

УДК 624.131.543

**Д. В. Мелконян**, канд. физ.-мат. наук, доцент  
кафедра инженерной геологии и гидрогеологии,  
Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

**О. В. Рудой**, инженер-геолог I категории  
ДП ПИ «ОдессаКоммунПроект»,  
ул. В. Терешковой, 15, Одесса, 65078, Украина

## ПРОГНОЗ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА В РАЙОНЕ С. ЛЕСКИ (ОДЕССКАЯ ОБЛАСТЬ)

В работе предпринята попытка спроектировать профиль устойчивого откоса (предельного при коэффициенте устойчивости 1,0) с учетом влияния таких факторов, как гидродинамическое давление и сейсмичность. Использован метод Н.Н. Маслова – метод равнопрочного откоса (метод  $F_0$ ), на базе которого нами получено уравнение, позволяющее оценить комплексное влияние фильтрационных и сейсмических сил на состояние склона.

Построен профиль устойчивого склона и установлена степень его устойчивости.

**Ключевые слова:** оползневой склон, устойчивый профиль, гидродинамическое давление, сейсмичность.

### ВВЕДЕНИЕ

Оползни представляют собой сложный многофакторный процесс и по интенсивности разрушительного воздействия относятся к крупнейшим процессам подобного характера, происходящим на территории городов и областей. Из-за дефицита площади застройки, вследствие освоения под строительство территорий все чаще приходится возводить здания и сооружения на склонах. Вопрос рационального проектирования и строительства на склонах в последние десятилетия приобрел наиболее актуальное значение. В связи с этим изучение инженерно-геологических условий участков распространения оползневых процессов, прогноз устойчивости оползневых склонов и решение других инженерно-геологических задач является необходимым для предупреждения развития оползневых процессов в Одессе и Одесской области, анализа механизма Одесских оползней, проектирования дренажных сооружений и проведения противооползневых мероприятий.

**Целью работы** является построение профиля устойчивого склона с учетом влияния таких факторов, как гидродинамическое давление и сейсмичность.

Объектом нашего исследования является оползневой склон в районе села Лески Коминтерновского района Одесской области, а предметом исследования – устойчивость склона к воздействию гидродинамических и сейсмических сил.

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Исследованием устойчивости склонов и откосов занимались многие ученые (Н.Н. Маслов [1; 2], Г.С. Золотарев [3], И.В. Федоров [4], Г.М. Шахунянц [5], Е.П.Емельянова [6], И.П. Зелинский [7], Е.А. Черкез [8], К. Terzaghi [9], N.R.

Morgenstern [10] и другие), однако совместное влияние фильтрационных и сейсмических сил на устойчивость склонов еще недостаточно исследовано.

Исследуемый участок расположен в пределах Причерноморской низменности на южной окраине водораздела между Куяльницким и Б. Аджалыкским лиманами. В его пределах выделяются следующие формы рельефа: аккумулятивно-денудационная равнина – плато, оползневой склон, абразионно-аккумулятивные формы – клиф, пляж.

Поверхность плато слабоволнистая, полого наклоненная в сторону моря и на восток-юго-восток, с абсолютными отметками 36,0-40,0 м. Бровка плато имеет восточное и юго-восточное простирание, местами осложнена эрозионными врезами. Плато слагают четвертичные лессовидные суглинки, верхнеплиоценовые глины, куяльницкие отложения, подстилаемые понтическими известняками и мезотическими глинами.

Исследуемый склон представляет собой оползневой амфитеатр (рис. 1). На большей его части рельеф имеет техногенный характер в связи с проведенными планировочными работами. В рельефе прослеживаются несколько террас на абсолютных отметках 2,8-4,0 м, 12,0-14,0 м, 18,8-20,5 м, 25-28 м. Ширина террас от 20 до 55 м. На склоне развиты те же отложения, что и на плато, только в оползшем состоянии (рис. 1).

В западном районе рассматриваемого участка (база отдыха (б/о) «Марина») сохранился большей частью оползневой рельеф. Здесь на склоне выделяется множество крупно-бугристых форм, валов, оползневых блоков и западин, наблюдаются современные оползнепроявления, деформированные постройки и сооружения, свидетельствующие об оползневой активности и неустойчивости склона в настоящее время. Ширина склона в этой части 110-120 м. В сторону моря он обрывается абразионным уступом (клифом) высотой от 2 до 7 м.

Пляжевая терраса и часть подводного склона на спланированных участках засыпана суглинками перевальными, а в пределах б/о «Марина» пляж сложен современными морскими отложениями – песками и ракушей, с обломками известняка, местами оползшими обвалившимися глинистыми грунтами. Мощность оползневых отложений составляет 15-25 м в верхней части склона, 5-12 м в нижней части склона.

