

В. Е. Иванов

## ОСОБЕННОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОПОЛЗНЕЙ В РАЙОНЕ БАЛАКЛАВЫ (ЮГО-ЗАПАДНЫЙ КРЫМ)

(Рекомендовано акад. НАН Украины Е. Ф. Шнюковым)

Практично всі сучасні зсувні ділянки в околицях Балаклави приурочені до грабенів. Найбільший у Криму зсув утворився в результаті техногенного впливу.

Essentially all the landslide currents are associated with graben. The biggest shear slide in the Crimea is formed as a result of technogene influence.

### Введение

Актуальность изучения развития опасных геологических процессов на территориях, подвергшихся интенсивному антропогенному воздействию, не вызывает сомнений. Несмотря на совершенство и доскональность природоохранного и горного законодательства Украины, часто такие исследования не имеют предупреждающего характера и проводятся, когда негативное воздействие на геологическую среду уже проявлено в полную силу. Поэтому с целью недопущения дальнейших ошибок при проведении хозяйственной деятельности, в частности при разработке месторождений полезных ископаемых, необходимо учитывать предшествующий опыт. Пристального внимания при этом требуют территории, где уже проявлялись природные опасные геологические процессы, которые в результате сверхнормативного антропогенного воздействия могут приобрести катастрофический характер.

Существенный вклад в осознание значимости воздействия антропогенных процессов на геологическую среду был внесен И. Н. Малаховым [6]. Особенно мощному техногенному воздействию подвержены участки земной коры, нарушенные проходкой горных выработок и размещением вскрышных пород. Для оценки угроз возникновения и развития геодинамических процессов на отвалах требуется комплексный учет факторов техногенного и природного происхождения [4].

На Черноморском побережье Украины широко проявлены оползни, ежегодно нано-

сящие значительный материальный ущерб, угрожающие существующим зданиям и сооружениям, опасные для жизни. Факторы оползневых процессов достаточно хорошо изучены [1, 2, 5, 8, 9]. В пределах Южного берега Крыма основными из них считались воздействие подземных вод и абразионная деятельность моря. Многообразие причин, вызывающих активизацию оползней, привело к поиску "главной" причины, при этом повод часто выдавался за причину [5].

Установлено, что интенсивность оползневых процессов прогрессивно возрастает вместе с освоением склонов и развитием на них строительства. При этом в основном техногенное воздействие на геологическую среду Южного берега Крыма в целом незначительно. Оно несопоставимо с интенсивным воздействием на недра в традиционно горнодобывающих районах, где решающее значение имеет техногенный фактор, все остальные – второстепенны. Однако классические техногенные оползни, развитые западнее Балаклавы, изучались эпизодически и не привлекали пристального внимания исследователей. Следует обратить внимание, что хотя эти оползни находятся вне интенсивно застраиваемых территорий, их развитие может вызвать негативные последствия – изменение ландшафта, утрату ценных в рекреационном отношении территорий и даже гибель людей.

### Материалы и методика

В течение 1949–2010 гг. Севастопольским институтом геоинженерно-технических изысканий проводились систематические инженерно-геологические исследования

Севастопольского региона. В связи с сокращением территорий войсковых частей и других закрытых объектов в районе Балаклавы в последнее десятилетие здесь активизировались инженерно-геологические изыскания, что позволило получить ранее недоступный, принципиально новый материал. Его анализ позволил по-новому взглянуть на особенности геологического строения Балаклавы и ее окрестностей. Учитывая широкое развитие опасных экзогенных геологических процессов в районе Балаклавы, важное внимание уделялось исследованию оползневых и оползнеопасных участков.

Методика исследований традиционна для инженерно-геологических изысканий. Основными источниками материала являлись бурение скважин и трещинно-морфологическая съемка. Как правило, на оползневых участках анализировались:

1. Геологическое строение оползневого участка, положение кровли коренных пород.

2. Гидрогеологические условия участка – глубина залегания грунтовых вод, направление течения, места разгрузки, динамика движения грунтовых вод.

3. Результаты трещинно-морфологической съемки оползневых и оползнеопасных участков.

4. Физико-механические свойства с нормативными и расчетными значениями прочностных и деформационных характеристик для грунтов оползневой массы, подстилающей толщи и грунтов зоны сдвига. Прочностные характеристики грунтов определялись методом консолидированного сдвига в естественном состоянии, "плашка по плашке", "плашка по плашке со смоченной поверхностью".

