

УДК 624.07

В. И. Таранец, канд. геол.-мин. наук, В. Ф. Оглоблин, канд. геол.-мин. наук

*ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина*

## Защита территорий от геологических и техногенных процессов

Приведен подход к комплексной оценке инженерно-геологических условий площадки, определяющий выбор защитных сооружений. Приводится детальная классификационная характеристика происходящих физико-геологических процессов. Выявлены причины, обусловившие их развитие. Предложены меры по защите сооружений в сфере влияния указанного оползня, произведено расчетное их обоснование.

Ключевые слова: защита, оползень.

**Постановка проблемы.** Строительство зданий и сооружений при хозяйственном освоении территории, защита территорий от проявления опасных физико-геологических и техногенных процессов, оценка степени воздействия строительства на окружающую среду требуют применения комплексных методов исследований. В последнее время в связи с сохранением благоприятных участков строительства активно застраиваются ответственными зданиями и сооружениями пойменные и затопленные территории, засыпанные овраги, склоновые участки и подрабатываемые территории. Активизация и аномальное развитие геологических процессов формируют чрезвычайные ситуации для объектов экономики и жизнедеятельности людей.

В тектоническом отношении территория Украины и Южного берега Крыма, в частности, представляют довольно сложный участок литосферы, характеризующийся зонально-блоковым строением, где сочленяются тектонические структуры различного возраста, типа и генезиса. Современная активизация зонально-блоковых структур приводит к активизации подтопления, карстовых и оползневых процессов.

Нарушение естественно-исторических условий оползнеопасных склонов при антропогенном воздействии весьма разнообразны по своему характеру: пригрузка головной части оползня, подрезка склонов, приуроченность водонесущих коммуникаций, выклинивание подземных вод в подошве склона и т.д. Причины, вызывающие непосредственно оползни, могут быть прямые и косвенные, природные и техногенные.

Данные мониторинга экзогенных геологических процессов на побережье Черного и Азовского морей свидетельствуют об активизации оползней в прибрежной зоне Крымского полуострова. Наибольшая активизация оползневых процессов наблюдается в Закарпатской, Черновецкой, Ивано-Франковской, Харьковской, Днепропетровской и Донецкой областях. Выбор защитных мероприятий для строительства или реконструкции конкретных сооружений на рассматриваемой территории требует комплексного подхода, включающего оценку инженерно-геологических условий, выбора наиболее эффективных мер защиты, расчетного обоснования и технико-экономического сравнения предлагаемых проектных решений.

Целью проведенных исследований являлась оценка инженерно-геологических и геодинамических условий участка и прилегающих территорий для технико-экономического обоснования инженерной защиты территории от воздействия неблагоприятных процессов.

Для разработки защитных мероприятий требовалось прежде всего определить масштабы и интенсивность физико-геологических процессов, причины, вызвавшие эти процессы и предполагаемые меры защиты.

**Основное содержание.** Исследованиям подлежала территория трассы напорного водопровода, находящегося на правобережной части р. Плотва в городе Соledаре в Донецкой области. Напорный трубопровод использовался в системе водоснабжения ООО «КнауфГипсДонбасс». Оползень, произошедший в феврале 2012г. охватил трассу существующего водопровода на участке шириной 25-30 м и сопровождался обрушением достаточно большого объема грунта и разрушением водопроводной и канализационной систем. Рекогносцировочным

© В. И. Таранец, В. Ф. Оглоблин, 2013

обследованием территории было установлено, что по морфологическим признакам оползень приурочен к верховой части растущего оврага. В административном отношении исследованная территория относится к северо-восточной окраине г. Соледара. Авария на трассе водовода и канализации не только привела к перебоям водоснабжения крупного предприятия, но и создала угрозу автодороге по ул. 60 лет Октября (рис. 1).

