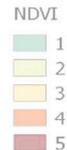


Д.О. Кривогуз, С.В. Малько

ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПРОЯВЛЕНИЯ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ УРБАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА



Введение

Одной из наиболее опасных и непредсказуемых природных опасностей в настоящее время является деструктивная деятельность склоновых процессов.

Склоновые процессы представляют собой смещение горных пород, происходящее на крутых склонах оврагов, долин рек, берегов озер и морей. К ним могут относиться оползни, обвалы, сели, оплывины и др. [1].

Являясь комплексным природным явлением, активизацию и протекание склонового процесса могут обуславливать множество факторов – уровень сейсмичности, обилие атмосферных осадков, определенные типы геологического строения, антропогенная деятельность, растительный покров местности и др. [2, 3].

В работах ван Вестена [4], Гузетти [5, 6], Смита [7], Хаггета [8], Хайланда [9] отмечается, что обилие растительного покрова на местности благоприятно сказывается на снижении риска появления на ней склоновых процессов путем укрепления склонов корневой системой и снижением риска проявления эрозионных процессов. Потому целью данной работы было изучение существующего растительного покрова Керченского полуострова и его вклада в формирование и протекание склоновых процессов с помощью данных дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы

Одним из наиболее оптимальных способов количественно оценить лесной покров местности является использование индекса растительного покрова NDVI [1].

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) представляет собой простой количественный способ для оценки уровня фотосинтетически

активной биомассы. Данный индекс использует разницу данных в двух спектральных каналах из набора растровых мультиспектральных данных – поглощение хлорофилла в красном спектре и отражающая способность биомассы в инфракрасной части спектра (RED и NIR соответственно).

Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, RED – отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Классификация показателя NDVI проводится по типам объектов, характерных для определенного показателя данного индекса. Так, для значения $NDVI < -0,2$ характерны территории с искусственным покрытием (бетон, асфальт). Для значений, находящихся в пределах от $-0,2$ до $0,2$, характерны водные объекты, снег, лед и облака. Если показатель NDVI принимает значения от $0,2$ до $0,4$, то на данной территории преобладают участки с открытой почвой (земли сельскохозяйственного назначения). Для разреженной растительности характерны показатели от $0,4$ до $0,6$, в то время как для густой – от $0,6$ до 1 .

Воздействие разных типов растительного покрова на склоновые процессы можно статистически оценить, рассчитав весовые коэффициенты для каждого типа покрова по формулам (2) и (3) [10, 11].

$$W^+ = \log_e \frac{P\{B|D\}}{P\{B|\bar{D}\}}, \quad (2)$$

$$W^- = \log_e \frac{P\{\bar{B}|D\}}{P\{B|D\}}, \quad (3)$$

или

$$W_i^+ = \log_e \left(\frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3} + N_{pix4}}} \right),$$

$$W_i^- = \log_e \left(\frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3} + N_{pix4}}} \right),$$

где W^+ и W^- – весовые коэффициенты отсутствия или присутствия фактора соответственно. $N_{pix1...4}$ определяются согласно матрице, представленной в табл. 1. Таким образом, корреляцию между классом растительности и проявлением склонового процесса (C) можно оценить с помощью показателя контраста весовых коэффициентов по формуле:

$$C = W^+ - W^- \quad (4)$$

Положительные показатели контраста говорят о прямой связи фактора со склоновым процессом. Отрицательные показатели говорят об обратной связи. Чем она больше, тем меньше вероятность возникновения склонового процесса.

Результаты и обсуждение

Для исследования использовались мультиспектральные данные спутника Landsat-8 за 2015 год для территории Керченского полуострова. Частота рассчитанных значений для показателя NDVI представлена на рис. 1.

Для расчета весовых показателей территорию Керченского полуострова можно разделить на 5 классов относительно индекса NDVI (табл. 2).

Пространственное распределение классов покрова представлено на рис. 2.

Классы покрова распределились по территории следующим образом (см. табл. 3).

Таким образом, из приведенных выше данных видно, что наибольшую часть Керченского полуострова занимают территории с преобладанием голых почв и сельскохозяйственного назначения. Их площадь составляет около 1800 км², или 59%. Что касается классов растительного покрова, обычно приуроченных к местам проявления оползневых процессов (классы 4 и 5), то их площадь составила 300 км² и 29 км², или 10% и 1% соответственно. Исходя из этого, можно сказать, что площадь территории Керченского полуострова, где влияние наличия растительного покрова будет сколь либо существенным, составляет 11%, или 329 км².

