона для фронтального оползня. Таким образом, результаты обратных расчетов подтвердили параметры для грунтов ослабленной зоны: $\varphi = 7,5^\circ$; $C = 8$ КПа, соответствующие средним, принятым на основе вышеуказанных источников.

Свойства грунтов, перекрывающих толщу мейотиса, приняты на основе литературных источников [6, 11, 21, 23, 28, 35].

Развитие процесса и его моделирование

Характерной особенностью этапа, предшествующего основному смещению, является образование протяженных трещин, параллельных берегу. Отмечается «появление растягивающих напряжений и трещин разрыва на «плато» шириной 1–1,5 м и значительной длины» [20]. Очевидно, что образование подобных трещин невозможно без разрыва «консоли» — пласта известняков-ракушечников. Самые дальние от бровки трещины растяжения у наиболее высоких склонов фиксируются на расстоянии 50–60 м от бровки [36].

В ходе моделирования напряженного состояния подобного склона в районе Одессы с использованием методов фотоупругости и тензосетки [16] также зафиксирована зона горизонтальных напряжений растяжения на «плато». При пересчете модели на реальный склон зона достигала 35 м вдоль линии разреза и 20 м по глубине с интенсивностью растягивающих напряжений до 100–150 КПа. При моделировании другого склона в том же регионе с использованием метода конечных элементов растягивающие напряжения зафиксированы в диапазоне расстояний 22–55 м от бровки по линии разреза и до глубины 45–50 м, причем максимальные их величины (200 КПа и более) охватывают слой лессовидных суглинков на всю мощность, а также участок нижней части слоя известняков [17]. Изолинии этих напряжений ориентированы преимущественно субвертикально. Напряжения растяжения, хотя и меньшие по величине, получены и автором статьи при компьютерном моделировании. Полученные величины напряжений превосходят соответствующие параметры прочности на растяжение не только лессов и глин, но и отдельных более сохранных участков в массиве трещиноватых известняков. Указанная выше ширина трещины, наблюдаемая на поверхности, также свидетельствует о ее глубоком проникновении.

Априори принято, что разрыв слоя известняков-ракушечников при данных нагрузках фактически происходит в основном по трещинам вкрест напластованию, т.е. субвертикально. Субвертикальный характер зоны максимальных напряжений растяжения увеличивает крутизну вышележащей трещины, что создает иллюзию «особого механизма раздавливания». Грунты лессовой толщи имеют значительный угол внутреннего трения, что при крутой поверхности смещения, однако, слабо влияет на формирование сопротивления сдвига по ней.

Первоначальное оползание под влиянием морской абразии вызывает резкое изменение НДС в прилегающей части еще сохранный массива, приводя к воз-

никновению значительных касательных и горизонтальных напряжений, направленных в сторону моря. Дальнейшие медленные оползневые подвижки вызывают постепенно еще больший их рост, приводящий при достижении определенной величины напряжений к полному разрыву известняковой «консоли». До этого ключевого момента невозможны никакие существенные деформации слоев, вне зависимости от их предполагаемого механизма: сдвиг, раздавливание и т.д. Ни известняки, ни вышележащие лессы не способны без разрушения испытывать умеренные деформации, характерные для допределного деформирования глин.

После разрыва «консоли» создаются условия развития обычного сдвигового механизма оползания, в значительной степени развивающегося по зоне смещения, сформировавшейся в меотических глинах уже при предыдущих подвижках. После того, как трещина проникает вглубь массива, верхняя часть нового блока окончательно отделяется от массива, передавая всю нагрузку на основной деформируемый горизонт (ОДГ), деформации которого возрастают.

В соответствии с этим на компьютерной модели заданы: в лессовидных суглинках и лессах (РГЭ-2) выше УГВ — открытая трещина (т.е. $\varphi = 0^\circ$), ниже УГВ — ослабленная в результате растяжения зона — частично заполненная трещина с $\varphi = 3^\circ$, $C = 5$ КПа, то же в глинах РГЭ-3 с $\varphi = 10^\circ$, $C = 30$ КПа. В известняках понта, слоистых, с отдельными прослоями глин, с нарушенной сплошностью, в результате воздействия значительных растягивающих напряжений формируется ступенчатая поверхность смещения с генеральным углом около 50° и принятыми параметрами — $\varphi = 16/16^\circ$ $C = 30/20$ КПа (выше/ниже УПВ). Отметим, что А.Г. Дорфман для известняков одесского оползневого района принимал значения $\varphi = 16^\circ$ вне зоны оползневого смещения, а в ней полагал $\varphi = 0^\circ$, $C = 0$ [11].

Расчеты показывают, что при этом в нижележащей толще меотических глин преодолевается «структурное сцепление» (в терминологии физико-технической теории ползучести Н.Н. Маслова), т.е. обеспечивается возможность *возникновения* ползучести. Полученный минимальный $K_y = 0,944$ соответствует предельному состоянию формирующегося оползневого тела (рис. 4), с учетом его фактического объемного характера (для фронтальных оползней сопоставление результатов трехмерного моделирования с итогами двухмерного расчета может быть следующим):

$K_y(3D) = 1,05 * K_y(2D)$, где $K_y(3D)$ и $K_y(2D)$ — коэффициенты устойчивости склона, полученные при решении задачи в трех- и двухмерной постановке соответственно.

С этого момента судьба участка склона, если не будут осуществлены противооползневые мероприятия, фактически предрешена. «Сцепление связности» (C_w) у глин меотиса, как показано выше, значи-

тельно ниже структурного сцепления. Деформации ползучести, таким образом, могут развиваться беспрепятственно. По достижении предельных величин деформации происходит переход в стадию прогрессирующей ползучести, быстро нарастают проявления внешних признаков оползания. За полным формированием зоны сдвига следует быстрое основное смещение.

Длительность периода времени до основного смещения связана с необходимостью накопления критических деформаций в зоне сдвига. Гидрогеологические факторы (через изменения поровых давлений и напоров) также оказывают влияние на протекание этого процесса. Этим, видимо, объясняется довольно сложная зависимость наблюдаемых деформаций от гидрометеорологических и гидрогеологических факторов.