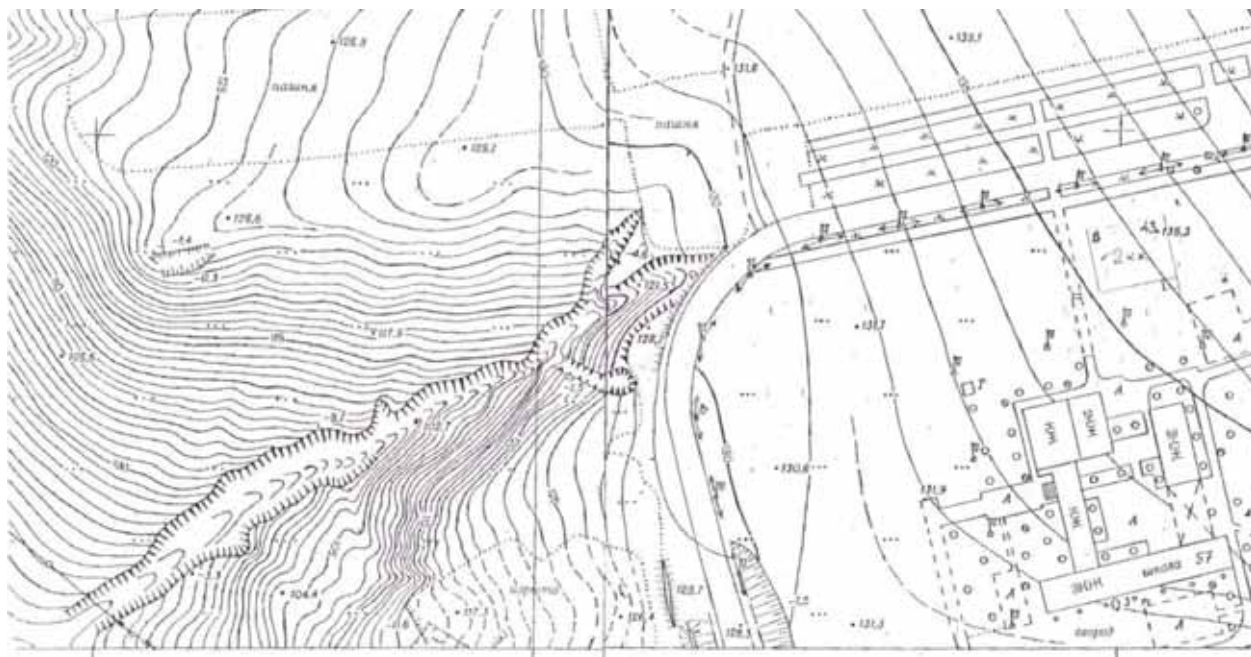


Рис.1. Общий вид оползневого участка в г. Соледаре

Следует отметить, что рассматриваемый склон по классификационным признакам и крутизне склонов относится к косогорам. Генетический тип склона – эрозионный. Тип смещения земляных масс (по Е.П. Емельяновой) – собственно гравитационный. По виду смещения (по В.Д. Лантадзе) оползень относится к оползню-побоку. Таким образом, рассматриваемый оползень, приуроченный к верховой части растущего оврага непосредственно связан с эрозионной деятельностью поверхностных и подземных вод и по стадии своего развития (по С.С. Соболеву) относится ко второй стадии, то есть активной стадии.

Как показало исследование участка в следствии прогрессирующего размыва грунта в вершине оврага растет вверх по течению побока, что свойственно так называемой регрессивной эрозии. С течением времени при углублении его русла высота его бортов возрастает, а это неизбежно приводит к развитию оврага поверху. Росту оврага способствует развитие в покровной толще слабо связанных и мягкоразмываемых пород, представленных насыпными грунтами, делювиальными суглинками четвертичного возраста, выклинивание подземных вод [1]

Причины активизации эрозионной деятельности разделяются на общие, способствующие развитию процессов оврагообразования, и, главное, непосредственно обуславливающие обрушение склона. К общим причинам можно отнести приуроченность оползня – потока к вершинной части растущего оврага, наличие слабосвязанных и легко размываемых отложений, большая крутизна склона и слабое развитие древесно-растительного покрова. Следует отметить, что к числу причин следует отнести и нарушения естественно-исторических условий при антропогенном (техногенном) воздействии. Здесь имеется ввиду расположение трассы дороги и водонесущих коммуникаций в непосредственной близости от оврага (рис. 2)

Главной же причиной произошедшего оползня явилось резкое увеличение общей массы грунта в следствии водонасыщения при аварийной утечке воды из водопроводной системы, что привело к изменению гидростатического взвешивания и гидродинамического давления в массиве. Увлажнение массива грунтов сопровождалось уменьшением сопротивления пород сдвигу, увеличению вращающего момента в уравнении сил и снижению устойчивости массива в целом.

Механизм проявления оползня протекал, по всей вероятности, следующим образом. За время длительной эксплуатации керамической канализационной трубы, заложенной на глубину около 4 метров и проходящей в одном створе с водопроводной трубой, вследствие даже незначительных повреждений и разгерметизации происходило медленное увлажнение ее основания. Этому увлажнению способствовала инфильтрация воды, накапливающейся выше дороги и не имеющей водовыпусков под автомобильной дорогой. Повреждение напорной пластмассовой водопроводной трубы, имевшей поворот оси под углом  $45^\circ$  на этом участке, привело к резкому увеличению влажности массива и полной потери устойчивости. Смещение всего массива потерявшего устойчивость могло произойти от незначительной динамической нагрузки (от движущегося транспорта по автодороге).



Рис.2. Оползень, который привел к разрыву напорного водовода и трассы канализации

В существующей ситуации и на основании дополнительных инженерно-геологических изысканий были рассмотрены несколько вариантов защитных сооружений, включающих и перенос трассы от опасного участка. Однако этот вариант оказался менее экономичным и более трудоемким, т.к. требовал устройства проколов под существующей дорогой (рис. 3).

