

УДК 556.5(477.75)

В. А. Табунщик

Оценка индекса мощности линейной эрозии в бассейнах рек северо-западных склонов Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная)

ФГБУН «ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: tabunshchuk@ya.ru

Аннотация. Территория Крымского полуострова активно подвержена развитию эрозии. Статья посвящена оценке мощности линейной эрозии в бассейнах рек северо-западных склонов Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная). Расчеты проводятся с использованием геоинформационных методов исследования. В результате работы получен набор карт, которые характеризуют пространственное распределение индекса мощности линейной эрозии в бассейнах рек северо-западных склонов Крымских гор.

Ключевые слова: Крым, Крымский полуостров, река, бассейн реки, бассейн, Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная, эрозия, индекс мощности линейной эрозии.

Введение

Крымский полуостров славится своими неповторимыми ландшафтами и уникальной природой, это известнейшая зона отдыха, а также важная стратегическая территория в экономическом и геополитическом пространстве Российской Федерации и мира. В связи с активной жизнедеятельностью человеческого общества, на территории Крымского полуострова наблюдаются неблагоприятные экологические ситуации, загрязняется воздух, вода, земля, уменьшается биологическое разнообразие, наблюдается сокращение ареалов различных представителей флоры и фауны [1, 2, 4].

Так как большая часть Крымского полуострова находится в природной зоне степей, это послужило активному развитию и преобразованию данных природных комплексов в земли сельскохозяйственного использования, что в свою очередь привело к снижению плодородия, засолению почв и развитию эрозии. Земельные ресурсы изменяются под влиянием хозяйственного освоения. Одни участки получают переизбыток влаги, другие подвергаются высушению и разрушению. Неблагоприятное влияние оказывает использование пестицидов и агротехнических химических соединений, загрязняющих почву и водные ресурсы. Одновременно с этим на сельскохозяйственных землях под воздействием талых, дождевых или ирригационных вод, постепенно происходит разрушение верхних, плодородных слоёв почвы. Такой процесс носит название водная эрозия. Больше всего водной эрозии подвержены территории склонов, а также почвы, на которых полностью отсутствует или растёт очень малое

количество растительности. Дополнительным фактором, влияющим на возникновение водной эрозии, является деятельность человека (необдуманная сельскохозяйственная обработка земель, вырубка лесов и пр.).

Материалы и методы

Территория Крымского полуострова активно подвержена процессу эрозии (таблица 1, 2). Как отмечает Н. А. Драган [5], форма, крутизна и длина склонов, величина и форма водосборов прямо пропорционально влияют на интенсивность эрозии. Под влиянием водной эрозии ухудшаются физические свойства (разрушается почвенная структура, уплотняется пахотный слой) уменьшается или даже полностью уничтожается гумусовый горизонт. В связи с этим снижаются запасы гумуса, азота, фосфора, калия и других питательных элементов (деградация химических свойств), почва теряет своё плодородие.

Таблица 1
Площадь агроландшафтов Крыма, подверженных эрозии, по [1, с. 197]

Виды сельскохозяйственных угодий	Ветровая эрозия		Водная эрозия		Подверженные совместному воздействию	
	всего тыс. га	в % к виду угодий	всего тыс. га	в % к виду угодий	всего тыс. га	в % к виду угодий
Пашня	823,2	66,0	96,0	7,6	31,8	2,5
Многолетние насаждения	46,8	37,4	10,8	8,6	0,3	0,2
Пастбища	247,2	62,2	92,5	23,3	15,8	4,0
Итого сельхоз. угодий	1 117,2	63,1	199,3	11,3	47,9	2,7

Составлено авторами.

Таблица 2
Площади эрозионно-опасных земель (в тыс. га), по [1, с. 198]

Природно-сельскохозяйственные район Крыма	Общая площадь земель	Дефляционно опасные	Подверженные совместному воздействию водной и ветровой эрозии	Подверженные водной эрозии
Черноморский	417,3	375,9	54,5	67,7
Красногвардейский	322,9	266,1	10,2	15,5
Сакский	193,2	162,7	26,7	24,6
Керченский	244,3	183,1	4,7	28,3
Джанкойский	427,0	317,0	4,6	4,7
Симферопольский	283,8	149,0	8,5	86,6
Южнобережный	41,3	-	-	17,0
Горный	48,2	-	-	25,4

Составлено авторами.