Полученные в расчетах ширина по направлению смещения блока 30 м на поверхности плато, а также форма и глубина поверхности смещения вполне закономерны и соответствуют средним натурным данным. Подобная ширина блока, по нашему мнению, обусловлена тем, что, с одной стороны, в этой зоне существуют достаточные по величине напряжения растяжения, способные разорвать грунты РГЭ-2-4, с другой стороны, ширина ступени должна быть достаточной, чтобы создать при оползании сдвигающие напряжения, обеспечивающие значительную подвижку длинного «языка». Без этой подвижки¹ оползень не может развиваться, т.к. выход ПС круто вверх затруднен (см. далее).

Что касается формы поверхности смещения и глубины захвата массива оползанием, то они, по-видимому, зависят от положения подошвы известняков и прослоев песков с напорными водами. Как было показано выше, разрушение известняков и слоев, залегающих над ними, происходит по крутой поверхности. Сформированная же предыдущими подвижками подошва оползневой тела, напротив, субгоризонтальна и контролируется расположением лигнитизированных прослоев и прослоев песков с напорными водами. «Кривизна» поверхности смещения на соединяющем их участке должна быть оптимальна для развития процесса сдвига.

Смещение в головной части происходит вдоль поверхности, в грубом приближении близкой к круглоцилиндрической, что и обуславливает отмечающееся «запрокидывание» поверхности смещающегося блока в сторону плато, подобное же положение сместившихся блоков известняков, волнистую поверхность кровли смещенного меотиса и т.д.

Однако заметное остаточное сцепление меотических глин не позволяет развиваться дальнейшему провороту с выходом восходящей части ПС сравнительно недалеко от стенки срыва. Субгоризонтальная «ослабленная зона» контролирует «наивыгоднейшее» (с минимальным K_y) положение ПС, в результате близкие к круглоцилиндрической траектории смещения «головы» оползня, ближе к морю реали-

¹ Черкез Е.А., Рынас В.М., Абрамович В.И., Ибрагимдазе Д.Д., Корень А.В., Пангаев В.Ю. Отчет о научно-исследовательской работе: Разработка автоматизированной системы научных исследований в области математического моделирования склоновых процессов (оползней). Одесса, Одесский гос. ун-т, 1990.

зуются уже в виде субгоризонтального сдвига всего длинного «языка».

На тех участках, где в пласте известняков, на расстоянии от бровки, благоприятном для формирования нового блока, отсутствуют трещины, разрывающие пласт полностью или почти полностью, образуются также фронтальные, но гораздо меньшие по размерам (50–80 м вдоль бровки и 10–15 м вкрест) оползни другого типа. Избыточное техногенное увлажнение пород краевой части плато приводит к появлению в уступе плато некомпенсированных сдвигающих сил и к образованию оползневых блоков с поверхностью смещения в верхнеплиоценовых глинах, залегающих на известняках. При смещении блоки быстро разрушаются и в виде рыхлой массы переползают через пласт известняков, пригружают склон, вызывая там ускорение оползневых подвижек по существующей поверхности смещения в меотических глинах вплоть до образования валов выдавливания в подводной части склона. Количественно именно такие оползни преобладают на Одесском побережье [8]. Оползни такого типа также диагностируются при компьютерном моделировании (рис. 4). В данных расчетах, учитывая положение ПС в РГЭ-1 в менее нарушенной и находящейся выше УГВ зоне, принято $\varphi = 13^\circ$ и $C = 20$ КПа.

Формируются они действительно в случае формирования водоносного горизонта в низах лессовой толщи, что возникает, как правило, лишь при техногенном обводнении. Развитие оползневых деформаций по этой схеме создает обстановку, когда напряжения, длительно нарастающие в результате постоянной абразии, частично разгружаются в краевой части плато и не достигают величин, вызывающих разрушение известняков.

Подобные оползни, по непонятной причине названные авторами выше указанной статьи [8] также оползнями выдавливания, естественно, тоже должны быть отнесены к оползням сдвига, но составного, многоступенчатого типа. Подобные, весьма крупные по размерам оползни широко развиты в Поволжье.

Подтверждение полученных результатов

Внимательный анализ результатов как численного (с использованием МКЭ) моделирования, так и моделирования с использованием эквивалентных материалов [16, 17, 43] позволяет утверждать, что при реальном положении ранее сформированного оползневого тела к моменту начала следующего цикла оползневых деформаций существенной разгрузки напряжений в толще меотических глин под известняками на «плато» не происходит. Таким образом, это нельзя считать основной причиной оползнеобразования.

У одесских оползней четко выражена зона оползневого смещения мощностью 0,6–0,8 м в виде перемятых глинистых масс, расположенных на контакте с (ненарушенными) меотическими глинами [20]. По другим данным [27] фиксируется одна зона смещения мощностью лишь 10 см, в пределах которой глинистые частицы почти полностью переориентированы. Эти описания типичны для оползней сдвигового механизма и совершенно не подходят для выдавливания.

Если четко фиксируется зона смещения, значит, окружает ее твердообразное тело. В массиве,двигающемся как вязкое вещество, никакую зону смещения выделить невозможно. В принципе сама гипотеза о том, что 30–40-метровая вышележащая толща способна **раздавить** толщу прочных ($R_{сж}=0,3–1$ МПа [14, 20]) меотических глин мощностью 20–25 м, выглядит крайне странно.

Проведенные еще полвека назад лабораторные исследования физико-механических свойств меотических глин позволили заключить следующее.

Меотическая глина — и песчанистая, и жирная ее разновидности, с больших глубин и с глубин достаточно малых, с устойчивых склонов и оползневых, при любой прочности (от 5 кг/см² до 0,5 кг/см²) имеет хрупкий или полухрупкий характер разрушения при испытаниях на одноосное раздавливание и на срез.

Длительное, в течение 50 дней, выдерживание глины в водах, характерных для понтического горизонта, в условиях невозможности набухания практически не снижает ее прочности.

Характер разрушения глины (скол), большая длительная прочность (большая или равная стандартной), высокая структурная прочность при наличии эластичных связей, наконец, карбонатная засоленность — все это позволяет предположить, что исследованные разновидности меотических глин *не обладают* способностью к течению под влиянием перепада давления [13].

