

ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОПОЛЗНЕВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ТАМАНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Панина Ольга Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: panina_olga@inbox.ru

Донцова Ольга Леонидовна, кандидат географических наук, доцент, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: doncovaol@mail.ru

Кирилюк Денис Андреевич, магистр, Кубанский государственный университет, Российская Федерация, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: denis_fcke@mail.ru

Оценка оползневой опасности проведена для участка на южном берегу Таманского залива. Количественная оценка риска определена по методу Мора – Варсона. Авторами принято, что оползневая опасность находится в прямой зависимости от восприимчивости склона и величины пускового фактора. Восприимчивость склонов определяется такими факторами, как вертикальная расчлененность рельефа; мощность четвертичных отложений; преобладающий тип дочетвертичных пород; глубина залегания уровней грунтовых вод; плотность растительного покрова. Пусковыми факторами оползневой опасности являются: интенсивность атмосферных осадков, сейсмический балл территории с учетом повышения сейсмической активности и интенсивность абразии берегов (для прибрежных районов). На основе полученных данных был сделан вывод, что исследуемый участок Таманского полуострова имеет V высокий класс опасности.

Ключевые слова: оценка оползневой опасности, Таманского полуострова, метод Мора – Варсона, восприимчивость склонов, пусковой фактор оползневой активности, класс опасности.

ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT FOR LANDSLIDE PROCESSES ON THE TERRITORY OF THE TAMAN PENINSULA

Panina Olga V., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropol St., 350040, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: panina_olga@inbox.ru

Dontsova Olga L., Ph. D. in Geography, Associate Professor, Kuban State University, 149 Stavropol St., 350040, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: doncovaol@mail.ru

Kirilyuk Denis A., Master's Degree, Kuban State University, 149 Stavropol St., 350040, Krasnodar, Russian Federation, e-mail: denis_fcke@mail.ru

Landslide hazard assessment conducted for the site on the southern shore of the Taman Bay. Quantitative risk assessment is determined by the Mora- Vahrson method. The calculations assume that the landslide hazard is directly proportional to the susceptibility of the slope and the magnitude of the trigger factor. The susceptibility of slopes at the regional level is determined by such factors as: the vertical dissection of the terrain; the power of Quaternary deposits; the prevailing type of pre-Quaternary rocks; the depth of groundwater levels; the density of forest cover. The starting factor of landslide activity is: the intensity of atmospheric precipitation, the seismic score of the territory, taking into account the increment of seismic activity, the intensity of coastal abrasion (for coastal areas). On the basis of the obtained data, it was concluded that the studied section of the Taman Peninsula has the highest hazard class

Keywords: landslide hazard assessment, Taman Peninsula, Mora-Varson method, susceptibility of slopes, starting factor of landslide activity, hazard class

Прогноз развития опасного процесса с применением различных инструментов его проведения имеет огромное значения для определения изменений на изучаемой территории. В качестве примера приводится количественная оценка оползневого риска по методике Мора – Варсона [2]. Данный метод достаточно эффективен и использовался для оценки оползневой опасности в сходных природных условиях [1; 3].

За основу исследования взят береговой участок, расположенный на Таманском полуострове. Участок протяженностью 5500 м находится на южном берегу

Таманского залива, где расположена ст. Тамань и этнографический музей «Атамань», а также археологический музей «Гермонасса – Тмутаракань» (рис. 1).

С учетом имеющихся данных исследования для изучаемой территории были выбраны определенный метод прогноза, который позволяет определять динамику опасного геологического процесса.

Расчет оценки оползневой опасности (H) основан на методике Мора – Варсона, где оползневая опасность находится в прямой зависимости от восприимчивости склона (Su) и величины пускового фактора (Tr) [2]:

$$H = Su \cdot Tr. \quad (1)$$

К важным факторам, которые определяют восприимчивость склонов относятся: вертикальная расчлененность рельефа (Dr); мощность четвертичных отложений (cQ); преобладающий тип дочетвертичных пород (G); глубина залегания уровней грунтовых вод (U); плотность растительного покрова (Fc).