Согласно [1], пахотные земли, подверженные различным видам эрозии, составляют более 70% от общей площади всех сельскохозяйственных угодий. Наиболее широко эрозионные процессы представлены на угодьях Южнобережья (в районе Ялты — 100%, Алушты — 53,7%, Судака — 38,1%) и на территории административных районов: Черноморского (45,1%), Бахчисарайского (45,5%), Белогорского (38,7%), Симферопольского (30,9), Раздольненского (27,5%), Первомайского (22,9), Сакского (21,8%) [1].

В связи с высоким уровнем распаханности территорий в пределах 82% от общего числа, эрозии достигают больших масштабов. На Крымском полуострове особое геоморфологическое, литологическое, биоклиматическое влияние создало специфичную мозаику почвенного покрова. Но интенсивное развитие сельского хозяйства, приводит к значительному уровню трансформаций и разрушению почвенных свойств, в частности эрозийного типа [2].

Как видно из перечисленного выше анализа большинство данных про земельные ресурсы и развитие эрозии на территории Крымского полуострова получается путем обработки статистических материалов в разрезе административно-территориальных единиц, расположенных на территории Крымского полуострова. Однако представляет интерес рассмотрение развития эрозии в пределах речных бассейнов, так как «бассейновые ... структуры формируются общностью пространственных отношений, обусловленных поверхностным стоком воды и водным режимом почв (гидрофункционированием)» [3, с. 21].

Согласно классификации, представленной в работе [6], в группу рек северо-западных склонов Крымских гор входят пять основных рек (табл. 3) — Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная [6].

Таблица 3
Наиболее крупные реки северо-западного склона Крымских гор, по [7]

	Река	Куда впадает	Длина, км	Площадь водосбора км ²
1.	Западный Булганак	Черное море, Каламитский залив, с. Береговое	49,0	180,0
2.	Альма	Черное море, Каламитский залив, с. Песчаное	79,0	635,0
3.	Кача	Черное море	64,0	573,0
4.	Бельбек	Черное море, с. Любимовка	55,0	505,0
5.	Черная	Черное море, Севастопольская бухта, г. Инкерман	35,0	427,0

Составлено авторами.

Это одни из самых протяженных и полноводных рек Крымского полуострова. Густота речной сети в бассейнах колеблется от 0,5 км на км² (в верховьях, за исключением Западного Булганака) до 0,1 км на км² (в низовьях).

Реки берут свое начало на северо-западных склонах Главной гряды Крымских гор и протекают с востока на запад практически параллельно друг другу [7].

Цель данной работы оценить мощность линейной эрозии в бассейнах рек северо-западных склонов Крымских гор (на примере рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) с использованием новейших геоинформационных методов исследования.

Теоретические основы изучения эрозии заложены в работах Н. И. Маккавеева [8], В. В. Звонкова [9], В. Д. Кирюхина [10], Н. Гудзон [11], Г. И. Швебса [12, 13], М. С. Кузнецова [14, 15], М. Н. Заславского [16], И. С. Константинова [17], Г. В. Бастракова [18], Г. А. Ларионова [19], Л. Ф. Литвина [20], О. П. Ермолаева [21], В. Н. Голосова [22], Е. Ф. Зориной [23], Ф. Н. Лисецкого [24] с соавторами и др. исследователей.

Очевидно, что главным фактором эрозийной опасности служит соотношение темпов почвообразования и смыва почвы. Эффективность будет только тогда, когда темп эрозии равен либо ниже заранее выверенного уровня интенсивности почвообразования. Длительное использование высокоэрозийных земель, возможно только при условии, что скорость почвообразования превышает скорость эрозийного процесса.

