

Применение ГИС для определения оползневой устойчивости (на примере Крымского полуострова)

Актуальность данной работы состоит в том, что проблема оползневых процессов стоит особо остро. Проявляясь преимущественно на территории южного берега Крыма и прибрежных районах Керченского полуострова и Феодосии, они несут угрозу, при своей активизации, не только экономическому сектору, путем разрушения туристических маршрутов и маршрутов между городами-курортами, но и жизни туристов. Так же при их активизации могут быть нарушены уникальные крымские ландшафты, памятники природы и достопримечательности.

Практическое применение данной работы заключается в том, что с помощью разработанной методики можно отслеживать протекание процессов оползнеобразования в регионе, сравнивать данные за определенный период времени, тем самым отслеживать динамику и производить экологическое прогнозирование ситуаций. Это может быть полезно при выполнении проектов и обоснований строительства новых инженерных и транспортных сооружений и др.

Изучение оползневых процессов является приоритетным для целого ряда наук – географического, геотехнического, экономического циклов. Поэтому для всестороннего понимания причин, самого процесса оползнеобразования и его возможных последствий необходим синтез различного рода знаний [2, 12].

В данном исследовании объектом исследования является оползневой процесс или оползень. Под этим термином понимают, как оползневой процесс, так и само геологическое тело [7].

В современной практике существует довольно много способов в той или иной мере определить степень устойчивости оползневых процессов. Наиболее активно используются методы Sees van Westen который считает, что оптимальным способом нахождения уровня устойчивости является расчет весовых показателей оползневого инвентаря с последующей их агрегацией и нахождением ключевых драйверов [8, 13].

Оползневой инвентарь, согласно Guzzetti, представляет собой совокупность геопространственных данных, описывающих различные параметры, влияющие на протекание оползневого процесса. Основываясь на работах Bonaventura F, L. Metz, A. N. Bear-Crozier и Dou J [1, 3, 5] анализу подвергаются в основном морфометрические данные, литологические и иногда климатические.

Эти данные можно разделить на две группы – основные и дополнительные.

К основным данным относится информация, характеризующая главные параметры оползнеобразования – рельеф территории, геологические или литологические данные и показатели среднего количества осадков данной местности. [3, 6]

К дополнительным данным – сейсмические данные, свойства почв, гидрологические данные, удаленность от рек и морей, растительность, данные антропогенной деятельности, показатели плотности населения, инфраструктура.

Так же существуют несколько популярных автоматизированных моделей для расчета устойчивости и стабильности склонов SHALSTAB и ANGMAR. Не смотря на их широкое распространение они основаны всего лишь на использовании ЦМР не некоторых сопутствующих параметров, что не может в полной мере дать объективную оценку протекающим процессам [10].

С точки зрения Республики Крым будет более рационально использование наряду с геоморфометрическими и литологическими параметрами так же антропогенных,

климатических и сейсмических. Необходимость данного подхода обусловлена тем, что во многих регионах исследования данные параметры предположительно могут выходить на первый план и пренебрегать ими не представляется возможным [4].

Для формирования оптимального оползневой инвентаря, при проведении анализа Республики Крым, кажется разумным использование следующих геопространственных данных:

- Уклон поверхности (Slope)
- Кумулятивный сток (Flow accumulation)
- Среднегодовой уровень осадков (Total rainfall)
- Индекс мощности потока (Stream power index)
- Индекс шероховатости поверхности (Terrain ruggedness index)
- Землепользование (Landuse)
- Почвы (Soils)
- Сейсмическая активность (Seismic activity)
- Плотность населения (Population density)
- Уровень вегетации (NDVI)

Классификация исходных данных проводится с помощью следующих классификаторов, представленных ниже.

Классификатор для уклон поверхности:

Критерий		Класс	Показатель опасности
Описание	Крутизна (°)		
Ровный	0 – 8	1	Очень низкий
Относительно ровный	8 - 15	2	Низкий
Средний	15 - 25	3	Средний
Крутой	25 - 45	4	Высокий
Очень крутой	> 45	5	Очень высокий

Классификатор для данных по землепользованию:

Тип землепользования	Класс
Водоемы (реки, озера)	1
Лесистая местность, лесополосы	2
Смешанная растительность	3
Земли с/х оборота, голая почва	4
Селитебная зона	5

Классификатор для индекса вегетации NDVI

Показатель	Класс
> 0,6	1
0,6 – 0,4	2
0,2 – 0,4	3
-0,2 – 0,2	4
< -0,2	5

Классификатор для уровня залегания почвенного слоя

Описание	Глубина (см)	Класс
Очень высокая	0 – 30	1
Высокая	30 – 60	2
Средняя	60 – 90	3
Глубокая	90 – 150	4
Очень глубокая	> 150	5