Восприимчивость оценивается путем сложения этих факторов в баллах с учетом значимости каждого. При расчетах применяется коэффициент значимости данного фактора, который определяется путем экспертной оценки для прогнозов на региональном уровне.



Рис. 1. Общий вид абразионного уступа с оползневыми участками, осложненными оврагами и балками в районе исследования

Восприимчивость склонов при оценке оползневой опасности выражается формулой:

$$Su = Dr + 0,7cQ + 0,5G + 0,5U - 0,3Fc. \quad (2)$$

Величина пускового фактора определяется по формуле:

$$Tr = P + 0,2(S + \Delta) + 3Fa. \quad (3)$$

Степень расчлененности рельефа (Dr) является важным фактором при оценке оползневой опасности. Этот показатель выражается в амплитуде высот на единицу площади. Основные характеристики склонов оцениваются уклонами к поверхности земли и баллами расчлененности рельефа от 1 балла – $0-1^\circ$ до 7 баллов – $>25^\circ$. Степень расчлененности рельефа имеет высокую значимость при оценке оползневой активности, для этого фактора при расчетах применяется коэффициент 1.

Мощность четвертичных отложений (Q) является ведущим фактором в формировании оползней, т. к. наиболее подвержены гравитационным процессам. Для анализа этого фактора на региональном уровне расчет мощности четвертичных отложений проводился в баллах от 1 балла – 0–5 м до 7 баллов – >80 м. При сопоставлении зависимости мощности четвертичных отложений и активности оползневых процессов в пределах Северо-Западного Кавказа на основании экспертной оценки определен коэффициент 0,7.

Преобладающий тип дочетвертичных пород и наличие в них деформирующих горизонтов (G). Для расчета потенциальной оползневой опасности в баллах оценивается прочность дочетвертичных пород, их возраст и наличие в них глинистых отложений, которые являются потенциально-деформирующим горизонтом. В связи с этим, выходящие на поверхность дочетвертичные породы типизированы и оценены в баллах от 1 – известняки и песчаники до 5 баллов – глины, суглинки и алевролиты. При оценке оползневой опасности наиболее высокий балл имеют водопроницаемые породы с глинистыми прослоями.

Глубина залегания уровней грунтовых вод (U) является важным фактором при оценке оползневой опасности. Для определения данного фактора основными являются данные о потенциальном подтоплении территорий от 1 балла (не подтопляемые территории) до 5 баллов, что соответствует интенсивному подтоплению. При расчете оползневой опасности данный фактор применяется с коэффициентом 0,5.

Плотность растительного покрова (Fc) основной сдерживающий фактор развития оползневых процессов. При оценке оползневой опасности значение плотности растительного покрова используется с отрицательным знаком, интенсивность растительных покровов территории выражается в процентах растительности на единицу площади от 1–5 % до 5 баллов – >50 %, при расчете оползневой опасности применяется коэффициент –0,3

В результате изменения инженерно-геологических условий склоны из стабильного состояния переходят к активизации оползней, такие воздействия формируют пусковой фактор оползневой активности. К пусковым факторам относятся: интенсивность атмосферных осадков (P), сейсмический балл территории с учетом повышения сейсмической активности (S+Δ), интенсивность абразии берегов (для прибрежных районов) (Fa).

Интенсивность атмосферных осадков (P) является определяющим фактором активизации оползней. Атмосферные осадки оказывает влияние на восприимчивость склонов за счет повышения уровня грунтовых вод. Среднегодовое количество осадков используется для оценки оползневой опасности, этот показатель может быть ранжирован следующим образом, от 1 балл – менее 400 мм в год до 7 баллов – >1000 мм в год. Количества атмосферных осадков в составе пускового фактора имеет высокую значимость и при расчетах применяется с коэффициентом 1.

