

UDC 551.435

**ON THE POTENTIAL DANGER OF THE DEVELOPMENT OF
LANDSLIDE PROCESSES IN THE AREA OF ZABALA, ECUADOR**

Kravchenko R. A., PhD in Geography,

Universidad UTE, Ecuador, Quito

Pareja E. S., Master student,

Russian State Hydrometeorological University, Russian Federation,
Saint Petersburg,

Flores Y. G., Master student,

National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation,
Tomsk

The subject of research was the characteristics of the slopes and the processes acting as factors of the formation of landslides. The aim of the work was to analyze the potential danger of the development of landslide processes in the Zabala sector, in the equatorial Andes. The morphometric method was used.

It is established that the slopes with angles of inclination up to 15 ° constitute 27,8 % of the investigated area. Angles of inclination from 15 ° to 25 ° make 28,7 % of the area. From 25 ° to 45 ° - 40,8 %; and over 45 ° - 2,7 %.

The factors that increase the risk of landslide development in the studied area are: steep angles of inclination of the surface, earthquakes, gully erosion, trimming of the lower part of the slope.

The results of the work can be applied for assessment of geomorphological risks.

Key words: slope, morphometric characteristics, geomorphological risks, equatorial Andes, steeply inclined

*кандидат географических наук, Кравченко Р. А., Пареха Э. С.,
Флорес Й. Г. О потенциальной опасности развития оползневых*

процессов в зоне завала, Эквадор / Universidad UTE, Эквадор, г. Кито; Российский государственный гидрометеорологический университет, Российская федерация, Санкт-Петербург; Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская федерация, Томск

Предметом исследования являлись характеристики склонов и процессов, выступающих как факторы формирования оползней. Цель работы состояла в анализе потенциальной опасности развития оползневых процессов в секторе Завала, в экваториальных Андах. Использовался морфометрический метод.

Установлено, что склоны с углами наклона до 15° составляют 27,8 % исследованной территории. Углы наклона от 15° до 25° имеет 28,7 % площади. От 25° до 45° - 40,8 %; и свыше 45° - 2,7 %.

Факторами увеличивающими опасность развития оползней на изученной территории являются: крутые углы наклона поверхности, землетрясения, овражная эрозия, подрезка нижней части склона.

Результаты работы могут быть применены для оценки геоморфологических рисков.

Ключевые слова: склон, морфометрические характеристики, геоморфологические риски, экваториальные Анды, круто наклонные склоны

Введение. Важность исследования оползневых явлений определяется как необходимостью более глубокого изучения природных процессов, так и прикладной значимостью. Оползни являются угрозой для населенных пунктов, дорог, хозяйственных объектов.

Исследованию оползней и факторов, влияющих на оползневые процессы посвящено множество исследований [1 - 14].

Анализируются различные факторы, воздействующие на развитие этих природных процессов.

Целью статьи является анализ потенциальной опасности развития оползневых процессов в секторе Завала, в экваториальных Андах.

Изложение основного материала статьи.

Исследование проводилось в горно-экваториальной части Анд, в Республике Эквадор, севернее г. Кито. Ключевой участок площадью 5 км² расположен близ линии экватора в окрестностях населенного пункта Завала. Высота над уровнем моря составляет 2400 - 2800 метров. Склоны, в ряде случаев достигают длины около 1 км и в основном перекрыты современными рыхлыми, легкоразмываемыми отложениями. В нижней части склонов отмечаются выходы на поверхность скальных пород.

По данным «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador» средняя температура воздуха составляет 14°C и незначительно меняется по месяцам. Среднегодовое количество осадков составляет около 700 мм. Преобладают атмосферные осадки в жидком виде, со значительной долей ливневых дождей. Максимальное количество осадков отмечается в апреле. Почвы сильно эродированы и бедны органическим веществом. Широко распространены такие линейные формы эрозии как промоины и овраги.

Применялся морфометрический метод. Для изучения склонов использовалась программа ArcGIS 10.3 на основе материалов аэрофотосъемки предоставленных «Instituto Geográfico Militar» и «La Administración Zonal de Calderón». Проводились полевые исследования. Для изучения морфометрических характеристик склонов использовался теодолит DGT 10 CSTBERGER/Digital.

В условиях круто наклонных склонов существует риск развития оползневых процессов. Были проанализированы углы наклона склонов. В таблице представлены результаты изучения морфометрических характеристик.

Таблица 1.

Соотношение площади склонов с различными углами наклона поверхности

Процент территории занятой склонами различной крутизны	Угол наклона до 15 °	Угол наклона от 15 ° до 25 °	Угол наклона от 25 ° до 45 °	Угол наклона свыше 45 °
	27,8 %	28,7 %	40,8 %	2,7 %

Как видно из таблицы, значительная часть исследованной территории имеет углы наклона от 25 ° до 45 °. Эту характеристику склонов можно рассматривать как предпосылку формирования оползневых явлений.

Кроме того, на исследуемой территории ранее была произведена подрезка нижней части склона для строительства грунтовой дороги местного значения (рисунок 1).



Рисунок 1. Подрезанная нижняя часть склона.