Классификатор для типа почв:

Тип почв	Класс
Суглинистые	1
Глинистые	2
Супесчаные	3
Тяжелая глина	4
Легкая глина	5

Классификатор для индекса мощности потока:

Показатель	Класс
< -0,1	1
-0,1 – 0,1	3
> 0,1	5

Классификатор индекса шероховатости поверхности:

Степень шероховатости	Класс
Очень шероховатая	1
Шероховатая	2
Средняя	3
Гладкая	4
Очень гладкая	5

Классификатор для кумулятивного стока

Бинарный показатель	Класс
0	1
1	5

Классификатор для плотности населения [2]

Плотность населения (на 100 м ²)	Класс
<5	1
5-10	2
10-15	3
15-20	4
>20	5

Классификатор для среднегодового количества осадков [6]

Среднегодовое количество осадков (мм)	Класс
<200	1
200 - 400	2
400 - 600	3
600 - 800	4
> 800	5

Классификатор для сейсмической активности:

Сейсмическая активность (M)	Класс
< 3.5	1
3.5 - 5	3
> 5	5

После проведения классификации необходимо провести расчет весовых коэффициентов, позволяющих определить степень влияния каждого фактора в процесс оползнеобразования. Площадь фактора оползнеобразования учитывается для показателей со значениями 4 и 5.

Весовой коэффициент рассчитывается по формуле (1):

$$w_i = \frac{S_f}{S_t}, \quad (1)$$

где w_i – весовой коэффициент фактора оползнеобразования, S_f – площадь фактора оползнеобразования, S_t – общая площадь исследуемой территории

Таким образом, общая формула для расчета территорий, потенциально подверженных оползневым процессам рассчитывается по формуле (2):

$$PL = \sum w_i * F_i, \quad (2)$$

где PL – потенциальные оползневые территории, w_i – весовой коэффициент фактора оползнеобразования, F_i – фактор оползнеобразования

Данный подход позволяет в полной мере учесть все особенности, которые могут в значительной мере повлиять на активизацию процессов оползнеобразования. Его недостатком можно считать лишь направленность на понимание общей картины ситуации, так как рекомендуемые данные к использованию являются данными регионального масштаба, что затрудняет решение конкретных проблем связанных с оползневой деятельностью выборочного оползневого участка. С другой стороны, данный метод может себя хорошо проявить при решении проблем на уровне региона, что выражается в планировании социально-экономической и экологической деятельности.

Проблема оползневых процессов стоит для Крыма особо остро. Рассматривая вклад различных оползневых факторов, основываясь на их весовых коэффициентах, можно выделить те, которые оказывают на протекание этих процессов наиболее значительное влияние (Табл. 1).

Табл. 1 Вес факторов процесса оползнеобразования Крымского полуострова

Оползневой фактор	Вес фактора
Уклон поверхности	0,07
Кумулятивный сток	0,09
Среднегодовой уровень осадков	0,076
Индекс мощности потока	0,086
Индекс шероховатости поверхности	0,065
Землепользование	0,09
Почвы	0,13
Сейсмическая активность	0,086
Плотность населения	0,08
Уровень вегетации	0,017
Литология	0,21
Всего	1

Таким образом, наибольший вклад вносят такие факторы как литологические характеристики и почвенный состав. Так же следует брать во внимание кумулятивный сток атмосферных осадков (Рис.1).