Рассчитанные весовые коэффициенты и показатели корреляции между классами растительности и проявлением склонового процесса представлены в табл. 4.

Выводы

Таким образом, видно, что фактором, способствующим развитию и протеканию склоновых процессов, являются территории, расположенные вблизи водных объектов, о чем говорит показатель контраста близкий к 1.

Показатель контраста у третьего класса (открытые почвы и земли с/х назначения) близок к нулю, что говорит об отсутствии какого-либо воздействия на процесс.

Остальные 3 класса оказывают сдерживающий эффект на проявление склоновых процессов. Наиболее сильно из них выделяется 5-й класс с показателем –7,35, что говорит о существенном препятствии протеканию склоновых процессов. Это может выражаться в связывании нестабильных участков

Таблица 1

Матрица определения показателей присутствия и отсутствия склоновых процессов внутри классифицированных данных NDVI

Matrix for determining the presence and absence of landslides within the classified NDVI data

Склоновый процесс	Фактор	
	Присутствие	Отсутствие
Присутствие	N_{pix1}	N_{pix2}
Отсутствие	N_{pix3}	N_{pix4}

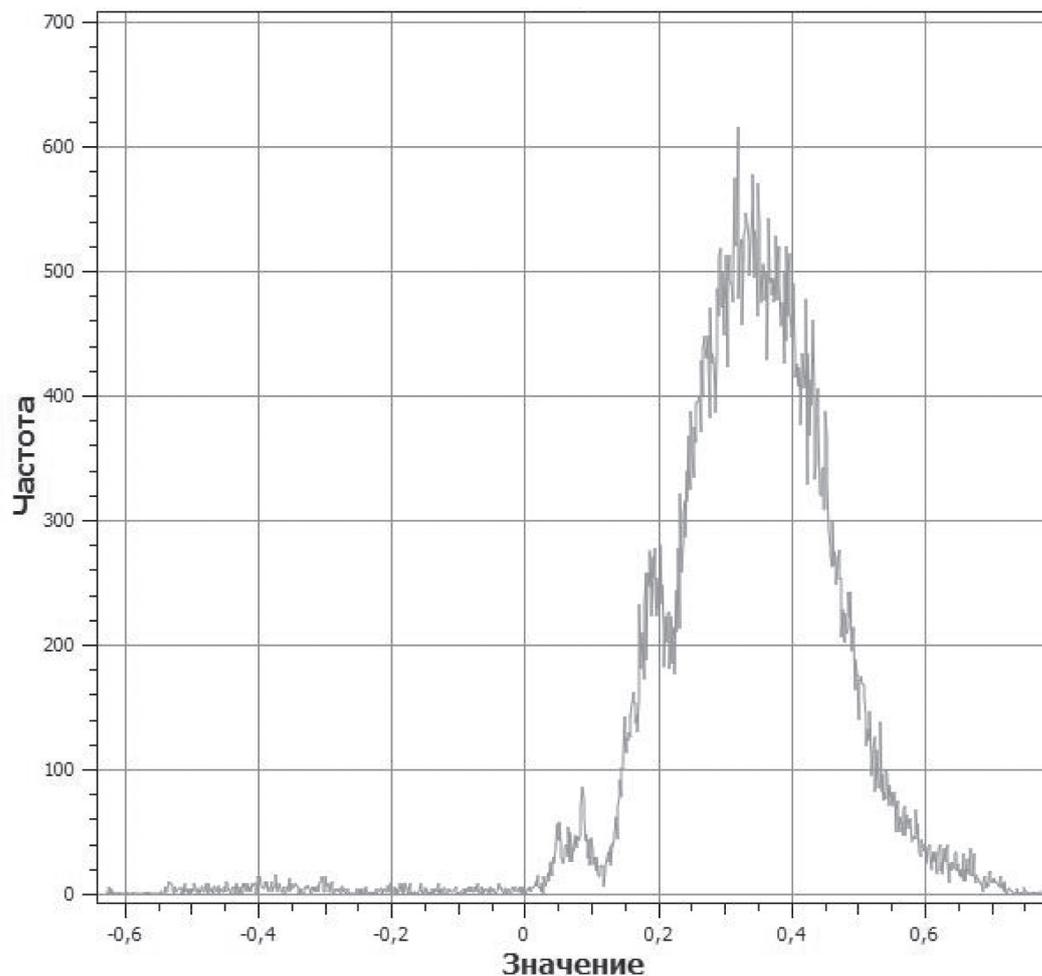


Рис. 1. Частота рассчитанных значений для индекса NDVI

Fig. 1. Frequency of calculated values for NDVI index

Таблица 2

Классификатор значений показателя NDVI

Classifier NDVI values