Современные геоинформационные технологии позволяют производить оценку развития эрозии. Для этого в основном используются цифровые модели рельефа, полученные как путем оцифровки бумажных топографических карт, так и дистанционно — с использованием спутников. Характеристики речных бассейнов рек северо-западных склонов Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) подробно описаны в работе [7].

Для оценки развития мощности линейной эрозии применяется формула индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI). Индекс мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) рассчитывается по формуле [25, 26]:

$$SPI = A * \tan(\beta) \quad (1)$$

где A — удельная водосборная площадь, β — угол наклона земной поверхности.

Результаты и обсуждение

Согласно формуле (1) для бассейнов рек северо-западных склонов Крымских гор — Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная — были рассчитаны значения индекса мощности линейной эрозии (рис. 1–5).

Как видно из рисунков 1–5 в бассейне реки Западный Булганак значения индекса мощности линейной эрозии колеблются от 0 до 64, реки бассейне реки Альма — от 0 до 589, бассейне реки Кача — от 0 до 438, бассейне реки Бельбек — от 0 до 742, бассейне реки Черная от 0 до 343. При этом учитывая, что площади бассейнов рассматриваемых рек составляют, согласно [7], 180 км² для бассейна реки Западный Булганак, 635 км² для бассейна реки Альма, 573 км² для бассейна реки Кача, 505 км² для бассейна реки Бельбек, 427 км² для бассейна реки Черная не наблюдается прямая зависимость значений индекса мощности линейной эрозии от площади бассейна реки. Максимальные значения индекса мощности линейной эрозии характерны для бассейна реки Бельбек, в то время как бассейны рек Альма и Кача имеют большую площадь чем площадь бассейна реки Бельбек.

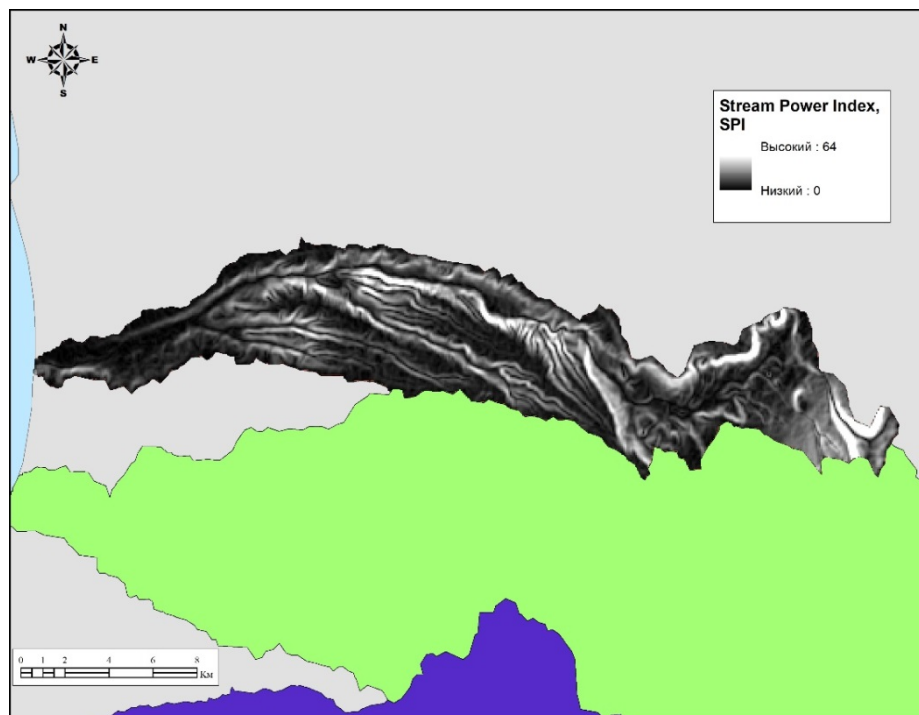


Рис. 1. Значение индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) в бассейне реки Западный Булганак (составлено автором).
Составлено авторами.