В районе б/о «Марина» (неспланированная территория) отмечается повышенная влажность оползших лессовидных суглинков общей мощностью до 10 м. Это результат разгрузки на склоне водоносных горизонтов, залегающих на плато и на склоне. Такие грунты распространены в верхней и средней частях склона.

Кровля мезотических (деформированных оползнем) глин и суглинков вскрывается в пределах изучаемого склона на глубинах от 3 до 15 м; абсолютные отметки кровли от +1,0 (вблизи уреза) до +15,0 м (в верхней части склона). Оползневые накопления перемяты, разуплотнены, в глинах отмечаются многочисленные плоскости скольжения, комковатая текстура. В основании толщи оползневых накоплений залегают недеформированные (коренные) мезотические отложения: глины, кровля которых залегает на тех же отметках, что и на плато.

В основании разреза на абсолютных отметках -4,3-5,9 м залегают супеси пластичной и текучей консистенции. В береговом обрыве (вдоль территории б/о «Марина») обнажаются красновато-бурые суглинки и глины, местами зеленоватосерые глины и суглинки с плитками разрушенного известняка.

Пляж сложен песком серым разнозернистым, ракушей, продуктами разрушения берегового обрыва – суглинками, глинами, обломками известняка.

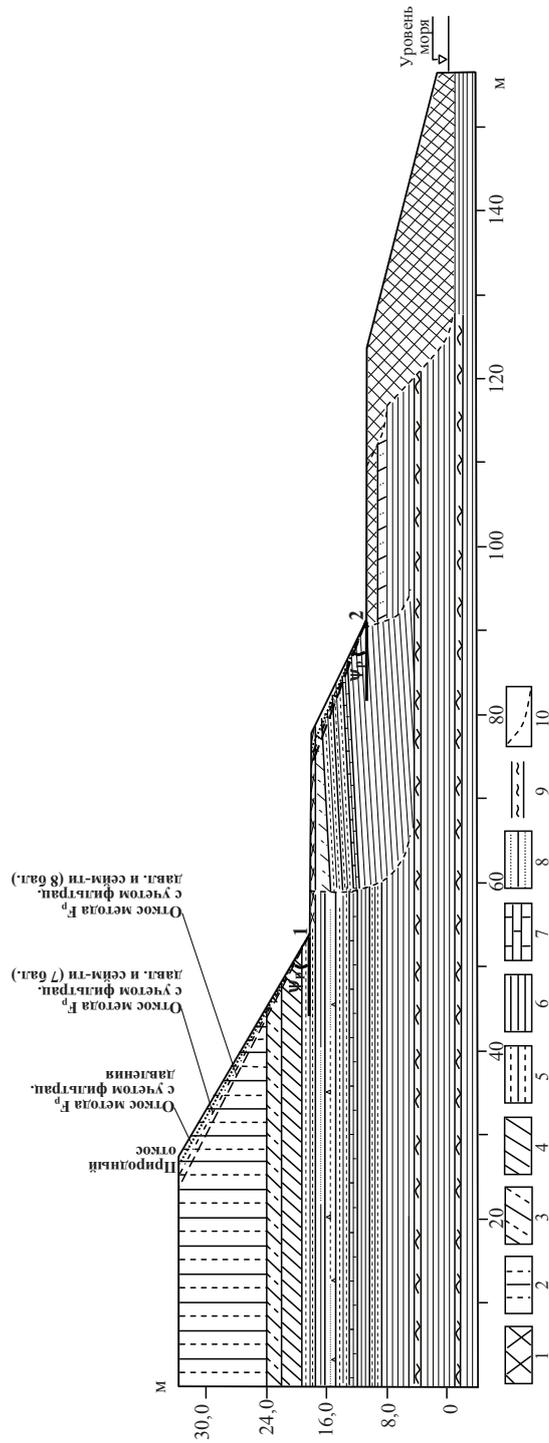


Рис. 1. Схематизированный инженерно-геологический разрез: 1 – насыпной слой – суглинок лесовый полутвердый; 2 – суглинок лесовый твердый; 3 – суглинок красно-бурый, твердый; 4 – глина красно-бурая; 5 – суглинок буровато-серый, твердый; 6 – глина зеленовато-серая, твердая; 7 – известняк-ракушечник; 8 – супесь голубовато-серая, пластичная; 9 – лигнитизированный прослой; 10 – предполагаемые границы между оползневыми блоками и нижняя граница оползневых деформаций

В подводной части склона дно сложено неотическими суглинками и глинами, прикрытыми маломощными оползевыми и современными морскими накоплениями.