Расчеты, выполненные на основе геодезических наблюдений и бурения на ряде оползневых участков Одессы, позволили П.Н. Науменко [33] прийти к следующим выводам:

- во время основного смещения отделяющиеся от плато массивы имеют *вращательное* движение (подтверждаемое запрокинутым положением оползших известняковых блоков, волнистой поверхностью оползшего меотиса, смещением реперов и рассчитанным балансом оползающих объемов и т.д.);
- с определенного периода, кроме вращательного движения, отделившиеся массивы претерпевают движение, весьма близкое к горизонтальному.

Отметим также, что валы выпирания зачастую имеют со стороны моря крутую или даже отвесную плоскость разрыва. Наклон пластов вала выпирания обращен в сторону берега. Такая картина может получиться только в результате среза по зоне скольжения, а не в результате выдавливания.

На основе массовых лабораторных исследований установлена практическая идентичность физических свойств меотических глин в оползневом теле и в коренном массиве [29], что также подтверждает сохранение структуры грунтов за пределами узкой (1–3% мощности оползня) зоны смещения.

Н.Я. Денисов предполагал значительную роль как растяжения, так и выдавливания: «В момент полного отделения блока, т.е., когда трещина отрыва достигает основания, давление от веса блока достигает полной величины, что и приводит к интенсификации выдавливания. Обрушение ... протекает обычно чрезвычайно быстро» [10].

Он считал, что возможность и интенсивность выдавливания (с «течением» глин) зависит от градиента

давления, т.е. от величины перепада давления, отнесенной к горизонтальному проложению склона, что непосредственно связано с крутизной склона. Однако, по данным В.В. Жиховича [13], склоны минимальной ширины (от бровки до уреза моря) на Одесском побережье не подвержены оползневым процессам при отсутствии в них прослоев с напорными водами. На этих склонах переработка берегов происходит в форме обвалов и осыпей. Большая скорость основного оползневого смещения (указываемая Н.Я. Денисовым), также подтверждает его классический сдвиговой характер.

Выполненное еще во второй половине 1960-х годов моделирование одесских оползней с использованием эквивалентных материалов на центробежной установке «убедительно показало, что деформация происходит в виде скольжения ... даже при использовании глин, обладающих прочностью более низкой, чем в естественных условиях» [2].

Деформации выдавливания, которые ранее удалось получить К.А. Гулакяну, при моделировании с использованием желатина на центрифуге были достигнуты лишь при применении паст с прочностью, соответствующей глинам с нарушенной структурой во всем массиве, что «не соответствует условиям естественного залегания» [там же].

Отметим, что В.В. Жихович, много лет изучавший оползни Одесского побережья, также пришел к выводу, что механизм их формирования и развития включает раздавливание и является сдвиговым [14].

Об оползнях выдавливания как типе геодинамических процессов

Приведем далее некоторые общие соображения, касающиеся якобы повсеместного развития «оползней выдавливания».

В отличие от классических оползней сдвига-срезания, схема «сдвига-вязкопластичного выдавливания ОДГ» требует его непрерывного (в течение активной фазы) разрушения в значительных объемах. Так, в качестве отличительного признака механизма оползневого процесса для оползней выдавливания указывается протекание «выдавливания в виде вязкопластического течения в области пониженного давления» [5]. Выведенные позднее закономерности развития «оползней выдавливания (сжатия)» связываются с величиной структурной прочности и раздавливанием грунта с разрушением его структуры — также в значительных объемах [37], однако этого-то, как мы видим, и не происходит.

Некоторые исследователи пытаются разрешить этот противоречие на основе компромисса. Так, И.О. Тихвинский указывал, что у оползней района Одессы выдавливание слабого слоя, видимо, происходит, но в небольших объемах, охватывая менее 1% от общего объема оползня. При этом он писал: «нет оснований полагать, что в теле оползня происходят сколько-нибудь значительные пластические деформации», и делал вывод, что для расчета устойчивости оползней выдавливания правомерно использовать те же методы, что и для оползней сдвига [39].

При «раздавливании» глинистого слоя в основании склона наклон отделяющегося блока должен бы

возникнуть *в сторону* склона вместо наблюдаемого в природе и на моделях [7] его «запрокидывания» в противоположную сторону.

Указываемая рядом авторов как отличительный признак и полученная при моделировании «оползней выдавливания», значительная крутизна стенки срыва, равная 50–75° [7], является типичной для самых разных оползней. В качестве примера приведем определенные по результатам массовых замеров значения средней крутизны стенок срыва в абсолютно иных геолого-геоморфологических условиях (низкогорье и среднегорье юго-западного Гиссара — Узбекистан): поверхностные сплывы — 73°, оплывины — 71°, оползни-потоки — 75°, ступенчатые оползни — 66°, обвалы — 71° [30].

Само «выдавливание», понимаемое лишь как изменение рельефа части склона (выпирание), при оползании происходит очень часто. Даже в вязкопластичных оползнях, близких к оползням-потокам, мы встречаем многочисленные бугры и валы выпирания. Да, их высота 1–1,5 м, а не 5–15 м, но и мощность оползневого тела, как правило, 3–5 м, а не 30–50 м, т.е. пропорция вполне идентична.

Грунт является весьма эффективным демпфером. Дополнительные напряжения величиной 0,2–0,4 МПа от зданий на плитных фундаментах затухают до малозначимых величин (менее 0,1–0,2 σ_z) на глубине в первые десятки метров. Некоторое дополнительное перемещение сформировавшегося ранее оползневого тела вызовет уменьшение горизонтальных напряжений на величины *на порядок меньшие* ($\Delta\sigma_z \cdot m$, где m — коэффициент бокового давления), что в большинстве случаев перестанет оказывать заметное влияние на напряженное состояние несмещенного массива уже на расстоянии в несколько метров.

Именно поэтому аналогии Н.Я. Денисова [9] и более поздних исследователей [6], сравнивающие оползневой блок с частично отсутствующим с одной стороны основанием ленточного фундамента здания, неправомерны. Ширина подобного фундамента в десятки раз меньше, и там затухание изменений НДС действительно не проявляется.