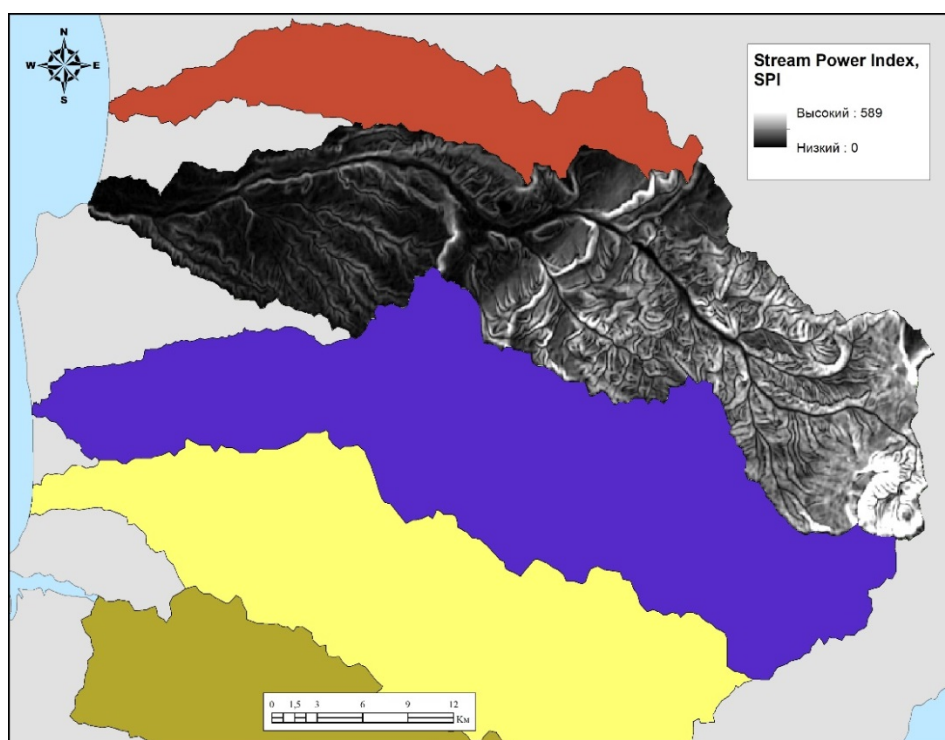


Рис. 2. Значение индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) в бассейне реки Альма (составлено автором).
Составлено авторами.

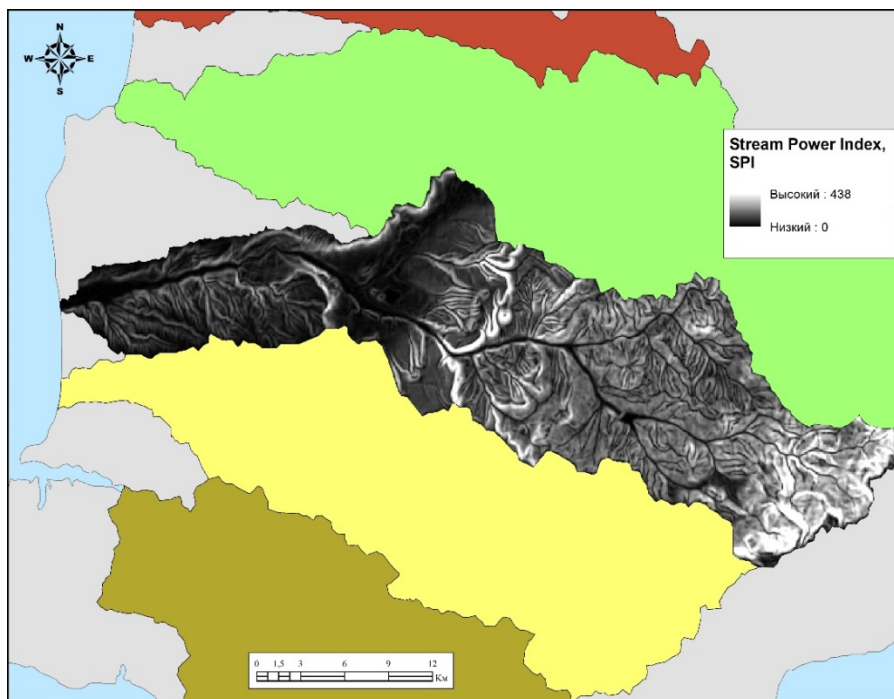


Рис. 3. Значение индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) в бассейне реки Кача (составлено автором).
Составлено авторами.