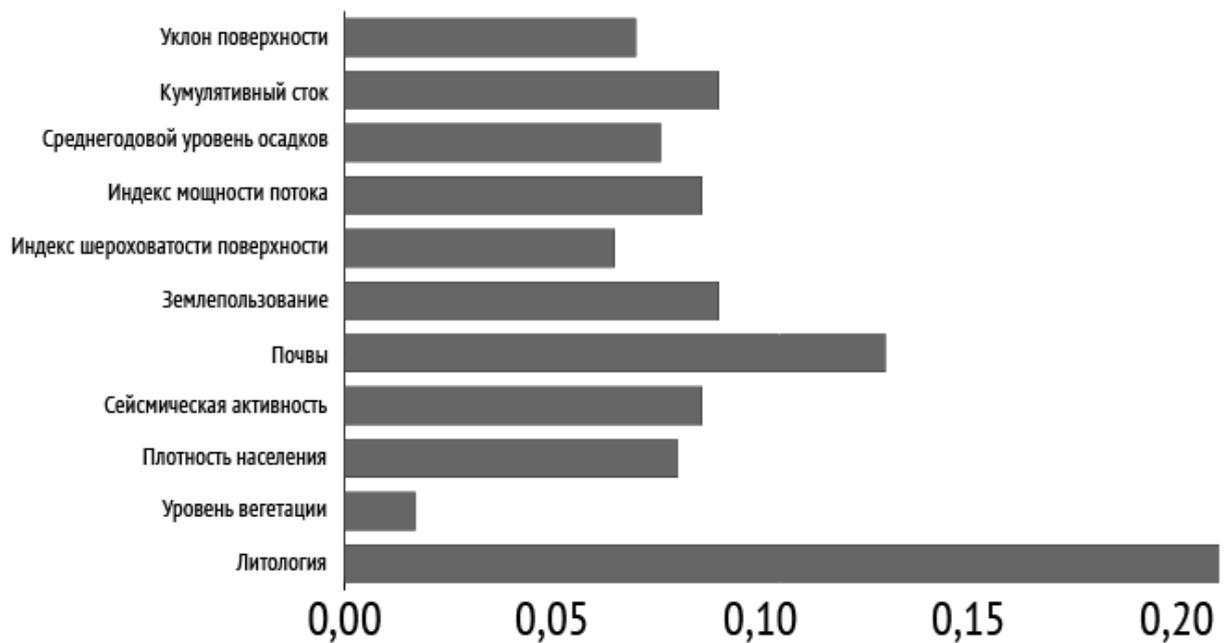


Рис.1 Распределение весовых коэффициентов процесса оползнеобразования

Согласно проведенным исследованиям наиболее потенциально опасные районы приурочены к районам Южного берега Крыма, Керченского полуострова и города Феодосии (Рис.2).

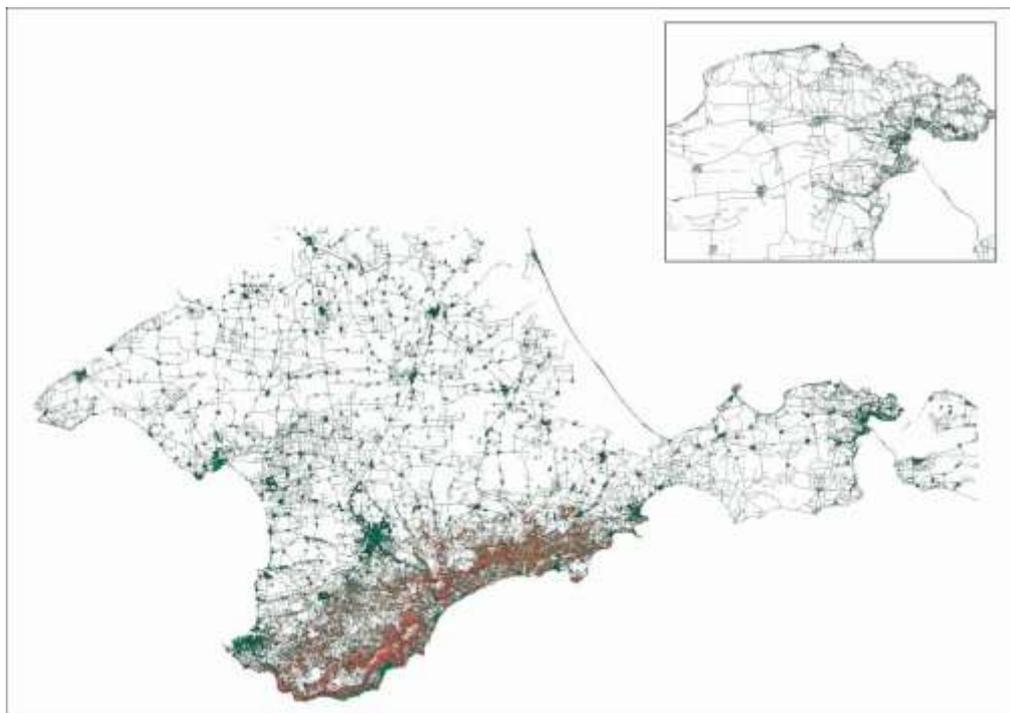


Рис.2 Потенциальные районы активизации оползневых процессов Республики Крым (красным) и транспортная сеть (бирюзовым)

Следует отметить, что на Керченском полуострове районы активизации оползневых процессов в основном располагаться на побережье, и занимают по сравнению с Южным берегом Крыма, значительно меньшую площадь.

Эти районы характеризуются наличием большого количества редких и исчезающих представителей флоры и фауны. Так, к примеру, некоторые потенциально опасные в

оползневом отношении территории Крыма является местообитанием для таких редких видов птиц как *Aythya nyroca*, *Bucephala clangula*, *Phalacrocorax aristotelis*, *Ardeola ralloides*, *Falco peregrinus* и другие [9].

Уничтожение их ареалов обитания вследствие активизации оползневых процессов может не только привести к утрате уникальных видов орнитофауны, но и в целом к уменьшению туристической привлекательности региона [11].