Гидрогеологической особенностью участка является наличие водоносных горизонтов в четвертичных, куяльницких, понтических и неотических отложениях, а также в оползневых накоплениях.

Большинство вышеперечисленных водоносных горизонтов разгружаются на склоне – в оползневые накопления, по трещинам между оползевыми блоками, образуя смешанный водоносный горизонт, что приводит к образованию в грунтах ослабленных зон и поверхностей и, как следствие, к активизации оползневой процесса.

На склоне подземные воды встречены в оползших четвертичных лессовидных суглинках. На спланированной территории эти отложения частично срезаны, а в пределах базы отдыха (б/о) «Марина» их мощность достигает 6-9 м. Уровень грунтовых вод находится здесь на глубине от 1,0 до 5,0 м, на абсолютной отметке 16-20 м. Горизонт безнапорный, питается за счет инфильтрации атмосферных осадков и разгружающихся на склоне подземных вод горизонтов, развитых на плато. На других участках склона этот водоносный горизонт встречен в верхней части склона – на глубинах 2-3 м, абсолютная отметка 18-22 м. Мощность водонасыщенных отложений 1-5 м. Второй от поверхности водоносный горизонт на оползневом склоне встречен на глубинах 9-11 м на участке 3-го поперечника в оползших куяльницких отложениях. Абсолютная отметка уровня 11-14 м. В неотических отложениях водоносный горизонт встречен в прослое супеси на абсолютных отметках 3,5-4,5 м; 4,6-6,7 м. Также в лигнитизированных суглинках развит водоносный горизонт на абсолютной отметке – 1,3-0,6 м, он имеет гидравлическую связь с морем. Встречен также водоносный горизонт в супеси на абсолютной отметке -5,0 – 4,3 м, горизонт напорный, величина напора 2-3 м.

Для построения профиля устойчивого откоса мы использовали метод Маслова (или метод  $F_p$ , [1; 2]), который имеет целью спроектировать склон (определение заложения) при заданном коэффициенте запаса. Эта операция не требует подбора наиболее невыгодных поверхностей скольжения. Кроме этого, метод позволяет решить задачу без осложнений, как при однородном строении толщи, так и при слоистом.

## МЕТОД И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе метода  $F_p$  [1; 2] нами было составлено уравнение, учитывающее комплексное влияние гидродинамического давления и сейсмичности на состояние склона

$$\operatorname{tg} \varphi_p = b [\operatorname{tg}(j - \arctg e)] + \frac{C}{P}; \beta = \frac{\gamma_a}{\gamma_w} \quad (1)$$

где  $\varphi_p$  – угол сопротивления сдвигу,  $\gamma_a$  – объемный вес грунта в воде,  $\gamma_w$  – объемный вес породы при влажности  $w$ ,  $j$  – угол внутреннего трения,  $C$  – сцепление,  $e$  – коэффициент сейсмического сотрясения. Следует отметить, что значения  $e$ , представляющего собой отношение расчетной величины сейсмического ускорения и ускорения свободного падения, при соответствующих баллах различаются для обводненных и необводненных пород [1; 11].

Из уравнения (1) очевидно, что гидродинамическое давление учитывается в коэффициенте  $b$ , а сейсмичность – в коэффициенте  $e$ . Когда склон находится под воздействием фильтрационного потока, коэффициент  $b$  вычисляется с учетом высот блоков [2].

Учитывая особенности лессовых пород и оползневых накоплений, расчеты влияния фильтрационного давления и сейсмичности производились для верхней части склона, сложенной коренными лессовыми породами, и средней части, состоящей из оползневых накоплений.

Расчет влияния фильтрационного давления производился с учетом подъема уровня подземных вод в четвертичных отложениях (в лессовидных суглинках) до абсолютной отметки 28 м. Результаты расчетов приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что, например, для того, чтобы склон был устойчив при воздействии фильтрационного давления и сейсмичности (7 баллов), его нужно уположить на 5 градусов (точка № 2, рис. 1); а при влиянии фильтрационного давления и сейсмичности (8 баллов) – на 7 градусов.

Таблица 1

**Установление  $\alpha$** 

с учетом фильтрационного давления

№ точки	$\alpha$ , град.	$\alpha_{р}$ , град.
1	30	29
2	27	23
с учетом фильтрационного давления и сейсмичности (7 баллов)		
1	30	28
2	27	22
с учетом фильтрационного давления и сейсмичности (8 баллов)		
1	30	27
2	27	20

Примечание:  $\alpha$  – угол склона

**ВЫВОДЫ**

Расчеты показывают, что при воздействии фильтрационного давления и сейсмичности равновесное положение склона может быть обеспечено, если он будет несколько выпокожен, особенно в его нижней части (точка № 2). Здесь положительным является то, что крутизна склона в верхней его части всегда отвечает его прочности.