Окончательно для разработки проекта ремонта аварийного участка водовода принята перетрассировка со смещением оси трассы на север на расстояние 5-7 м, что позволило избежать резких углов поворота оси. Наиболее опасный участок было решено укрепить с помощью четырех буронабивных свай диаметром 630 мм и длиной 9 м. Закрепление массива было произведено по типу возведения «стены в грунте», но с разреженным рядом свай в стенке (рис. 4).

Водопроводные трубы прокладываются в металлическом футляре диаметром 426 мм, что обеспечивает их целостность от механического повреждения. Кожух опирается на подготовку из бетона В 7,5, толщиной 150 мм.

Буронабивные сваи, использованные в рассматриваемом проекте, выполняют двойную роль. С одной стороны они позволяют повысить устойчивость массива, а с другой стороны они обеспечивают фиксированное положение оси.

абс. отметка устья, м - 132,05

дата бурения - 23.04.12

Глубина скважины м-б 1:10	Геологический индекс	Подшва слоя		Мощность слоя	Инженерно-геологический разрез, ① – № ИГЭ	Литологическое описание грунтов
		Глубина, м	абс. отметка устья, м			
1	uV	4,6	127,45	4,60	①	Насыпной грунт: суглинок, супесь строительный мусор песчаный шлак неслежавшийся, маловлажный
2						
3						
4						
5						
6	vd II-III	7,5	126,95	2,9	②	Суглинок красно-бурый твёрдый с включениями карбонатов и гипса просадочный
7						
8						
9	N	12,0	126,95	4,5	③	Суглинок жёлто-бурый твёрдый и с включениями гипса с прослойками песка
10						
11						
12						

Рис.3. Инженерно-геологическая колонка скважины №1



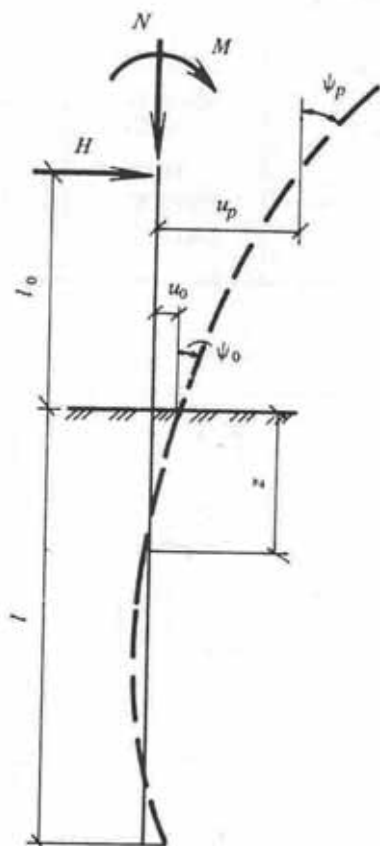


Рис. 5. Схема нагрузок на сваю

где  $K$  – коэффициент пропорциональности, принимаемый в зависимости от вида грунта, окружающего сваю по таблице 1, согласно СНиП 2.02.03-85 [2];  $z$  – глубина расположения сечения сваи в грунте, м для которой определяется коэффициент постели по отношению к подошве ростверка;  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы.

Тогда из выражения (1) находим:

$$c_z = \frac{7000 \cdot 4.0}{3} = 9333$$

При расчете свай в сечении, расположенном на расстоянии  $l$  от подошвы ростверка величину  $l_i$  находим из выражения:

$$l_i = l_0 + \frac{2}{a_\varepsilon} \quad (2)$$

где  $l_0$  – длина участка сваи, м, равная расстоянию от подошвы ростверка до поверхности грунта;  $a_\varepsilon$  – коэффициент деформации, 1/м, определяемый по формуле:

$$a_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{K b_p}{\gamma_c E I}} \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности, принимаемый по таблице 1, согласно СНиП 2.02.03-85 [2],  $K = 7000$  кН/м<sup>4</sup>;  $E$  – модуль упругости материала сваи, кПа;  $I$  – момент инерции поперечного сечения сваи, м<sup>4</sup>;  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый  $\gamma_c = 3$ ;  $b_p$  – условная ширина сваи, принимаемая  $b_p = 1,5 d +$

0,5 м = 1,4 м;

Приняв  $E = 20 \cdot 10^6$  кПа и  $I = 0,0063$  м<sup>4</sup> из выражения (3) находим

$$a_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{7000 \cdot 1 \cdot 4}{3 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 0,0063}} = \sqrt[5]{0,026} = 0,48 \text{ 1/м}$$

Из выражения (2) следует:

$$l_i = \frac{2}{0,48} = 4,2 \text{ м при } l_0 = 0 \text{ м}$$

Расчет свай по деформациям, включающий проверку соблюдения условий допустимости расчетных значений горизонтального перемещения головы свай  $U_p$  и угла ее поворота  $\psi_p$ :

$$U_p \leq U_{и};$$

$$\psi_p \leq \psi_{и};$$

где  $U_p$ ,  $\psi_p$  – расчетные значения соответственно горизонтального перемещения головы сваи, м, и угла ее поворота, рад.