Так же особую опасность представляет разрушение дорожной сети, что может привести не только к затруднению туристического потока в горной местности и курортных районах, но и к значительным человеческим жертвам, поскольку наибольший туристический поток приходится именно на эти районы [11].

Решением данной проблемы видятся не только технические мероприятия по укреплению оползневых склонов, но и грамотное планирование туристических маршрутов для снижения на них транспортной нагрузки, а также влияния автотранспорта и строительных работ.

В заключении, можно сказать, что оползневая обстановка в Крыму довольно напряженная. Территории, подвергнутые потенциальным оползневым процессам, затрагивают важнейшие маршруты туристических потоков. Проведенное исследование показывает, что наибольший вклад в процессы оползнеобразования вносит геологический и почвенный фактор, что ставит под сомнение полную ликвидацию самих процессов. Оптимальным, с нашей точки зрения выглядит или сдерживающие решения (возведение защитных сооружений, укрепление склонов и др.) или смена логистики, выраженная в перенаправлении дорожной сети по более безопасным маршрутам. В районе Керченского полуострова ситуация выглядит более оптимистической из-за приуроченности потенциальных оползневых районов к прибрежной части и их небольшого числа.

Разработанная методика на основе применения техники геопространственного анализа оползневой устойчивости с помощью литологических, морфометрических и гидрологических факторов позволяет в полной мере определить степень влияния каждого фактора в процесс оползнеобразования и получить сведения о территориях, потенциально подверженных оползневым процессам. Этим способом была произведена оценка территории Крымского полуострова, которая, как известно благодаря своим геологическим (литологическим, почвенным) и сейсмическим особенностям подвержена значительному оползнеобразованию.

Список использованной литературы

1. Bonaventura F. Applications of statistical and heuristic methods for landslide susceptibility assessment / F. Bonaventura. – Gadjah Mada university, Yogyakarta, 2010. – 117 p.
2. Margottini C. Landslide Science and Practice: Volume 7: Social and Economic Impact and Policies / C. Margottini, P. Canuti, K. Sassa. – Springer Science & Business Media, 2013. – p. 333
3. Dou J, Tien Bui D, P. Yunus A, Jia K, Song X, Revhaug I, et al. (2015) Optimization of Causative Factors for Landslide Susceptibility Evaluation Using Remote Sensing and GIS Data in Parts of Niigata, Japan. PLoS ONE 10(7): e0133262. doi:10.1371/journal.pone.0133262
4. FAO Guidelines for Soils Profile Description (1968, in Worosuprojo & Jamulya , 1991
5. Metz, L and Bear-Crozier, A. N. 2014. Landslide susceptibility mapping: A remote sensing based approach using QGIS 2.2 (Valmiera): technical manual. Record 2014/56. Geoscience Australia, Canberra.
6. Richard Hamilton Guthrie, The Occurrence and Behavior of Rainfall-Triggered Landslides in Coastal British Columbia / Waterloo, Ontario, Canada, 2009 - 193 p
7. Емельянова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов / Е.П. Емельянова, М.: Недра, 1971. – 103 с.

8. Кривогуз Д.О. Применение метода двумерного статистического анализа для определения оползневой чувствительности восточной части Керченского полуострова / Д.О. Кривогуз // Научная дискуссия: инновации в современном мире: сб. ст. по материалам XLIV Международная заочная научно-практическая конференция: Научная дискуссия: инновации в современном мире. – № 12 (43). Часть 2. – М.: Интернаука, - 2015. - С. 7-12.
9. Малько С.В. Методи оцінки потенційних адаптаційних можливостей деяких гусеподібних України / С.В. Малько, В.И. Лисенко [Електронний ресурс] // Актуальні питання біології, екології та хімії, електронне наукове видання Запорізького національного університету. – 2009. – №2. – С. 4–13. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Arbeh/index.html> (дата обращения: 10.03.2016).
10. Свидзинская Д.В. Методи геоecологічних досліджень: геoінформаційний практикум на основі відкритої ГІС SAGA: навчальний посібник / Д.В. Свидзинская. – К.: Логос, 2014. – 402 с.
11. Селиван А.Ю. Научно-прикладные основы развития экологического туризма в рекреационных зонах города. / А.Ю. Селиван, И.Д. Кудрик, Т.В. Хребтова // Екологія міст та рекреаційних зон: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. (Одеса, 17-18 квітня, 2008 г.).– Одеса. – 2008. – С. 120-123
12. Муратов М.В. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова / М.В. Муратов, М: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1960. – 218 с.
13. Фоменко И.К. Современные тенденции в расчетах устойчивости склонов, «Инженерная геология», №6, 2012. С. 44-53