Для оценки устойчивости склона применялся метод Шахунянца [8], в соответствии с которым расчет производится по "формуле алгебраического сложения сил". В пределах оползневых и оползнеопасных участков для расчета выбирались первые предельные значения прочностных характеристик, полученные по методике консолидированного сдвига "плашка по плашке со смоченной поверхностью", моделирующие смещение грунтов в медленно сползающем массиве с различной скоростью и степенью обводнения по ослабленным зонам в виде природных поверхностей скольжения.

В случае необходимости и при невозможности получения материала прямыми методами выполнялись геофизические исследования.

## **Обсуждение результатов**

В течение второй половины XX в. естественные ландшафты территории, расположенной западнее Балаклавской бухты и восточнее Каранских высот, претерпели существенные техногенные изменения. Разработка флюсовых известняков открытым способом, размещение отвалов вскрышных и некондиционных пород преобразили рельеф территории и привели к значимым изменениям геологической среды, сопоставимых с ситуацией в других регионах, где развита горнодобывающая промышленность. Это не замедлило сказаться на масштабах и динамике опасных геологических процессов, прежде всего оползней.

Территория, расположенная западнее Балаклавской бухты и восточнее Каранских высот, характеризуется наличием естественных структурно-тектонических, литологических, гидрогеологических и геоморфологических особенностей, способствующих развитию оползневых процессов.

Структурно-тектонические особенности, определившие оползнеопасность исследованной территории, следующие. Во время новокиммерийской фазы кимеридж-титонские известняковые массивы были разбиты разломами и испытали дифференцированные тектонические движения. Очевидно, с этими событиями связано формирование обособленных известняковых массивов – макроблоков Западно-Балаклавского, Восточно-Балаклавского, Чембало, Мытилино, Каранского, Кадыковского. В результате этих процессов между блоками были сформированы глубокие тектонические депрессии, по крупнейшим из которых заложены Байдарская и Варнаутская долины, Балаклавская бухта, балки Васильева и Безымянная. В валанжине грабены заполнялись морскими глинистыми отложениями.

Следующий этап тектонической активизации соответствовал австрийской фазе орогенеза. Во время австрийской фазы складчатости в результате интенсивных орогенических движений основные струк-

турные элементы мегантиклинория Горного Крыма, в том числе и его юго-западного окончания, приобрели основные особенности современной структуры [6].

Если для новокиммерийской фазы складчатости были характерны дифференцированные вертикальные тектонические движения, то с австрийской фазой складчатости в районе исследований связаны горизонтальные подвиги, приведшие к образованию сдвигов, надвигов и взбросов. Преимущественное направление сдвигов – субширотное. Крупнейшие структуры – это Карань-Кадыковский и Южно-Балаклавский сдвиги [3].

Заполнение грабенов в раздробленных массивах юрских известняков, их заполнение песчано-глинистыми осадками, последующие горизонтальные смещения сформировали базис и определили контуры развития древних и современных оползневых процессов.

В результате выветривания песчано-глинистых отложений и склоновых процессов была сформирована толща четвертичных элювиальных, делювиальных и оползневых образований. Обобщенный разрез четвертичных отложений по нашим данным выглядит примерно так:

– Глины коричневые и черные разуплотненные. Представлены глинами дресвяно-щебенистыми, коричневыми, темно- и светло-коричневыми, иногда черными и темно-серыми, тугопластичными и полутвердыми, комковатыми, иловатыми, разуплотненными, гумусированными, с дресвой и щебнем известняка, песчаника и аргиллита.

– Глины пестроцветные. Представлены глинами серыми, коричневато-серыми, охристо-желтыми, зеленовато-серыми тугопластичными и полутвердыми, часто разуплотненными, комковатыми, с дресвой и щебнем известняка, песчаника и аргиллита, с прослоями и гнездами интенсивного ожелезнения и карбонатизации, с корнями деревьев.

Элювий песчаников и аргиллитов ( $e_{Q_{3-4}} - K_1$ ) залегает в верхней части разреза нижнемеловых песчаников и аргиллитов и представлен в различной степени выветрелыми, вторично измененными песчаниками и аргиллитами. Для элювиальных отложений характерны ожелезнение, омарганцевание и карбонатизация.

Образования современных активных оползней ( $dpQ_4$ ) исследованной территории представлены вовлеченными в оползневые смещения элювиальными, делювиальными ( $dQ_4$ ) и современными техногенными ( $tQ_4$ ) отложениями.