Значительную степень «фронтальности» оползней также нельзя считать признаком механизма выдавливания. Переход от «ложкообразного» оползневого тела к фронтальному идет по мере роста однородности инженерно-геологических условий (литологического строения, свойств грунтов, высоты и рельефа склонов, УГВ и напоров, одновременной «разгрузки» языка ОДГ и т.д.) на значительном расстоянии в направлении, параллельном бровке склона. Оползень тем «фронтальнее», чем в первую очередь более выдержан конкретный ОДГ в основании склона, а также рельеф массива вдоль него. Подобная выдержанность свойств и положения в разрезе грунтов ОДГ более характерны для глинистых отложений исходно морского генезиса. Кроме того, для глубоких оползней сильнее влияние сопротивления сдвигу по боковым сторонам оползневого тела. Соответственно, они не могут сформироваться при малой протяженности оползнеопасного массива вдоль склона.

Не могут свидетельствовать об особом механизме «раздавливания» и протяженные трещины. Их усло-

вием, опять же, является сравнительная однородность массива (и в первую очередь ОДГ) в направлении вдоль бровки. Отметим, что появление «трещин закола» не является признаком быстро ожидаемого после этого оползневого разрушения массива. Так, в Одессе эти трещины нередко возникали за 7–8 лет до обрушения, в ряде других районов этот период был еще на порядок большим [31].

Выполненное нами еще в 1999 г. сопоставление компьютерного моделирования с моделированием оползневых деформаций методом эквивалентных материалов [24] показало, что первые трещины закола могут появляться еще при $K_y = 1,8-2,0$ и связаны не с началом основного смещения, а с деформациями массива под влиянием напряжений растяжения, возникших за бровкой склона.

Г.П. Постоев, много лет занимаясь изучением т.н. «оползней выдавливания», сделал попытку предложить для них оригинальный механизм разрушения склонового массива, с сопутствующими методами прогноза и защиты, которые, однако, нельзя признать удачными.

Во-первых, в его выкладках полностью пропало понятие длины и, соответственно, генеральной крутизны оползневого склона [37]. Исходя из предложенных формул, перемещаемый головной частью «язык» оползня может быть хоть многокилометровым, а склон в целом практически горизонтальным. Ничего подобного в природе не наблюдается, и выполненные значительно раньше обобщающие работы Е.П. Емельяновой [12 и др.] убедительно показали связь высоты и длины склона для подобных оползней.

В графиках и выводах Г.П. Постоева почему-то все время говорится о прогнозе, но анализируется положение поверхности уже сместившихся блоков; т.е. изучаются условия остановки (приостановки) оползневого процесса, а не его начала.

Физический смысл основной выведенной им формулы: $Z_a - \sigma_{стр}/\gamma = \pi/2(Z_a - H_{кр})$, возможно, следует понимать так: «когда опускание оползневой стадии приближается к критическому значению ($H_{кр}$), ее воздействия становится недостаточно для дальнейшего смещения оползневого тела и активная фаза данной стадии оползневого процесса заканчивается». Имен-

но потому, что $H_{кр}$ зависит от $\sigma_{стр}$, при выдержанном по свойствам ОДГ формируется субгоризонтальная поверхность, состоящая из кровли отдельных оползших блоков.

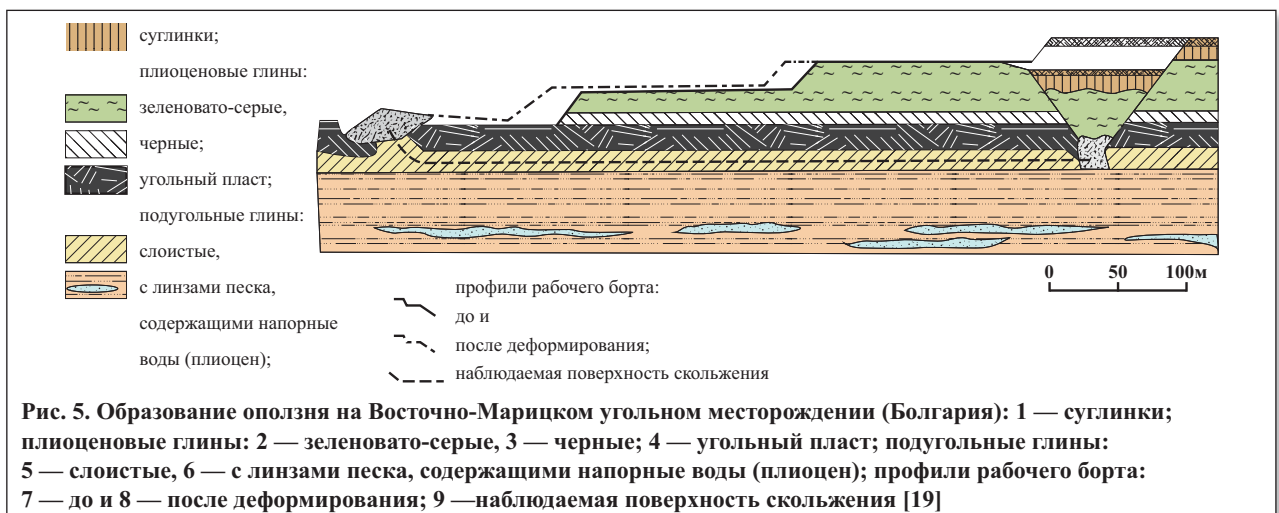
Так как речь идет лишь о временной стабилизации оползневого процесса, состояние, близкое к предельному ($K_y \sim 1$), может быть и у сползшего, и у «будущего» блока одновременно.

Вышеуказанная трактовка естественным образом вытекает и из общих соображений вероятности: длительность фазы временной «стабилизации» оползневых смещений на порядки превосходит «предкатастрофичный» период, и таким образом наблюдаться в природе должна в основном первая ситуация.

Для доказательства своей гипотезы Г.П. Постоев объединяет в одном массиве данные по совершенно разным типам оползней по механизму и масштабу, порой с искаженными представлениями об инженерно-геологических условиях этих участков. Так, в г. Железнодорожный Московской области при принятых им характеристиках ОДГ $\phi = 20^\circ$, $C \approx 50$ КПа [36], естественно, оползневые процессы бы не начали развиваться. Если бы ледниковые глины могли раздавливаться и ползти при столь малой высоте (10–11 м) и крутизне склона (общая от бровки 7–8°), вся Центральная Россия была бы абсолютно плоской! Оползень там развился в совершенно иных, весьма слабых грунтах.