Сейсмический балл территории с учетом приращения сейсмической активности (S+Δ). Степень активизации потенциально оползневых массивов во многом зависит от сейсмической активности территории. Определение сейсмического балл территорий осуществляется на основе сейсмического районирования.

Интенсивность абразии и эрозии (Fa) имеет огромное значение для прибрежных территорий в качестве составляющей пускового фактора. Тип берега является основным показателем интенсивности абразии, оценивается в баллах от 0 баллов – аккумулятивные и стабильные берега до 2 балла – абразионные берега, сложенные пористыми и рыхлыми породами (пески, глины, лессы).

Таким образом, при оценке потенциальной оползневой опасности рекомендовано пользоваться формулой, которая отражает основные факторы, влияющие на восприимчивость склона и на запуск процесса [1]:

$$H = (Dr + 0,7cQ + 0,5G + 0,5U - 0,3Fc) \cdot (P + 0,2(S + \Delta) + 3Fa). \quad (4)$$

На участке, расположенном на Таманском полуострове, повсеместное распространение получили четвертичные дисперсные глинистые отложения, к которым относятся суглинистые и глинистые грунты. В некоторых скважинах встречаются

отложения песков и илов, не значительной мощности. Мощность четвертичных отложений колеблется от 0,4 до 17 м.

Дочетвертичные отложения представлены неогеновыми отложениями. Повсеместно распространены глинистые, суглинистые и песчаные грунты.

Геологическое строение является сложным, т. к. в различных скважинах наблюдается наличие различных по литологии слоев с резко изменяющейся мощностью. Неоднородные показатели свойств грунтов, изменяются в плане или по глубине.

На участке расположенном, на Таманском полуострове преобладают склоны с углом наклона 25–50 градусов. На исследуемой территории получила широкое развитие овражно-балочная сеть. Овраги и балки имеют непротяженную длину, до 1 км, выклиниваются, по дну их отмечаются следы временных водотоков. Овраги имеют V-образный профиль, балки трапециевидный и V-образный. Дно и борта балок и оврагов подвержены эрозионным процессам (рис. 2).

Подземные воды здесь имеют спорадическое распространение. Глубина залегания подземных вод здесь колеблется от 0,1 до 0,3 м – на пляжной зоне, от 0,8 до 23,7 м – на бровке обрыва (в зависимости от поверхности рельефа) Горизонты подземных вод на изучаемом участке не выдержаны по мощности и простираению. Сложное чередование водоносных и водоупорных пород наблюдается местами. Напоры подземных вод и их гидравлическая связь изменяются по простираению.



Рис. 2. Тело оползня с множеством оползневых ступеней, бугров выпирания в районе исследования

Растительность Таманского полуострова представлена степными и луговыми травами, болотной и водной растительностью плавней и лиманов, небольшими участками встречаются лиственные леса менее 5 %.

По результатам многолетних исследований на Таманском полуострове среднегодовое количество осадков на территории исследуемого района за год составляет 464 мм. Распределение осадков в течение года не равномерное.

По результатам совместного анализа всего комплекса данных с учетом уточненной исходной сейсмичности, изучаемая территория характеризуется максимальной сейсмической интенсивностью в 8,35 балла.

На изучаемом участке Таманского полуостровов преобладают абразионные берега, сложенные пористыми и рыхлыми породами (глины, суглинки, пески). Процессы абразии получили широкое распространение, они обусловлены особенностями геолого-геоморфологического строения и гидродинамическими процессами, а также антропогенными факторами.

По результатам оценки факторов, влияющих на оползнеобразование была составлена следующая таблица, где каждому фактору был присвоен соответствующий балл опасности.