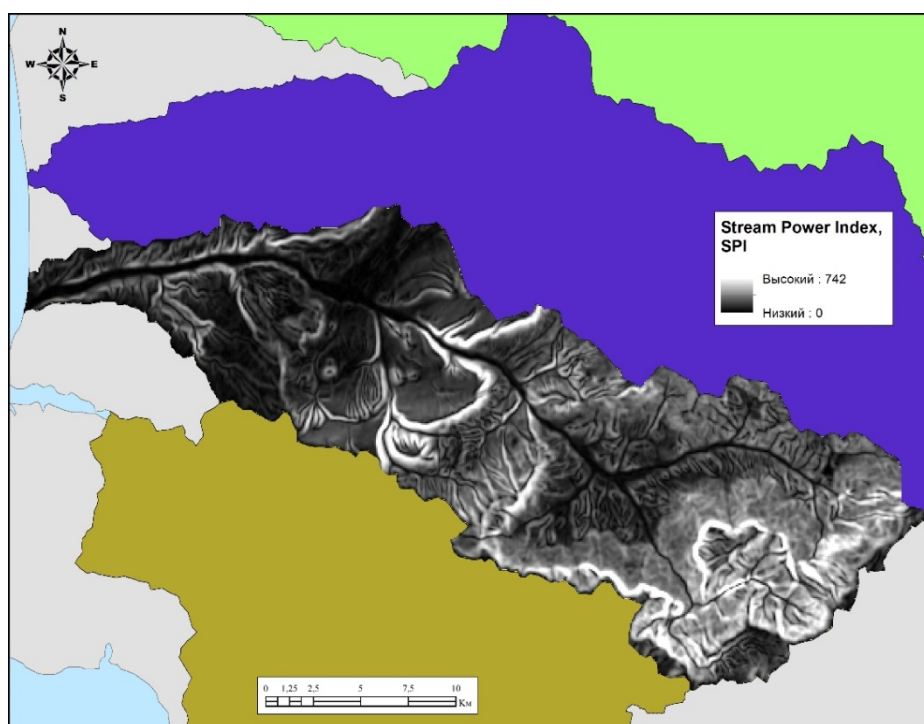


Рис. 4. Значение индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) в бассейне реки Бельбек (составлено автором).
Составлено авторами.