Расчетное значение горизонтального перемещения сваи  $U_p$ , м, и угла поворота  $\psi_p$  находим из выражений (для одностадийного расчета при условии возможного развития только первой стадии напряженно-деформированного состояния):

$$U_p = H_0 \cdot \varepsilon_{нн} + M_0 \varepsilon_{нм};$$

$$\psi_p = H_0 \cdot \varepsilon_{мн} + M_0 \varepsilon_{мм}.$$

где  $H_0$ ,  $M_0$  – расчетные значения поперечной силы, кН, изгибающего момента, принимаемые равными  $H_0 = H$  и  $M_0 = M + H l_0$ ;  $\varepsilon_{нн}$  – горизонтальное перемещение сечения, м / кН от действия силы  $H = 1$ ;  $\varepsilon_{нм}$  – горизонтальное перемещение сечения, м / кН от действия силы  $H = 1$ ,

приложенной в уровне поверхности грунта;  $\varepsilon_{MH}$  – угол поворота сечения, 1/кН, от силы  $H = 1$ ;  $\varepsilon_{MM}$  – угол поворота сечения, 1/(кН·м) от момента  $M = 1$ .

Перемещения  $\varepsilon_{HH}$ ,  $\varepsilon_{MH}$ ,  $\varepsilon_{MM}$  вычисляются по формуле:

$$\varepsilon_{HH} = \frac{1}{a_e^3 \cdot E \cdot I} A_0; \quad (8)$$

$$\varepsilon^{MH} = \varepsilon_{MH} = \frac{1}{a_e^2 \cdot E \cdot I} B_0; \quad (9)$$

$$\varepsilon_{MM} = \frac{1}{a_e \cdot E \cdot I} C_0; \quad (10)$$

где  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $C_0$  – безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице 5 в зависимости от приведенной глубины погружения свай в грунт.

Приняв  $\bar{l} = la_e = 9 \cdot 0,48 = 4,3$  м находим  $A_0 = 2,44$ ;  $B_0 = 1,62$ ;  $C_0 = 1,75$

Тогда из выражений (8-10)  $\varepsilon_{HH} = 0,0002$ ;  $\varepsilon_{MH} = 0,00006$ ;  $\varepsilon_{MM} = 0,00003$ .

Из выражения (6) горизонтальное перемещение сваи в уровне подошвы ростверка составит при  $H = 396$  кН и  $M = 129$  кНм

$$U_0 = 396 \cdot 0,00002 + 129 \cdot 0,00006 = 0,0155 \text{ м};$$

$$\psi_0 = 396 \cdot 0,00006 + 129 \cdot 0,00003 = 0,0116 \text{ рад}.$$

Как видим условия (4:5) выполняются. Следовательно, принятые проектные решения обоснованы расчетом.

**Выводы.** Приведенный комплекс исследований на участке позволил установить и классифицировать протекающие физико-геологические процессы, установить причины и механизм развития рассматриваемых процессов, наметить и реализовать необходимые меры по обеспечению инженерной защиты сооружений.

### Библиографический список

1. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на участке аварийного водопровода ООО «КнауфГипсДонбасс», ДПП «Донбасстройизыскания», 2012.
2. Свайные фундаменты: СНиП 2.02.03-85. – М., 1986.
3. Основания зданий и сооружений: СНиП 2.01.01-83. – М., 1985.

Надійшла до редакції 17.06.2013

В. І. Таранець, канд. геол.-мін. наук, В. Ф. Оглоблин, канд. геол.-мін. наук  
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна

### Захист територій від геологічних і техногенних процесів

Наведені підходи до комплексної оцінки інженерно-геологічних умов майданчика, які визначають вибір захисних споруд. Подається детальна класифікаційна характеристика фізико-геологічних процесів, що відбуваються. Виявлені причини, які зумовлюють їх розвиток. Запропоновані заходи щодо захисту споруд в сфері впливу вказаного зсуву та приведені розрахункові їх обґрунтування захисту від негативних наслідків.

Ключові слова: захист, зсув.

V. I. Taranets, V. F. Ogloblin

Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine

### Protection of areas from geological and industrial processes

The paper provides approaches to comprehensive estimation of engineering and geological conditions of an area, which determine the choice of protective buildings. A detailed classification description of physical and geological processes is provided, their causes are revealed. We offer measures for protecting the buildings in the area affected by the landslide.

Keywords: protection, landslide.