Тип «оползни выдавливания» сохранился в некоторых основных нормативных документах, однако формулировка характера этих оползней в табл. 4.1 СП 11-105-97, часть 2: «выдавливание грунта из-под подошвы прирвовочного уступа склона и его смещение совместно с ранее образовавшимися на склоне оползневыми накоплениями» [38] крайне неопределенна.

Где находится «подошва прирвовочного уступа склона»? Если речь идет о подошве стенки срыва, то от нее до ОДГ может быть расстояние по вертикали, составляющее 50–80% всей высоты склона. В пределах всего этого расстояния никакого выдавливания заведомо нет. Как классифицировать оползень, если «ранее образовавшихся накоплений» нет (первичный оползень) или они размыты, срезаны? И что с физической точки зрения в СП названо выдавливанием? Перемещение языковой части массива вперед-вниз



при оползании происходит почти всегда и классификационным признаком быть не может (см. выше). Если же под этим термином понимать раздавливание грунтов ОДГ в целом и их вязкопластическое перемещение, то, как указывал В.В. Кюнтцель [27], «фактических данных об этом практически никем не приводится».

Так существуют ли вообще оползни выдавливания?

Думается, ответ все же должен быть утвердительным, хотя их следует считать весьма специфичным и ограниченно распространенным явлением. Развитие истинных оползней выдавливания характерно, видимо, для двух случаев.

Во-первых, когда ОДГ представлен особо пластичным грунтом — весьма интересный пример подобных деформаций приведен И.П. Ивановым [19] по карьере на Восточно-Марицком угольном месторождении в Болгарии (рис. 5).

Оползень, произошедший при генеральном угле борта карьера лишь в 6°, привел к перемещению массива пород объемом более 50 млн м³ на несколько десятков метров вперед и сопровождался вертикальным оседанием блока, расположенного в 500 м от зоны подработки. При этом угольная и вышележащая толщи имеют $\phi = 8-25^\circ$ при $C = 80-200$ КПа. Подугольные же глины в целом характеризуются $\phi = 5^\circ$ и $C = 80$ КПа. По контакту двух разностей подугольных глин существует выдержанная слабая зона регионального характера, по которой происходят оползни бортов карьеров и внешних отвалов (в некоторых случаях при высоте отвалов до 70 м оползни происходят по этой же поверхности, залегающей на 50–100 м ниже их основания). По указанной слабой поверхности случались также древние и современные глубокие оползни на естественных склонах речных долин, часть из которых была вскрыта горными работами и детально изучена. Поверхность эта занимает строго фиксированное положение и находится (по данным бурения) на одних и тех же отметках на всех участках

естественных и «искусственных» оползней. По этому контакту зафиксировано крайне незначительное сопротивление сдвигу, характеризующееся углом трения 1° и сцеплением 20 КПа.

Но при $\phi = 5^\circ$ расчетный коэффициент бокового давления $m = \text{tg}^2(45 - \phi/2) = 0,8$, а при $\phi = 1^\circ$, $m = 0,965$ — при том, что $m = 1$ соответствует уже идеальной жидкости. В этом случае действительно падение обжимающих боковых напряжений в зоне подрезки или размыва передается вглубь склонового массива со сравнительно небольшим затуханием (в идеальной жидкости — без затухания вообще), т.е. на значительное расстояние.

Естественно, при нагрузках от вышележащих толщ до 2,5–3,0 МПа вряд ли имеет смысл каким-либо образом связывать оползневой процесс со *структурной прочностью* столь слабых слоев ОДГ, как это делает Г.П. Постоев [37].

Второй вид истинных оползней выдавливания возможен, когда перекрывающий массив представлен грунтами, по прочностным и деформационным характеристикам значительно превосходящими грунты в основании склона. Этот вид оползней, видимо, может быть разделен на 2 разновидности.

К первой, в частности, следует отнести оползни так называемого «ангарского типа», где толща, перекрывающая основной деформируемый горизонт (ОДГ), имеет огромную мощность — 300–450 м (рис. 6). Перекрывающие слабodeформируемые грунты при этом в большей мере концентрируют в себе напряжения, формирующиеся в присклоновом массиве, причем в условиях крутых склонов (а здесь, естественно, формируются именно такие) напряжения эти в верхней части массива на некотором расстоянии от бровки — растягивающие. У «внешнего» (к реке) края более слабых и пластичных грунтов ОДГ условия деформирования их наиболее благоприятные, снижая здесь долю напряжений, воспринимаемую ими, — и таким образом дополнительно увеличивая напряжения растяжения в «консольном» слое сверху. При наличии относительно «благоприятно» ориентированных систем трещин эти напряжения закономер-