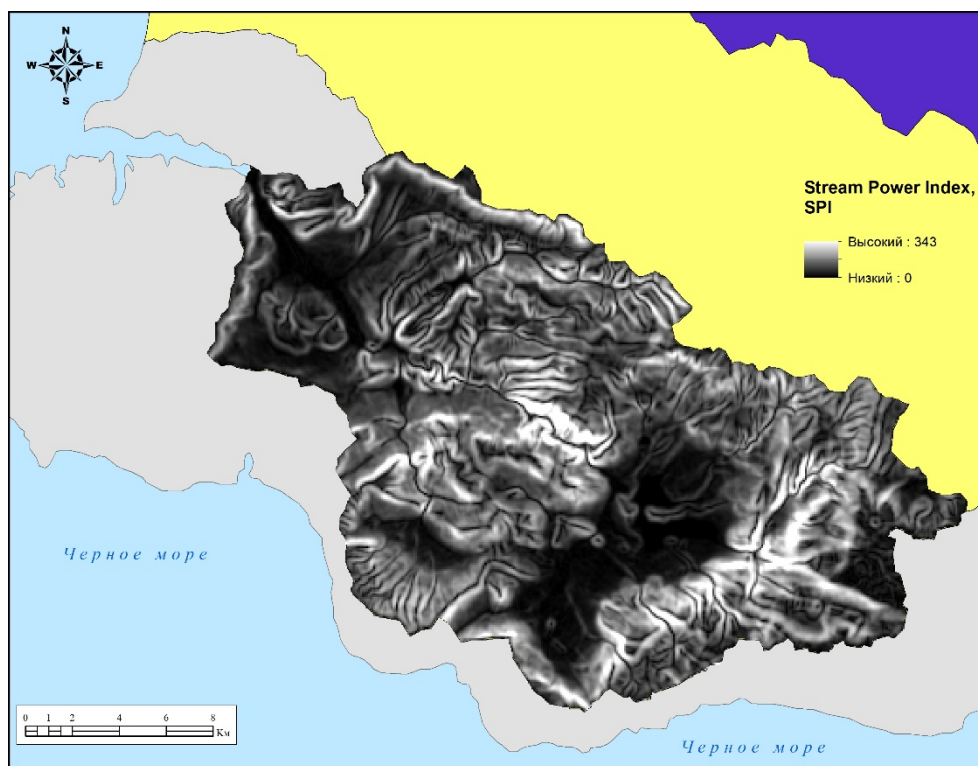


Рис. 5. Значение индекса мощности линейной эрозии (Stream Power Index, SPI) в бассейне реки Черная (составлено автором).

Составлено авторами.

Как видно из рисунков 1–5 максимальные значения индекса мощности линейной эрозии наблюдаются в верховьях бассейнов рассматриваемых рек. При этом наибольшими значениями индекса мощности линейной эрозии характеризуется бассейн реки Бельбек, а наименьшими — бассейн реки Западный Булганак.

Для борьбы с водной эрозией существует ряд комплексных мер: организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические. Все они должны проводиться с учетом зональных ландшафтных условий (и особенно учитывать увлажнение, рельеф и общий характер проявления эрозии). Организационно-хозяйственные меры заключаются в комплексной оценке процесса эрозии, разработка противоэрозионных мероприятий и своевременное их применение. Агротехнические меры представляют собой комплекс правильной обработки почв, которая помогает свести к минимуму вымывание почвы (землю следует пахать поперёк склона; прокладка ливневых борозд; заравнивание ям и другое). Необходимо использовать специальные удобрения, следить за процессом снеготаяния и снегозадержания. Также одной из действенных мер является посев многолетних культур. Лесомелиоративные и гидротехнические меры заключаются в создании искусственного водоотведения и защите основных земельных массивов — на склонах высаживаются лесополосы, а для отведения талой воды строятся специальные каналы, плотины, создаются искусственные водоёмы. Соблюдение всех противоэрозионных правил позволит сохранить плодородный слой почвы и избежать негативных последствий для ландшафтов и экосистем.

Выводы

Водная эрозия отрицательно сказывается на многих аспектах как человеческой жизни, так и на развитие многих экосистем и геосистем. Ежегодное вымывание плодородных слоёв почвы, способствует снижению урожайности; загрязнению водоёмов и оросительных каналов; размыванию дорог и коммунальных систем; образованию оврагов, из-за которых невозможно осуществление сельскохозяйственных работ; сокращению, а иногда и полному исчезновению многих видов растений и животных. Для Крымского полуострова где основным его богатством является мощный природно-климатический, исторический и культурный потенциал, крайне нежелательно развитие эрозионных процессов. Поэтому необходимо прилагать все усилия для выявления и ранней нейтрализации потенциального проявления водной эрозии на территории Крымского полуострова.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках темы НИР «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Регистрационный номер: АААА-А19-119061190081-9».