Для региональной оценки оползневой опасности для изучаемого участка восприимчивость склонов составляет:

$$Su = 11,8.$$

Величина пускового фактора для изучаемого участка составляет:

$$Tr = 9,8.$$

Оползневая опасность исследуемого участка Тамани составляет:

$$H = 120,36.$$

При детальном исследовании потенциальной оползневой опасности необходимо учитывать наличие и активность существующих оползневых проявлений (рис. 3).

Таблица

**Факторы восприимчивости и пусковые факторы
для приморской территории Тамани**

Факторы	Индекс	Коэффициенты	Баллы
Факторы восприимчивость территории			
Степень расчлененности рельефа	Dg	1	7
Преобладающий тип дочетвертичных пород	G	0,7	5
Мощность четвертичных отложений	Q	0,5	3
Глубина залегания уровней грунтовых вод	U	0,5	1
Плотность растительного покрова	Fc	-0,3	1
Сумма баллов			18
Пусковые факторы			
Интенсивность атмосферных осадков	P	1	3
Сейсмический балл территории с учетом приращения сейсмической активности	S + Δ	0,2	7
Интенсивность абразии	Fa	1	2
Сумма баллов		0,7	12
Общая сумма баллов		0,5	30



Рис. 3. Обвално-оползневой блок в районе исследования.
 Стенка отрыва разбита на столбчатые отдельные, оползневое тело подвержено абразии

На основе полученных данных был сделан вывод, что оползневые образования Таманского полуострова происходят при сочетании следующих условий: верхнюю часть разреза составляют суглинистые грунты; на территории распространены крутые склоны с углом наклона 25–50 градусов; ландшафт представляет собой луговую растительность; на территории распространены мало обводненные массивы грунтов, которые при замачивании теряют устойчивость. Участок Таманского полуострова набрал 120,36 баллов и имеет V высокий класс оползневой опасности.

На базе полученных данных в дальнейшем будет проводиться тематическое картирование для каждого фактора, что позволит в итоге получить конечную карту оползневой опасности и выделить районы по степени восприимчивости склонов и пусковому фактору. Это позволит оценивать территорию при строительстве и проведению защитных мероприятий против оползневой опасности.

На основе предложенной методологии рекомендуется провести аналогичные исследования в других районах черноморского побережья России, где существует оползневая опасность.

Список литературы

1. Федорончук, Н. А. Оползневые процессы в Украинском Причерноморье и оценка оползневой опасности. Black sea cross border cooperation / Н. А. Федорончук, О. Е. Рубель. – Режим доступа: <http://scinetnathaz.net/wp-content/uploads/2015/12/Landslides-Izmail-1-1.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 28.12.2019).
2. Mora, S. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination / S. Mora, W.-G. Vahrson // Bulletin of the Association of Engineering Geologists. – 1994. – Vol. 31, № 1. – P. 49–58.
3. Berov, B. Addition to the method of Mora & Vahrson for landslide susceptibility along the Bulgarian Black Sea coast Landslides and Engineered Slopes / B. Berov, P. Ivanov, N. Dobrev, M. Krastanov // Experience, Theory and Practice – Aversa et al. Associazione Geotecnica Italiana. – Rome, Italy, 2016. – P. 397–401.

References

1. Fedoronchuk, N. A., Rubel, O. E. *Landslide processes in the Ukrainian black sea region and landslide hazard assessment. Black sea cross border cooperation*. URL: <http://scinetnathaz.net/wp-content/uploads/2015/12/Landslides-Izmail-1-1.pdf> (accessed: 28.12.2019).
2. Mora, S., Vahrson, W-G. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, 1994, vol. 31, no. 1, pp. 49–58.
3. Berov, B., Ivanov, P., Dobrev, N., Krastanov, M. Addition to the method of Mora & Vahrson for landslide susceptibility along the Bulgarian Black Sea coast Landslides and Engineered Slopes. *Experience, Theory and Practice – Aversa et al. Associazione Geotecnica Italiana*. Rome, Italy, 2016, pp. 397–401.