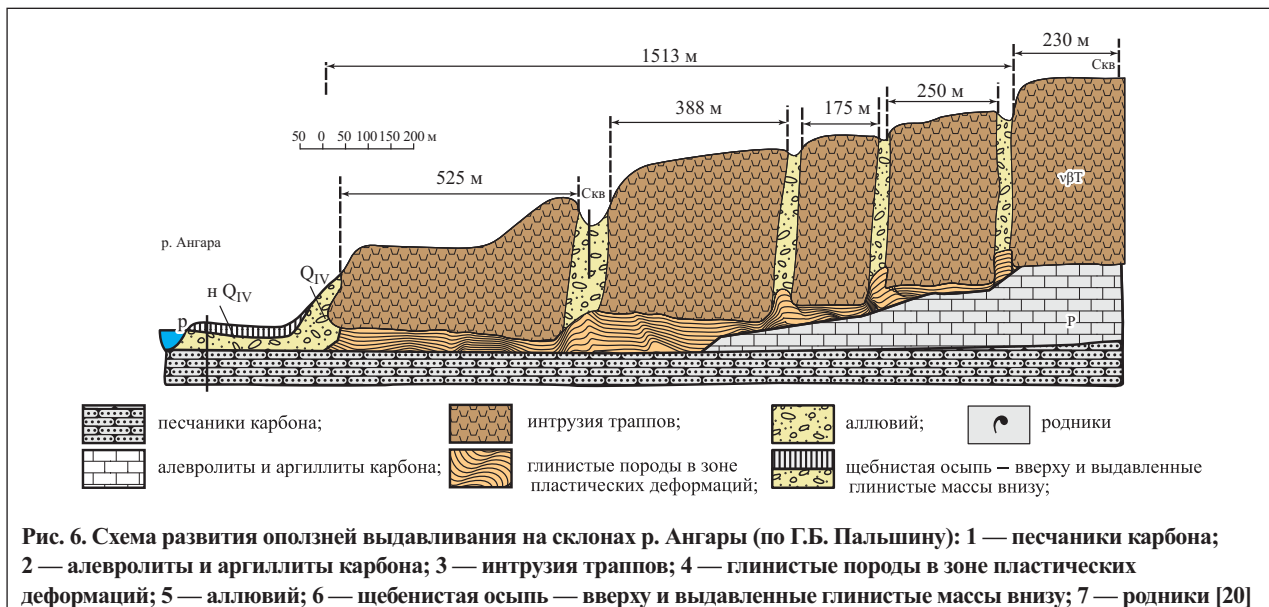


Рис. 6. Схема развития оползней выдавливания на склонах р. Ангары (по Г.Б. Пальшину): 1 — песчаники карбона; 2 — алевролиты и аргиллиты карбона; 3 — интрузия траппов; 4 — глинистые породы в зоне пластических деформаций; 5 — аллювий; 6 — щебенистая осыпь — сверху и выдавленные глинистые массы внизу; 7 — родники [20]

но приводят к отрыву крупных блоков перекрывающей толщи. Смещенные блоки-ступени, соответственно, как правило, наклонены в сторону долины.

Так как напряжения в ОДГ после этого превышают прочность слагающих его аргиллитов и алевролитов, происходит их частичное раздавливание. В нарушенном массиве образуется наклонная зона потенциальной ползучести, в которой при подмыве берега возникают медленные пластические деформации. Сместившийся блок уже не создает прежнего обжатия ОДГ вверх по склону, формируя тем самым условия для отчленения следующего блока перекрывающих пород. Падение боковых напряжений под следующим блоком приводит к раздавливанию находящихся под ним алевролитов и аргиллитов. При нагрузках 10–12 МПа увлажненные аргиллиты и алевролиты, по-видимому, проявляют себя как пластичное тело с небольшими углами внутреннего трения и высоким кажущимся сцеплением, с соответствующим большим коэффициентом бокового давления (см. выше).

Таким образом, процесс, видимо, реализуется в виде последовательного отседания блоков. Образующиеся трещины постепенно расширяются, частично заполняясь — сверху делювиальным материалом, снизу — раздавленными и выдавленными алевролитами и аргиллитами.

Подобные деформирующиеся массивы, правда, являются не совсем оползнями в привычном понимании. Скорость смещения блоков-ступеней лишь 0,4–0,7 мм в год, к тому же переход их в стадию быстрого смещения практически невозможен.

Оползни менее крупные, с высотой склона до 100–120 м, и в этом регионе имеют классическую, близкую к круглоцилиндрической и четко выраженную зону смещения и классифицируются местными специалистами как оползни сдвига [41]. В случае, если глинистые породы основания склона имеют значительную мощность, формируются крупные блоковые оползни [40], которые, видимо, целесообразно относить к промежуточному типу оползней сдвига-выдавливания.

К оползням выдавливания, возможно, относятся и еще более крупные оползни, охватывающие целиком склон крымской Яйлы и уходящие основанием под дно Черного моря. Отмеченные впервые А.И. Шеко, эти оползневые деформации связаны с крупнейшим региональным глубинным разломом. Оползневые движения активно проявляются там и в пределах континентального склона, развиваются они в особых условиях: при наличии мощной (несколько сотен метров) перекрывающей толщи известняков верхней юры, больших перепадов давления в зоне уступа Яйлы и высоких напряжений в глинистых сланцах средней юры. В результате последние не выдерживают возникающих напряжений и, раздавливаясь на некоторой глубине, смещаются в сторону минимального давления. Импульсом активизации подобных гигантских оползней являются, возможно, катастрофические землетрясения [26].

Оползни, развитые в сухопутной части ЮБК (либо имеющие участки зоны смещения, уходящие ниже уровня моря лишь на 5–15 м), даже при мощности

смещающихся массивов до 500 м и более, относятся к разновидностям оползней скольжения (сдвига), в т.ч. со срезом и вращением [34], с четко фиксируемой зоной (зонами) сдвига.

Истинные оползни выдавливания второй разновидности формируются при наличии особо слабых грунтов — текучих и текучепластичных илов и т.д., в основании склона (уступа). У подобных грунтов структурное сцепление практически отсутствует, прочность в нарушенном и ненарушенном сложении различается весьма незначительно, и соответственно, переход больших объемов грунта в нарушенное состояние (раздавливание) энергетически не сильно отличается от сдвига. Оползни этого вида развивались, в частности, в Имеретинской низменности, где дренажные траншеи прорезают аллювиально-морскую толщу, сложенную песками, торфами и в нижней части — текучепластичными илами. При искусственных пригрузках, размещенных вблизи траншей, фиксировались участки выдавливания основания траншей вместе с бетонными плитами дна.

Заключение

Таким образом, в подавляющем большинстве случаев к оползням выдавливания (раздавливания) относятся оползни с обычным механизмом сдвига (срезания), но в развитии которых решающую роль играют деформации залегающего в основании склона глинистого высокопластичного слоя, склонного к деформациям ползучести. Последние обеспечивают, во-первых, частичную «подготовку» зон будущего основного смещения, во-вторых, длительное протекание «пост-основного» смещения.

Оценка возможности активизации подобных крупных блоковых оползней и проектирование защитных мероприятий наиболее успешны при совместном использовании четырех групп методов:

- инженерно-геологических аналогий и региональных закономерностей для выявления потенциально оползнеопасных участков и зон на основе соотношения высоты и заложения склона, положения возможного ОДГ в разрезе, наличия или отсутствия характерного «оползневого» рельефа от предыдущих смещений, а также определенных элементов геологического разреза склонов (например, лигнитизированных прослоев и напорных водоносных прослоев в районе Одессы — см. выше) и т.д.;
- режимных долгосрочных наблюдений за деформациями массивов (с обязательным использованием не только поверхностных, но и глубинных реперов) и изменениями уровней и напоров подземных вод;
- на выделенных оползнеопасных массивах — бурения достаточной глубины и лабораторных испытаний грунтов с фиксацией поровых давлений, на ползучесть, в диапазонах реально действующих в зоне ПС нагрузок;
- компьютерного моделирования с помощью современных программ, обеспечивающих автоматизированный поиск конфигурации ПС с минимальной устойчивостью оползневого тела, как наиболее

точных (поскольку коэффициент устойчивости и стабильных, и активизирующихся оползней этого типа достаточно близок к единице) при задании характеристик грунтов, учитывающих поровые давления и процессы ползучести.