Литература

1. Ергина Е. И., Тронза Г. Е. Современное почвенно-экологическое состояние Крымского полуострова // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2016. Том 2 (68). № 3. С. 196–196.
2. Ергина Е. И., Кошлатый С. Д. Методико-технологические аспекты моделирования допустимых норм эрозии как основного критерия почвозащитных систем земледелия в Крыму // Культура народов Причерноморья. 2006. № 73. С. 148–151.
3. Максугова Н. К., Скупинова Е. А. Ландшафтный мониторинг охраняемых природных территорий. Вологда: Полиграфист, 2003. 116 с.
4. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / Под ред. Е. А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
5. Драган Н. А. Мониторинг и охрана почв. Симферополь: ТНУ, 2008. 172 с.
6. Олиферов А. Н., Тимченко З. В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 214 с.
7. Табунщик В. А. Рельеф бассейнов рек северо-западного склона крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2018. Т. 4 (14). № 3. С. 78–87.
8. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М. : Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
9. Звонков В. В. Водная и ветровая эрозия земли. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 174 с.
10. Кирюхин В. Д. Противоэрозионная организация территории. М.: Колос, 1973. 160 с.
11. Гудзон Н. Охрана почв и борьба с эрозией. М. : Колос, 1974. 304 с.

12. Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса: Вища школа, 1981. 223 с.
13. Швебс Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 184 с.
14. Кузнецов М. С. Противоэрозионная стойкость почв. М.: Изд-во МГУ, 1981. 136 с.
15. Кузнецов М. С., Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, Колос, 2004. 352 с.
16. Заславский М. Н. Эрозиоведение. М.: Высшая школа, 1983. 320 с.
17. Константинов И. С. Защита почв от эрозии при интенсивном земледелии. Кишинев: Штиинца, 1987. 240 с.
18. Бастраков Г. В. Эрозионная устойчивость рельефа и противоэрозионная защита земель. Брянск: Изд-во БГПИ, 1993. 260 с.
19. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 200 с.
20. Литвин Л. Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 255 с.
21. Ермолаев О. П. Эрозия в бассейновых геосистемах. Казань: УНИПРЕСС, 2002. 264 с.
22. Кузнецов М. С., Перлин С. И. История и методология эрозиоведения в СССР. Пущино: [б. и.], 1988. 23 с.
23. Голосов В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: Геос, 2006. 296 с.
24. География овражной эрозии / Под редакцией Е. Ф. Зориной. М.: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.
25. Лисецкий Ф. Н., Светличный А. А., Черный С. Г. Современные проблемы эрозиоведения / Под ред. А. А. Светличного. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
26. Глотов А. А. Применение данных о рельефе для эффективного использования сельскохозяйственных земель // Геопрофи. 2013. № 4. С. 20–22.
27. Wilson J. P., Gallant J. C. Terrain Analysis Principles and Applications. Hoboken: John Wiley & Sons, 2000. 479 p.

V. A. Tabunshchik

Estimation of Stream Power Index (SPI) in the River Basins of the North-Western Slopes of the Crimean Mountains (River Basins Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya)

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
e-mail: tabunshchik@ya.ru

Annotation. The territory of the Crimean peninsula is actively subject to the development of erosion. The article is devoted to assessing Stream Power Index (SPI) in the river basins of the North-Western slopes of the Crimean Mountains (River Basins Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya). Calculations are carried out using geoinformation research methods. As a result of the work, a set of maps was

obtained that characterize the spatial distribution of Stream Power Index (SPI) in the river basins of the north-western slopes of the Crimean Mountains (River Basins Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya).

Keyword: *Crimea, Crimean Peninsula, river, river basin, basin, Western Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya, erosion, Stream Power Index, SPI.*