Результаты исследования могут быть применены при расчетах и прогнозировании устойчивости оползневых склонов в сейсмически активных районах и в районах, где уровень грунтовых вод сильно колеблется.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Маслов Н.Н.* Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними) / Н. Н. Маслов. – М.: Стройиздат, 1977. – 320 с.
2. *Маслов Н. Н.* Условия устойчивости склонов и откосов в гидроэнергетическом строительстве / Н.Н. Маслов. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. – 467 с.
3. *Инженерная защита* территорий и объектов от опасных геологических процессов / [Золотарев Г.С., Оснюк В.А., Роот П.Э. и др.]. – М.: АО «Геоинформмарк», 1994. – 69 с.
4. *Федоров И. В.* Учет фильтрационного воздействия при расчете устойчивости земляных откосов / И.В. Федоров // Устойчивость фильтрующих откосов: материалы Всесоюзного совещания. – Минск: БПИ, 1969. – С. 207-223.
5. *Шахунянц Г. М.* К вопросу выбора рациональных методов расчета склонов / Г.М. Шахунянц // Оползни и борьба с ними: Тр. Сев.-Кавказ. семинара. – Ставрополь: Ставропольское книжное изд-во, 1964. – С. 34-46.
6. *Емельянова Е. П.* Основные закономерности оползневых процессов / Е.П. Емельянова. – М.: Недра, 1972. – 308 с.
7. *Оползни северо-западного побережья* Черного моря / [Зелинский И.П., Корженевский Б.А., Черкез Е.А. и др.]. – К.: Наукова думка, 1993. – 238 с.
8. *Черкез Е. А.* Оползни северо-западного побережья Черного моря (моделирование, прогноз устойчивости склонов и оценка эффективности противооползневых мероприятий): автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. геол.-мин. наук / Евгений Анатольевич Черкез. – Одесса, 1994. – 36 с.
9. *Terzaghi K.* Stability of steep slopes on hard unweathered rock / K. Terzaghi // Geotechnique. – 1962. – Vol. 12. – P. 251-270.
10. *Morgenstern N. R.* The analysis of the stability of general slip surfaces / N.R. Morgenstern, V.E. Price // Geotechnique. – 1965. – Vol. 15 (1). – P. 79-93.
11. *Рекомендации по количественной оценке и прогнозу устойчивости оползневых склонов* / ПНИИИС. – М.: Стройиздат, 1984. – 80 с.

Статья поступила в редакцию 21.06.2013

**Д. В. Мелконян**

кафедра інженерної геології і гідрогеології  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

**О.В. Рудой**

ДП ПІ “ОдесаКомунПроект”  
вул. В. Терешкової, 15, Одеса, 65078, Україна

**ПРОГНОЗ СТІЙКОСТІ ЗСУВНОГО СХИЛУ В РАЙОНІ С. ЛІСКИ  
(ОДЕСЬКА ОБЛАСТЬ)****Резюме**

У роботі зроблена спроба спроектувати профіль стійкого укосу (граничного при коефіцієнті стійкості 1,0) з урахуванням впливу таких чинників як гідродинамічний тиск і сейсмічність. Використано метод М.М. Маслова – метод рівномірного укосу (метод Fr), на базі якого нами одержано рівняння, що дозволяє оцінити комплексний вплив фільтраційних та сейсмічних сил на стан схилу.

Побудовано профіль стійкого схилу і встановлено ступінь його стійкості.

**Ключові слова:** зсувний схил, стійкий профіль, гідродинамічний тиск, сейсмічність.

**D.V. Melkonyan**

I. I. Mechnikov Odessa National University  
Department of engineering geology and hydrogeology  
Dvorianskaya, 2, Odessa, 65082, Ukraine

**O.V. Rudoy**

DP PI “Odesakomunproekt”,  
Tereshkova str., 15, Odessa, 65078, Ukraine

**STABILITY FORECAST OF LANDSLIDE – A CASE STUDY IN LESKY VILLAGE (ODESSA REGION)**

**Summary**

In this study we attempt to construct the profile of the stable slope, taking into account the effect of hydrodynamic pressure and seismic activity. On the basis of Maslov’s method we have developed an equation allows assessing the combined effect of filtration and seismic forces on the slope stability.

The profile of the stable slope has been created and the degree of slope stability has been established as well.

**Key words:** landslide, stable profile, hydrodynamic pressure, seismicity.