

УДК 556.5(477.75)
Табунщик В. А.

Рельеф бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная)¹

Таврическая академия (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени
В. И. Вернадского», г. Симферополь
e-mail: tabunshchuk@ya.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению рельефа бассейнов пяти наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная). Для бассейна каждой реки рассчитывались показатели, характеризующие рельеф бассейна реки – высота и уклоны.

Ключевые слова: Крым, Крымский полуостров, река, бассейн реки, бассейн, Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная.

Введение

Согласно классификации, представленной в работе [1], на территории Крымского полуострова реки подразделяются на 6 групп:

1. реки Южного берега Крыма;
2. реки северо-западных склонов Крымских гор;
3. река Салгир и его притоки;
4. реки северо-восточных склонов Крымских гор;
5. реки и балки Равнинного Крыма;
6. реки и балки Керченского полуострова.

В группу рек северо-западных склонов Крымских гор входят пять основных рек (Табл. 1) – Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная [1].

Это одни из самых протяженных и полноводных рек Крымского полуострова. По [3] густота речной сети в бассейнах колеблется от 0,5 км на кв. км (в верховьях, за исключением Западного Булганака) до 0,1 км на кв. км (в низовьях). Реки берут свое начало на северо-западных склонах Главной гряды Крымских гор и протекают с востока на запад практически параллельно друг другу.

Цель данной работы – изучить рельеф бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

¹ Настоящая работа выполнена при поддержке Программы развития Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» на 2015–2024 годы в рамках реализации академической мобильности по проекту ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» «Сеть академической мобильности “ГИС-Ландшафт – Технологии и методики формирования геопорталов современных ландшафтов регионов”», а также в рамках поддержанного ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского» гранта «Экологические ниши и природопользование ландшафтных уровней Крымского полуострова».

Таблица 1.

Наиболее крупные реки северо-западного склона Крымских гор, по [2]

№	Река	Куда впадает	Длина, км	Площадь водосбора, кв. км
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 автором

Материалы и методы

Как отмечается в работе [4], к основным показателям, характеризующим рельеф бассейнов рек, относятся:

1. средняя высота бассейна;
2. разность высот наивысшей и наинизшей точек;
3. средний уклон бассейна.

Основой исследования послужили открытые геоданные Shuttle radar topographic mission (далее – SRTM), полученные из источника [5]. В дальнейшем данные SRTM, состоящие из квадратов, были объединены в один растр и получена цифровая модель рельефа для территории Крымского полуострова.

Основными методами в работе выступили: литературно-аналитический, картографический, картометрический и геоинформационные методы.

Изучению бассейнов рек посвящено множество работ как теоретического [4; 6; 7], так и прикладного характера, в том числе с использованием геоинформационных методов [8–15].

Методика исследования основана на использовании программного комплекса ArcGIS и состоит в следующем:

1. цифровая модель рельефа SRTM для территории Крымского полуострова загружается в программный комплекс ArcGIS;
2. с помощью инструмента «Заполнение» («Fill») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» в цифровой модели рельефа SRTM заполняются некорректные понижения рельефа;
3. с помощью инструмента «Направление стока» («Flow Direction») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» определяются направления стока для каждого пикселя цифровой модели рельефа SRTM, предварительно обработанной (пункт 2) инструментом «Заполнение» («Fill»);
4. с помощью инструмента «Бассейн» («Basin») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst», на основании построенного растра направления стока (пункт 3), строится растр бассейнов рек Крымского полуострова;

5. с помощью инструмента «Растр в полигоны» («Raster to Polygon») из группы инструментов «Из растра» («From Raster») набора инструментов «Конвертация» («Conversion») полученный в пункте 4 растр трансформируется в полигональный шейп-файл;

6. в полигональном шейп-файле были выбраны бассейны пяти наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная);

7. с помощью инструмента «Извлечь по маске» («Extract by Mask») из группы инструментов «Извлечение» («Extraction») набора инструментов «Spatial Analyst» производится обрезка SRTM для бассейнов выбранных рек и устанавливаются максимальные, минимальные и средние абсолютные высоты, а также амплитуда высот в пределах бассейнов;

8. с помощью инструмента «Уклон» («Slope») из группы инструментов «Поверхность» («Surface») набора инструментов «Spatial Analyst» для территории Крымского полуострова рассчитывается уклон поверхности;

9. с помощью инструмента «Извлечь по маске» («Extract by Mask») из группы инструментов «Извлечение» («Extraction») набора инструментов «Spatial Analyst» производится обрезка растра, отражающего уклон поверхности (пункт 8) для бассейнов выбранных рек и устанавливаются максимальные, минимальные и средние значения уклонов поверхности в пределах бассейнов.

Результаты и обсуждение

На основании вышеописанной методики была построена карта бассейнов пяти наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (рис. 1). Это бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. В целом бассейны вышеупомянутых рек, выделенные с помощью геоинформационных методов исследования, повторяют конфигурацию бассейнов, выделенных вручную А.Н. Олиферовым и приведенных в работах [17; 18].