Показатель индекса NDVI	Класс	Тип покрова местности
> 0,6	5	Густая растительность
0,6-0,4	4	Разреженная растительность (травы, кустарники)
0,2-0,4	3	Открытая почва (земли с/х назначения)
-0,2-0,2	2	Водные объекты, снег, лед и облака
< -0,2	1	Искусственное покрытие (бетон, асфальт)

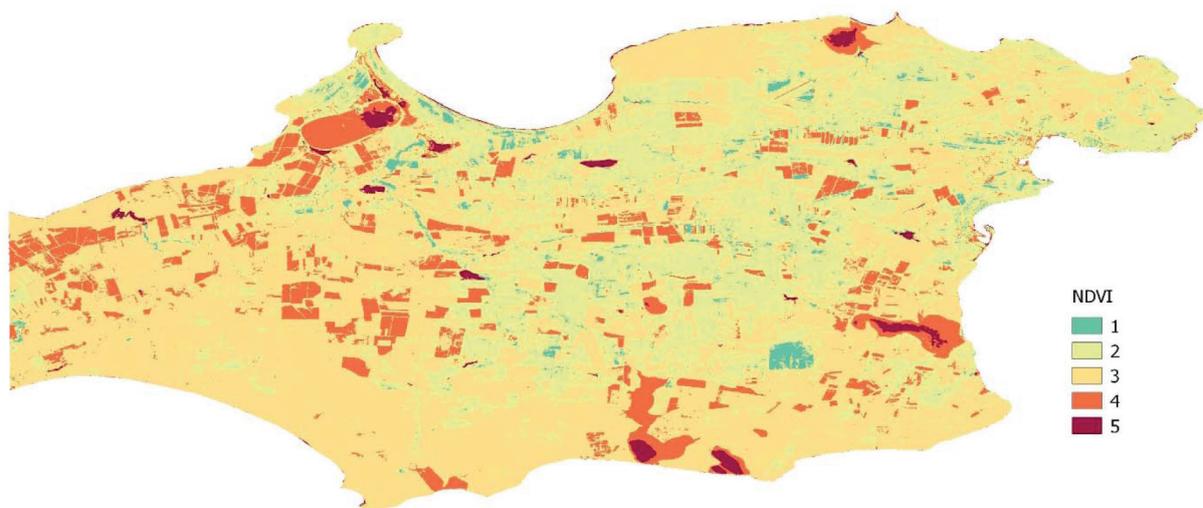


Рис. 2. Пространственное распределение классов покрова территории Керченского полуострова

Fig. 2. Spatial distribution of landcover classes on Kerch Peninsula

Таблица 3

Площадь покрова территории для каждого класса

Area of landcover for each class

Класс	Площадь, км ²
1	54,0486
2	818,003025
3	1717,42905
4	300,803625
5	29,33505

Таблица 4

Рассчитанные показатели воздействия растительного покрова на протекание склоновых процессов полуострова

Calculated indicators of the influence of vegetation cover on landslides

Класс	N_{class}	$N_{slclass}$	N_{pix1}	N_{pix2}	N_{pix3}	N_{pix4}	W^+	W^-	C_w
1	240216	2582	2582	297525	237634	12438345	-33,489	-32,700	-0,789
2	3635569	133339	133339	166768	3502230	9173749	-32,235	-32,974	0,739
3	7633018	162215	162215	137892	7470803	5205176	-32,796	-32,598	-0,198
4	1336905	1969	1969	298138	1334936	11341043	-35,486	-32,605	-2,880
5	130378	2	2	300105	130376	12545603	-40,052	-32,700	-7,35

грунта корневой системой высокой растительности и увеличении стабильности склонов.