В черных и коричневых глинах, залегающих в основании четвертичных отложений в связи с их рыхлым сложением, как правило, формируются оплывины неглубокого заложения, не имеющие явно выраженных плоскостей скольжения. Последние явно выражены на литологических границах пестроцветная глина – выветрелый аргиллит, выветрелый аргиллит – аргиллит. Именно здесь происходят смещения грунтов в медленно сползающем массиве с различной скоростью и степенью обводнения по ослабленным зонам в виде природных поверхностей скольжения, иногда перерастающие в быстрые катастрофические подвиги. Мощность вовлеченных в оползание четвертичных и современных техногенных образований может превышать 20 м.

Для вовлеченных в процессы оползания отложений были определены физико-механические показатели. Лабораторные испытания, проведенные методом консолидированного сдвига "плашка по плашке со смоченной поверхностью", показали очень низкие расчетные значения прочностных характеристик коричневых и пестроцветных глин: по первому предельному состоянию при  $\alpha = 0,95$  сцепление  $C = 6$  КПа, угол внутреннего трения  $\varphi = 3^\circ$ . Для выветрелых аргиллитов также характерны низкие значения  $C$  и  $\varphi - 0$  КПа и  $2^\circ$ , соответственно. Поэтому не удивительно, что оползнями поражены даже относительно пологие склоны.

Природные гидрогеологические особенности Западно-Балаклавского района, способствующие возникновению и развитию оползневых смещений грунтовых масс, определяются наличием естественного регионального водоупора – валанжинских аргиллитов. Подземные воды обнаружены в готеривских песчаниках, альбских конгломератах, в элювиальных, делювиальных и оползневых отложениях. Современные эрозионные процессы, сформировавшие разветвленную овражно-балочную сеть, создали условия для локального водонасыщения и переувлажнения четвертичных отложений

в период обильного выпадения атмосферных осадков.

Отрицательное воздействие на химический состав и динамику подземных вод нижнемелового водоносного горизонта оказывает деятельность Балаклавского рудоуправления. Закачка морских вод в технологический водоем, расположенный у Псилерахского карьера, инфильтрация вод из других технологических накопителей приводят к ее поступлению в нижележащие породы, изменению их естественного баланса, что провоцирует оползневые процессы, а именно – смещение блоков горных пород по кровле аргиллитов, которая является идеальной плоскостью скольжения.

Следует отметить, что величина напоров и дебит грунтовых вод существенно изменяются во времени и зависят как от сезонных, так и от годовых циклов. Подземные воды не образуют единого водоносного горизонта и движутся в толще оползневых и делювиальных отложений в виде отдельных струй и потоков.

Таковы основные природные факторы, благоприятствующие развитию оползневых процессов в районе Балаклавы. Однако влияние техногенных факторов существенно изменило существовавшую ранее ситуацию. Медленное смещение грунтовых масс сменилось катастрофическим, оползнеопасные участки стали оползневыми. К основным техногенным факторам относятся: размещение отвалов вскрышных пород на склонах, строительство на оползнеопасных участках и нарушение гидрогеологического режима территории в результате строительства технологических водоемов.

Хрестоматийным примером техногенного воздействия на активизацию опасных экзогенных геологических процессов является новейшая активизация оползня № 1648 (согласно кадастру оползней АР Крым), развивающегося по Васильевой балке (рис. 1, 2). Этот оползень является крупнейшим по мощности (в физическом понимании этого термина) техногенным оползнем в Крыму и, вероятно, в Украине. В течение относительно короткого времени здесь зафиксированы колоссальные по объему смещения грунтовых масс. Уточнённые параметры современного активного оползня № 1648 составляют: длина по оси смещения –

1200 м, средняя ширина – 260 м, площадь 300 000 м<sup>2</sup> (30 га). Оползень цокольно-висячий, его форма – глетчеровидная.

Головная часть оползня в виде циркуобразного понижения находится в низовом откосе грунтовой автодороги, в 50–60 м ниже водораздельной высоты с абсолютной отметкой 273,6 м. Представлена опущенной освежающейся ступенью трещины растяжения и сдвига высотой 1,0–1,5 м и замачивается сконцентрированным стоком поверхностных вод атмосферных осадков со стороны грунтовой дороги.

Продольный профиль оползня № 1648 сложный, ступенчатый. Представлен тремя оползневыми террасами, поверхность которых покрыта многочисленными открытыми до 1,0–1,5 м оползневыми трещинами разных генераций, выпорами, валами напознания и выпирания, западинами и впадинами – заболоченными в средней и нижней частях оползня. Оползень сложно структурированный, характерна мозаика взаимно смещенных блоков.