Одним из факторов повышающим риск формирования оползней являются землетрясения. Территория Республики Эквадор характеризуется высокой сейсмической активностью.

В частности, 16 апреля 2016 года произошло разрушительное землетрясение в прибрежной части Эквадора. Толчки ощущались и в районе исследования, расположенном в 170 км от эпицентра землетрясения и как результат был зафиксирован оползень. Массы грунта вышли на дорогу местного значения. В данном случае на этот процесс оказало влияние сочетание таких факторов, как сейсмическая активность, подрезка нижней части склона и атмосферные осадки. Именно апрель месяц характеризуется наибольшим количеством осадков, в том числе ливневых дождей.

Активное развитие линейных форм эрозии, прежде всего разветвленных овражных систем, приводит к дроблению склона на отдельные участки небольшой площади. Это также выступает как фактор повышающий риск потери стабильности горных пород на склонах. На исследуемой территории зафиксированы малые оползни тесно связанные с эрозионными процессами. На рисунке 2 отображена трещина разрыва грунта в месте формирования оползня.



Рисунок 2. Трещина разрыва грунта в месте формирования оползня.

При анализе потенциальной опасности оползней непосредственно на жилые строения населенного пункта Завала, можно сделать заключение о незначительном риске. Прежде всего, в связи с минимальными уклонами поверхности, а также пространством занятым землями сельскохозяйственного назначения отделяющим сооружения от склонов.

Однако следует отметить, что риск развития оползней существует на участках, прилегающих к дорогам, в том числе к такой важной транспортной магистрали, как Панамериканское шоссе. На рисунке 4 показан участок, расположенный в непосредственной близости от этого транспортного пути. Строение находится у подножия с высоким риском развития опасных склоновых процессов.



Рисунок 3. Строение, расположенное у подножия с высоким риском развития опасных склоновых процессов.

Выводы. Установлено, что склоны с углами наклона до 15° составляют 27,8 % исследованной территории. Углы наклона от 15° до 25° имеет 28,7 % площади. От 25° до 45° - 40,8 %; и свыше 45° - 2,7 %.

Факторами, увеличивающими опасность развития оползней на изученной территории являются: крутые углы наклона поверхности, землетрясения, овражная эрозия, *подрезка нижней части склона*.

Изученная территория характеризуется риском развития оползней в частях примыкающих к дорогам, как местного, так и международного значения.

References:

1. Bell, F. G., & Maud, R. R. (2000). Landslides associated with the colluvial soils overlying the Natal group in the greater Durban Region of Natal, South Africa. *Environmental geology*, 39 (9), 1029 – 1038.
2. Dhakal, A. S., & Sidle, R. C. (2004). Distributed simulations of landslides for different rainfall conditions. *Hydrological Processes*, (18), 757–776.
3. Guzzetti, F., Peruccacci, S., Rossi, M., & Stark, C. P. (2008) The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows: an update. *Landslides*, (5), 3–17.
4. Hong, Y, Hiura, H, Shino, K, et al. (2005). The influence of intense rainfall on the activity of large-scale crystalline schist landslides in Shikoku Island, Japan. *Landslides*, 2 (2), 97–105.
5. Hunter, G., & Fell, R. (2003). Travel distance angle for “rapid” landslides in constructed and natural soil slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, (40), 1123–1141.
6. Jakob, M., Holm, K., Lange, O. & Schwab, J. W. (2006). Hydrometeorological thresholds for landslide initiation and forest operation

shutdowns on the north coast of British Columbia. *Landslides*, (5), 228–238.

7. Montero, J., (2003). Los procesos de riesgo con origen natural: una constante en la relación entre hombre y medio ambiente. *Revista de Ciencias Sociales*, (23), 33-64.

8. Moreiras, S. M. (2005). Climatic effect of ENSO associated with landslide occurrence in the Central Andes, Mendoza Province, Argentina. *Landslide*, (2), 53–59.

9. Olivares, L, & Picarelli, L (2003). Shallow flowslides triggered by intense rainfalls on natural slopes covered by loose unsaturated pyroclastic soils. *Geotechnique*, 53(2), 283–287.

10. Pathak, D. R., Gharti H. N., Singh A. B., & Hiratsuka A. (2008). Stochastic Modeling of Progressive Failure in Heterogeneous Soil Slope. *Geotechnical and Geological Engineering*, (26), 113–120.

11. Sánchez-Núñez, J. , Macías, J., Zamorano-Orozco, J., et al. (2012). Mass movement processes at the Motozintla Basin, Chiapas, Southern Mexico. *Geofísica Internacional*, 51 (2), 169-186.

12. Van Asch, T., Van Beek, L., & Bogaard, T. (2007). Problems in predicting the mobility of slow-moving landslides. *Engineering Geology*, (91), 46-55.

13. Xue J., & Gavin, K. (2008). Effect of Rainfall Intensity on Infiltration into Partly Saturated Slopes. *Geotechnical and Geological Engineering*, (26), 199–209.

14. Zhang W.J., Chen Y.M., & Zhan L.T. (2006). Loading/Unloading response ratio theory applied in predicting deep-seated landslides triggering. *Engineering Geology*, (82), 234– 240.