Ключевыми моментами, которые необходимо учитывать при проектировании инженерной защиты от подобных оползневых явлений, являются:

- длительный срок подготовки основного смещения, проходящего в фазе глубинной ползучести, обычно ускоряющейся перед основным смещением и фиксируемой инклинометрическими наблюдениями и геодезическими наблюдениями за смещениями поверхностных реперов;
- крупноблоковый характер оползней в сочетании со значительной их мощностью делает сложной их стабилизацию продольными (субпараллельными бровке) рядами удерживающих свай, зато открывает возможность создания пространственной противооползневой защиты с использованием внутренней прочности блоков;
- устойчивость массива постоянно близка к предельной, но свойства грунтов до основного смещения резко не изменяются, что дает возможность стабилизировать ситуацию с помощью контрбанкетов, свайных конструкций и т.д., повысив коэффициент устойчивости лишь на 5–10%;
- в развитии и ускорении смещений значительна роль гидрогеологического фактора, в первую оче-

редь напором подземных вод и поровых давлений, что позволяет при проведении эффективных дренажных мероприятий, на нужных участках в плане и по глубине, замедлить деформации и таким образом сильно отдалить или даже полностью исключить основное смещение потенциально опасных блоков.

Пространственная защита с использованием принципа контрфорсов может быть гравитационного типа (участки «контрбанкетов», в т.ч. декоративно оформленных) или выполняться в виде свайных групп. Критичным моментом является их оптимальное размещение как по направлению смещения с учетом оползневых давлений и возможного в ряде случаев «выпора» в средней части оползневого тела, так и в направлении, параллельном бровке. На основе анализа режимных наблюдений за смещениями весьма желательно установить примерные границы оползневых блоков, чтобы проектируемые удерживающие сооружения не попали в зону стыка этих блоков, где они будут малоэффективны.

Правильные представления о механизме оползневых явлений позволяют более эффективно прогнозировать оползневые процессы и избегать ошибочных решений по противооползневой защите. К последним, в частности, относятся предложения по пригрузке головной части уже существующего оползневого тела для создания «противодавления», препятствующего «раздавливанию».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воскобойников В.М., Козлова Т.В. Применение геодинамического анализа и метода обобщенных переменных для оценки и прогноза устойчивости оползневых склонов (на примере северного Причерноморья) // Инженерная геология. 1992. № 6. С. 34–49.
2. Гольдштейн М.Н., Туровская А.Я., Тимофеева Т.А., Черненко Н.Б., Костылева Н.В., Кононенко П.С., Кутепов А.Т., Макаренко Н.А. Исследование глубоких оползней Одессы // Вопросы геотехники. № 12. Устойчивость склонов и откосов выемок. Вариационные методы расчета устойчивости. Киев, «Будівельник» 1968. С. 7–36.
3. Гольдштейн М.Н., Бабицкая С.С., Черненко Н.Б. Об оценке предела длительной прочности глин // Повышение несущей способности оснований сооружений при учете изменений строительных свойств грунтов во времени: тезисы докл. 5 Всесоюз. симп. по реологии грунтов. (Волгоград, 16–17 октября 1985 г.). М.: Стройиздат, 1985. С. 10–11.
4. Гулакян К.А. О механизме глубоких оползней выдавливания // Вопросы изучения оползней и факторов, их вызывающих: тематический сборник. М.: ВСЕГИНГЕО, 1968. Вып. № 8. С. 33–41.
5. Гулакян К.А., Кюнтцель В.В. О распознавании типов оползневых процессов // Вопросы инженерной геологии: доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной ассоциации инженеров-геологов. М.: ВИНТИ, 1970. С. 190–198.
6. Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Постоев Г.П. Прогнозирование оползневых процессов. М.: Недра, 1977. 135 с.
7. Гулакян К.А., Кюнтцель В.В., Новиков П.А. Моделирование оползней выдавливания (на примере района Фили-Кунцево, Москва) // Вопросы инженерной геологии. Труды ВСЕГИНГЕО. М.: Недра, 1970. № 23. С. 109–125.
8. Гутковский Б.Н., Пилипенко М.Н., Семеренко В.С. Особенности развития оползней на северо-западном побережье Черного моря и их прогноз // Инженерная геология. 1988. № 5. С. 45–50.
9. Денисов Н.Я. Принцип эффективных напряжений и устойчивость глинистых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1963. № 2. С. 5–8.
10. Денисов Н.Я. К методике оценки устойчивости склонов, сложенных глинистыми грунтами // Материалы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. Киев: Изд-во Киевского университета, 1964. С. 152–156.
11. Дорфман А.Г. Вопросы расчета устойчивости склонов и давления грунта на сооружения // Инженерная геология. 1984. № 5. С. 47–56.
12. Емельянова Е.П. Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней. М.: Недра, 1971. 102 с.
13. Жихович В.В. Исследования физико-механических свойств меотических глин, залегающих в основании оползневых склонов г. Одессы // Оползни и борьба с ними. Труды Северо-Кавказского научно-производственного семинара по изучению оползней и опыта борьбы с ними. Ставрополь: Ставропольское книжное издательство, 1964. С. 267–287.
14. Жихович В.В. Некоторые результаты исследования одесских оползней // Инженерная геология. 1992. № 4. С. 40–51.