В период катастрофической активизации оползня № 1648 (ноябрь 2006 г.) в оползневое смещение были вовлечены отвалы грунта полигонов IV – VI Псилерахского карьера высотой до 30,0 м. В результате оползневых смещений насыпных грунтов в юго-восточной части оползня сформировался вал выдавливания высотой до 15,0–20,0 м, шириной более 150,0 м. Причина формирования этого вала – существенное сужение ширины оползня в его нижней части, где он зажат между двумя контрфорсами – стабильными скальными массивами верхнеюрских известняков. При этом оползневые массы, смещаясь относительно широким фронтом в верхней и средней частях оползня, сталкиваются с естественными преградами в его нижней части и сильно деформируются. Фрагменты этого вала выдавливания выдвинулись в море на расстояние до 30,0 м и разрушили лестничный спуск к пляжу (рис. 3).

Языковая часть оползня № 1648 размывается в периоды штормов силой 3 балла и более, что создает условия для дальнейшей его активности.

Геологические, литологические и гидрогеологические предпосылки для развития оползня по Васильевой балке существовали и до начала деятельности Балаклавского

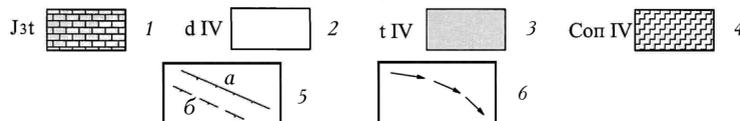
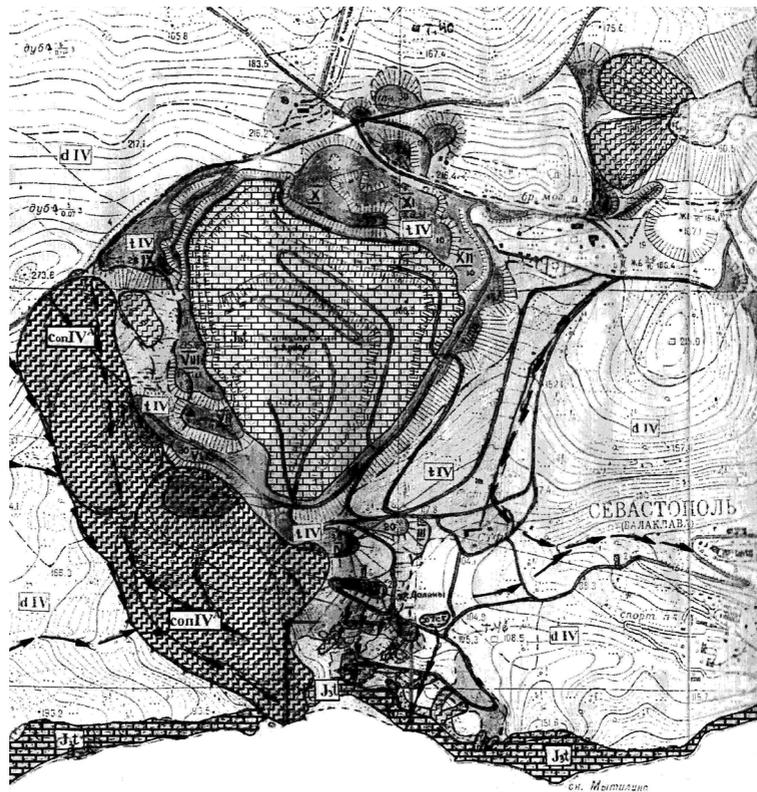


Рис. 1. Обзорная инженерно-геологическая карта современного активного оползня № 1648 и сопредельной территории

1 – верхнеюрские известняки, в тектонических депрессиях – нижнемеловые аргиллиты; 2 – современные делювиальные отложения; 3 – современные техногенные отложения; 4 – образования современных активных оползней; 5 – границы современных активных оползней и оползневых деформаций: а – установленные и прослеженные, б – установленные и прослеженные фрагментарно; 6 – пути движения поверхностных вод

рудоуправления. Эта балка заложена по грабену, ее борта сложены верхнеюрскими (кимеридж-титонскими) известняками, а днище заполнено нижнемеловыми (валанжинскими) аргиллитами. Как было отмечено выше, эти аргиллиты являются региональным водопором. В период выпадения атмосферных осадков грунтовые воды инфильтруются через толщу четвертичных отложений и концентрируются у кровли аргиллитов. Учитывая, что по тальвегу Васильевой балки угол наклона склона составляет в среднем 12–13°, этих причин было уже вполне достаточно для образования оползня скольжения по плоскостям скольжения

выветрелый аргиллит – аргиллит и глина – выветрелый аргиллит.