Таким образом, можно отметить позитивное влияние растительного покрова Керченского полуострова на склоновые процессы. Связывая грунт, они препятствуют их протеканию и увеличивают стабильность склонов. К сожалению, следует констатировать тот факт, что в связи со сложившимися природно-климатическими условиями на Керченском полуострове этого недостаточно, чтобы в полной мере компенсировать вклад других факторов, обуславливающих проявление склоновых процессов на полуострове, что вызывает необходимость по искусственному увеличению таких территорий.

Ключевые слова: растительный покров, склоновые процессы, оползни, Керченский полуостров, NDVI, ГИС.

ЛИТЕРАТУРА

- Hungr O., Leroueil S., Picarelli L. The Varnes classification of landslide types, an update // *Landslides*. Hanoi, Vietnam, 2014. – V. 11, Issue 2. – P. 167-194.
- Costanzo D. et al. Factors selection in landslide susceptibility modelling on large scale following the gis matrix method: application to the river Beiro basin (Spain) // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* – 2012. – V. 12. – P. 327-340.
- Walker L.R., Shiels A.B. *Introduction for Landslide Ecology*. – USA : New York : Cambridge University Press, 2013.
- Pellicani R., Van Westen C.J., Spilotro G. Assessing landslide exposure in areas with limited landslide information // *Landslides*. – 2014. – V. 11, Issue 3. – P. 463-480.
- Guzzetti F. et al. The impact of landslides in the Umbria region, Central Italy // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* – 2003. – V. 3, Issue 5. – P. 469-486.
- Malamud B.D. et al. Landslides, earthquakes, and erosion // *Earth Planet. Sci. Lett.* – 2004. – V. 229, Issues 1-2. – P. 45-59.
- Smith R.B., Commandeur P.R., Ryan M.W. *Soils, vegetation, and forest growth on landslides and surrounding logged and old-growth areas on the Queen Charlotte Islands*. – Victoria : Ministry of Forest, 1986. – 107 p.
- Huggett R. Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: a critical review // *CATENA*. – 1998. – V. 32, Issues 3-4. – P. 155-172.
- Highland L.M., Bobrowsky P. *The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides*. – USA : Virginia : Reston : USGS, 2008. – 129 p.
- Corominas J. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk // *Bull. Eng. Geol. Environ.* – 2014. – V. 73, Issue 2. – P. 209-263.
- Van Westen C.J., van Asch T.W.J., Soeters R. Landslide hazard and risk zonation – why is it still so difficult? // *Bull. Eng. Geol. Environ.* – 2006. – V. 65, Issue 2. – P. 167-184.

REFERENCES

- Hungr O., Leroueil S., Picarelli L. The Varnes classification of landslide types, an update // *Landslides*. Hanoi, Vietnam, 2014. V. 11, Issue 2. P. 167-194.
- Costanzo D. et al. Factors selection in landslide susceptibility modelling on large scale following the gis matrix method: application to the river Beiro basin (Spain) // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2012. V. 12. P. 327-340.
- Walker L.R., Shiels A.B. *Introduction for Landslide Ecology*. USA : New York : Cambridge University Press, 2013.
- Pellicani R., Van Westen C.J., Spilotro G. Assessing landslide exposure in areas with limited landslide information // *Landslides*. 2014. V. 11, Issue 3. P. 463-480.
- Guzzetti F. et al. The impact of landslides in the Umbria region, Central Italy // *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 2003. V. 3, Issue 5. P. 469-486.
- Malamud B.D. et al. Landslides, earthquakes, and erosion // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2004. V. 229, Issues 1-2. P. 45-59.
- Smith R.B., Commandeur P.R., Ryan M.W. *Soils, vegetation, and forest growth on landslides and surrounding logged and old-growth areas on the Queen Charlotte Islands*. Victoria : Ministry of Forest, 1986. 107 p.
- Huggett R. Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: a critical review // *CATENA*. 1998. V. 32, Issues 3-4. P. 155-172.
- Highland L.M., Bobrowsky P. *The Landslide Handbook – A Guide to Understanding Landslides*. USA : Virginia : Reston : USGS, 2008. 129 p.
- Corominas J. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk // *Bull. Eng. Geol. Environ.* – 2014. V. 73, Issue 2. P. 209-263.
- Van Westen C.J., van Asch T.W.J., Soeters R. Landslide hazard and risk zonation – why is it still so difficult? // *Bull. Eng. Geol. Environ.* 2006. V. 65, Issue 2. P. 167-184.