15. *Зелинский И.П.* Опыт изучения эффективности противооползневых сооружений в Одессе и его значение для оценки инженерно-геологических условий береговых склонов // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Киев: Изд-во Киевского университета, 1967. Вып. № 1. С. 122–129.
16. *Зелинский И.П., Каменнова Ю.А., Максимов С.Н., Шарий А.А.* Моделирование напряженного состояния и устойчивости пород оползневого склона // Вопросы инженерной геологии: доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной ассоциации инженеров-геологов. М.: ВИНТИ, 1970. С. 322–332.
17. *Зелинский И.П., Шатохина Л.Н.* Изучение устойчивости склонов северо-западного побережья Черного моря // Инженерная геология. 1987. № 2. С. 46–50.
18. *Зелинский И.П., Шатохина Л.Н.* Физико-механические свойства меотических глин как грунтов основного деформируемого горизонта оползней одесского побережья // Инженерная геология. 1990. № 3. С. 45–48.
19. *Иванов И.П.* Инженерно-геологические исследования в горном деле (для обоснования рационального использования и охраны недр). Л.: Недра, 1987. 255 с.
20. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика территории России / под ред. В.Т. Трофимова, Э.В. Калинин. М.: КДУ, 2013. 816 с.
21. Инженерная геология СССР. Т. 1 / под ред. Е.М. Сергеева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. 528 с.
22. Инженерная геология СССР. Платформенные регионы европейской части СССР / под ред. И.С. Комарова, Д.Г. Зилинга, В.Т. Трофимова. М.: Недра, 1992. Кн. 1. 271 с.
23. *Казарновский В.Д., Львович Ю.М.* Влияние циклического промерзания-оттаивания и набухания-высушивания на сопротивление глинистых грунтов сдвигу // Вопросы инженерной геологии: доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной ассоциации инженеров-геологов. М.: ВИНТИ, 1970. С. 106–117.
24. *Кропоткин М.П.* Сопоставление компьютерных расчетов устойчивости с моделированием оползневых деформаций методом эквивалентных материалов // Новые идеи в науках о Земле: тезисы докл. 5-й международной конференции. М.: МГГА, 2001. Т. 4. С. 73.
25. *Кропоткин М.П.* Природа крупных оползней Москвы и Подмоскovie // Инженерная геология. 2016. № 1. С. 4–14.
26. *Кюнцель В.В.* Закономерности оползневого процесса на европейской территории СССР и его региональный прогноз. М.: Недра, 1980. 213 с.
27. *Кюнцель В.В.* Механизм формирования оползней выдавливания на Русской платформе // Инженерная геология. 1986. № 6. С. 60–64.
28. *Ларионов А.К.* Зависимость уплотнения глинистых грунтов от их структурных особенностей // Вопросы инженерной геологии: доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной ассоциации инженеров-геологов. М.: ВИНТИ, 1970. С. 43–52.
29. *Лужецкий А.Н.* Обобщенные показатели и корреляционные зависимости инженерно-геологических свойств меотических глин Одесского побережья // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Киев: Изд-во Киевского университета, 1967. Вып. № 1. С. 114–121.
30. *Мамараймов З.У.* Инженерно-геологические аспекты разведки и обработки месторождений в условиях высокогорья (на примере Хандизинского рудного поля, юго-западные отроги Гиссара) // Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты): Сергеевские чтения. М.: РУДН, 2013. Вып. № 15. С. 270–274.
31. *Маслов Н.Н., Караулова З.М.* Роль и прогноз реологических явлений в развитии оползневых процессов // Вопросы инженерной геологии: доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной ассоциации инженеров-геологов. М.: ВИНТИ, 1970. С. 169–176.
32. *Науменко П.Н.* О механизме и качественных закономерностях развития оползней на Одесском побережье // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Киев: Изд-во Киевского университета, 1967. Вып. № 1. С. 130–139.
33. *Науменко П.Н.* Закономерности развития и механизм катастрофических оползневых смещений на Одесском побережье // Вопросы изучения оползней и факторов, их вызывающих: тематический сборник. М.: ВСЕГИНГЕО, 1968. Вып. № 8. С. 42–59.
34. *Новик Н.Н., Борисенко Л.С., Саломатин В.Н., Столбовая Г.В.* Основные факторы и этапность оползнеобразования в пределах алушкинско-симеизского участка в Крыму // Инженерная геология. 1988. № 4. С. 74–83.
35. Оползни Черноморского побережья Украины / под ред. А.Н. Лужецкого. М.: Недра, 1977. 104 с.
36. *Попов И.В.* Инженерная геология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1959. 509 с.
37. *Постоев Г.П.* Предельное состояние и деформации грунтов в массиве (оползни, карстовые провалы, осадки грунтовых оснований). М.; СПб.: Нестор-История, 2013. 100 с.
38. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов. Госстрой России. М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000.
39. *Тихвинский И.О.* Оценка и прогноз устойчивости оползневых склонов. М.: Наука, 1988. 144 с.
40. *Тржцинский Ю.Б.* Глубокие оползни Восточной Сибири // Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1996. № 5. С. 74–88.
41. *Тржцинский Ю.Б.* Роль техногенных факторов в развитии оползней Восточной Сибири // Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1997. № 1. С. 78–89.
42. *Шибакова В.С.* Влияние текстуры глин на их сопротивление сдвигу // Вопросы инженерной геологии: доклады советских ученых к Международному конгрессу Международной ассоциации инженеров-геологов. М.: ВИНТИ, 1970. С. 53–64.

Издательский центр «ГЕОМАРКЕТИНГ»

Реклама

Приглашаем авторов присылать статьи для публикации (бесплатно) и организации — размещать рекламу (на платной основе).

«Инженерные изыскания», «Инженерная геология», «Геотехника», «Геориск» — это журналы изыскателей, для изыскателей, издаваемые изыскателями.

Это наши с вами журналы!

Принимайте участие в процессе!

www.geomark.ru

Ул. Электрозаводская, д. 60. Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-89-92

- Территория распространения — все регионы РФ и страны ближнего зарубежья
- Журналы распространяются по подписке и на профильных конференциях
- В журналах публикуются научно-технические, практические, аналитические и обзорные статьи по широкому кругу вопросов, с которыми сталкиваются изыскатели в своей работе
- Редакция журналов является организатором отраслевых конференций и выставок
- С нами работают профессиональные дизайнеры и художники

Рекламодавцам

Если ваша целевая аудитория — профессиональное изыскательское сообщество и проектные институты, мы с удовольствием предоставим вам страницы наших журналов для размещения вашей рекламы.

Наши читатели — это тысячи специалистов из всех регионов Российской Федерации и стран СНГ, каждый из которых находит в журнале нужную, актуальную информацию.

Размещение рекламы в соответствующих тематических разделах журнала — гарантия того, что она дойдет до конечного потребителя ваших услуг и продукции.