Решение об использовании долины балки Васильева в качестве полигона для размещения отвалов вскрышных и некондиционных пород Балаклавского рудоуправления было принято без учета возможных негативных последствий. Всего в долине балки Васильева было размещено более 10 млн т пород вскрыши, представленной обломками известняков, конгломератов и аргиллитов. Изменение естественного рельефа, создание в районе Псилерахского карьера технологических водоемов привело к нарушению путей естественного стока



Рис. 2. Техногенный оползень № 1648



Рис. 3. Языковая часть оползня № 1648 после его катастрофической активизации

и переувлажнению массы четвертичных и современных техногенных грунтов.

Результаты не замедлили сказаться. В долине балки Васильева возник колоссальный по объему вовлеченных в оползневые смещения горных пород современный техногенный оползень № 1678.

Аналогичные причины привели к активизации ряда более мелких оползней. Это оползни, развивающиеся в районе базы отдыха "Васили" в урочище Доляны (балка Безымянная), у автомобильной дороги из Псилерахского карьера на Кадыковский карьер. Для большинства из них характерны приуроченность к депрессиям в кровле известняков титонского яруса, сложное строение толщи оползневых отложений, многослойность смещения, обусловленная наличием в разрезе оползневой толщи нескольких зон ослабления, своеобразная, причудливая в плане форма, иногда комбинация различных типов смещения и, вероятно, цикличность развития. Однако главным фактором развития этих современных оползней является техногенный.

## Выводы

1. Развитие опасных геологических процессов в районе Балаклавы предопределено предшествующей геологической историей, а именно – особенностями залегания нижнемеловых аргиллитов в грабенах, заложенных в новокиммерийскую фазу орогенеза. Оживление древней разломной сети в неозтапе и эрозия сформировали основные особенности овражно-балочной сети района – залегание аргиллитов и глин в тальвегах балок. Практически все современные оползни окрестностей Балаклавы и оползнеопасные участки генетически связаны с тектоническими нарушениями – грабенами.

2. Низкие прочностные характеристики нижнемеловых аргиллитов и залегающих на них четвертичных глин благоприятствуют развитию оползневых процессов даже на относительно пологих склонах.

3. Наиболее мощный оползень в Крыму возник в Васильевой балке в результате

воздействия преимущественно техногенных причин – пригрузке оползнеопасного участка отвалами вскрышных пород.

4. Естественные факторы предопределили конфигурацию и направление оползневых подвижек, техногенные – скорость движения грунтовых масс и объем смещенных горных пород.

## Список литературы

1. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. – М.: Недра, 1972. – 310 с.
2. Емельянова Е. П. Сравнительный метод оценки устойчивости склонов и прогноза оползней. – М.: Недра, 1971. – 104 с.
3. Иванов В. Е., Ломакин И. Э., Тополюк А. С. и др. Особенности тектоники Юго-западного Крыма // Геология и полез. ископаемые Мирового океана. – 2009. – № 4. – С. 27–39.
4. Иванов В. Е., Малахов И. М., Агаджанов М. Е. та ін. Особливості розвитку гравітаційних процесів на антропогенних морфоструктурах // Там же. – 2010. – № 3. – С. 85–93.
5. Лужецкий А. Н., Ерыш И. Ф., Коджаспаров А. А., Науменко П. Н. Оползни Черноморского побережья Украины. – М.: Недра, 1977. – 103 с.
6. Малахов И. Н. Новая геологическая сила. – Кривий Ріг: Укр. дім, 2009. – 312 с.
7. Муратов М. В. Краткий очерк геологического строения Крыма. – М.: Госгеолтехиздат, 1960. – 208 с.
8. Рекомендации по комплексным мерам защиты зданий и сооружений на оползнеопасных склонах. НИИСК Госстроя СССР. – Киев: НИИСК, 1989. – 295 с.
9. Рудько Г. И., Ерыш И. Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты). – Киев, 2006. – 624 с.
10. Саваренский Ф. П. Инженерная геология. – М.-Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1937. – 422 с.

Отд-ние мор. геологии и осадоч. рудообразования НАН Украины, Киев  
Статья поступила 22.11.11  
E-mail: vladiwolf@gmail.com