References

1. Ergina E. I., Tronza G. E. Sovremennoe pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie Krymskogo poluostrova. Uchyonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2016. Vol. 2 (68). No. 3. pp. 196–196. (in Russian).
2. Ergina E. I., Koshlatyj S. D. Metodiko-tekhnologicheskie aspekty modelirovaniya dopustimyh norm erozii kak osnovnogo kriteriya pochvozashchitnyh sistem zemledeliya v Krymu. Kul'tura narodov Prichernomor'ya. 2006. No. 73. pp. 148–151. (in Russian).
3. Maksutova N. K., Skupinova E. A. Landshaftnyj monitoring ohranyaemyh prirodnyh territorij. Vologda: Poligrafist, 2003. 116 p. (in Russian).
4. Sovremennye landshafty Kryma i sopredel'nyh akvatorij. E. A. Pozachenyuk (ed.). Simferopol': Biznes-Inform, 2009. 672 p. (in Russian).
5. Dragan N. A. Monitoring i ohrana pochv. Simferopol': TNU, 2008. 172 p. (in Russian).
6. Oliferov A. N., Timchenko Z. V. Reki i ozera Kryma. Simferopol' : Dolya, 2005. 214 p. (in Russian).
7. Tabunshchik V. A. Rel'ef bassejnov rek severo-zapadnogo sklona krymskih gor (na primere bassejnov rek Zapadnyj Bulganak, Al'ma, Kacha, Bel'bek, CHernaya). Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2018. Vol. 4 (14). No. 3. pp. 78–87. (in Russian).
8. Makkaveev N.I. Ruslo reki i eroziya v ee bassejne. M. : Izd-vo AN SSSR, 1955. 346 p. (in Russian).
9. Zvonkov V. V. Vodnaya i vetrovaya eroziya zemli. M.: Izd-vo AN SSSR, 1963. 174 p. (in Russian).
10. Kiryuhin V. D. Protivoerozionnaya organizaciya territorii. M.: Kolos, 1973. 160 p. (in Russian).
11. Gudzon N. Ohrana pochv i bor'ba s eroziej. M. : Kolos, 1974. 304 p. (in Russian).
12. SHvebs G. I. Teoreticheskie osnovy eroziovedeniya. Kiev-Odessa: Vishcha shkola, 1981. 223 p. (in Russian).
13. SHvebs G. I. Formirovanie vodnoj erozii, stoka nanosov i ih ocenka. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 184 p. (in Russian).
14. Kuznecov M. S. Protivoerozionnaya stojkost' pochv. M.: Izd-vo MGU, 1981. 136 p.
15. Kuznecov M. S., Glazunov G. P. Eroziya i ohrana pochv. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, Kolos, 2004. 352 p. (in Russian).
16. Zaslavskij M. N. Eroziovedenie. M.: Vysshaya shkola, 1983. 320 p. (in Russian).
17. Konstantinov I. S. Zashchita pochv ot erozii pri intensivnom zemledelii. Kishinev: SHtiinca, 1987. 240 p. (in Russian).
18. Bastrakov G. V. Erozionnaya ustojchivost' rel'efa i protivoerozionnaya zashchita zemel'. Bryansk: Izd-vo BGPI, 1993. 260 p. (in Russian).
19. Larionov G. A. Eroziya i deflyaciya pochv. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1993. 200 p. (in Russian).

20. Litvin L. F. Geografiya erozii pochv sel'skohozyajstvennyh zemel' Rossii. M.: IKC "Akademkniga", 2002. 255 p. (in Russian).
21. Ermolaev O. P. Eroziya v bassejnovyh geosistemah. Kazan': UNIPRESS, 2002. 264 p. (in Russian).
22. Kuznecov M. S., Perlin S. I. Istoriya i metodologiya eroziovedeniya v SSSR. Pushchino: [b. i.], 1988. 23 p. (in Russian).
23. Golosov V. N. Erozionno-akkumulyativnye processy v rechnyh bassejnah osvoennyh ravnin. M.: Geos, 2006. 296 p. (in Russian).
24. Geografiya ovrazhnoj erozii. Pod redakciej E. F. Zorinoj. M.: Izd-vo MGU, 2006. 324 p. (in Russian).
25. Liseckij F. N., Svetlichnyj A. A., CHernyj S. G. Sovremennye problemy eroziovedeniya. A. A. Svetlichnogo (ed.). Belgorod: Konstanta, 2012. 456 p.
26. Glotov A. A. Primenenie dannyh o rel'efe dlya effektivnogo ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennyh zemel'. Geoprofi. 2013. No. 4. pp. 20–22. (in Russian).
27. Wilson J. P., Gallant J. C. Terrain Analysis Principles and Applications. Hoboken: John Wiley & Sons, 2000. 479 p.

Поступила в редакцию 19.05.2021 г.