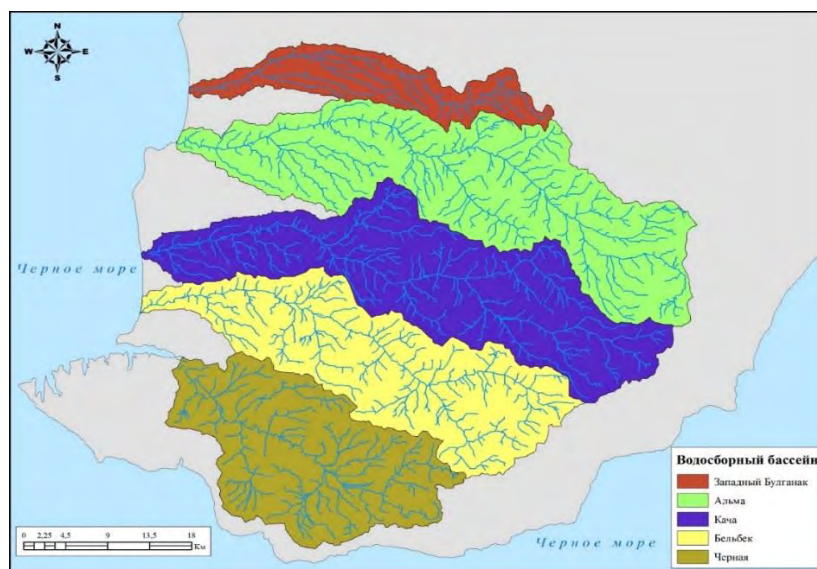


Рис. 1. Бассейны наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор. Составлено автором

На основании открытых геоданных SRTM, полученных из источника [5], была построена карта (рис. 2), отражающая абсолютные высоты в пределах рассматриваемых речных бассейнов. Далее дополнительно были проанализированы речные бассейны рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная.

В результате были получены данные, отражающие минимальные, максимальные и средние абсолютные высоты в пределах каждого речного бассейна (табл. 2).

Таблица 2.
Абсолютные высоты (м) бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор

Река	Минимум, м	Максимум, м	Среднее, м
Западный Булганак	8	536	186
Альма	3	1493	374
Кача	-2	1531	404
Бельбек	-3	1414	418
Черная	-4	1111	395

Составлено автором

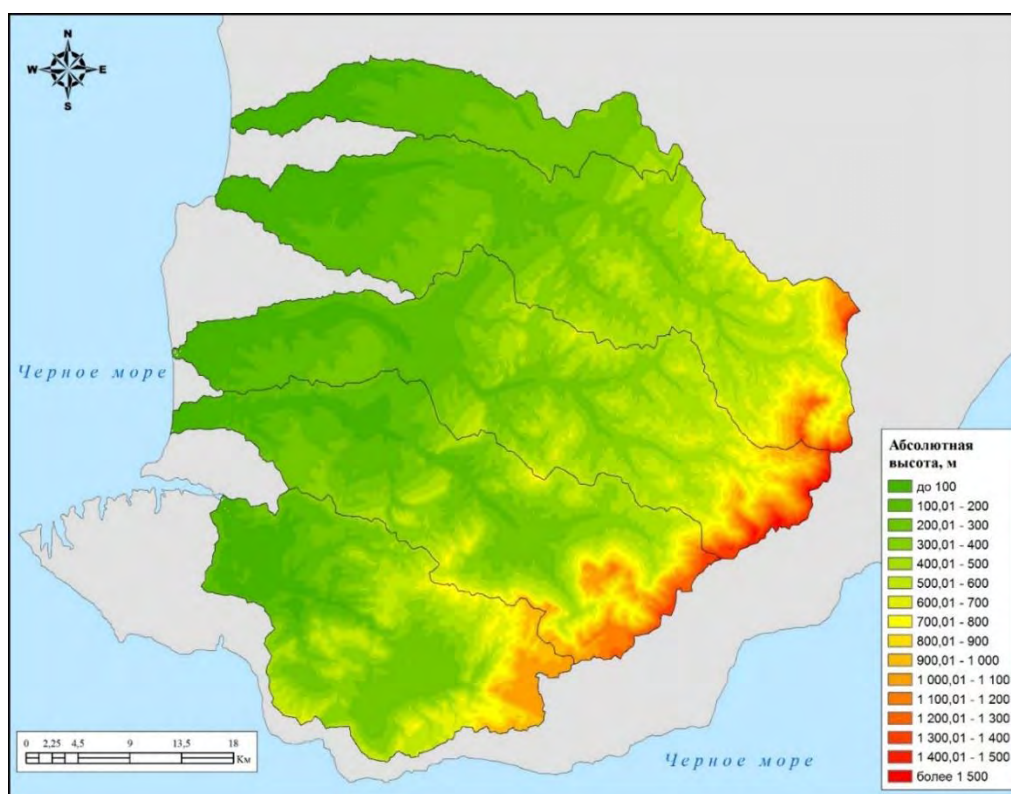


Рис. 2. Абсолютные высоты (м) бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор. *Составлено автором*

Так, максимальные абсолютные высоты характерны для бассейнов рек Альма (1493 м) и Кача (1531 м), а средние – для бассейнов рек Бельбек (418 м) и Кача

(404 м). Амплитуда высот в пределах бассейна реки Западный Булганак составляет 528 м, Альма – 1490 м, Кача – 1533 м, Бельбек – 1417 м, Черная – 1115 м. Дополнительно было проанализировано распределение бассейнов рек по высотам (табл. 3).

Таблица 3.

Распределение бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор по высотным интервалам (в процентах от площади бассейна)

Высотный интервал, м	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
до 100	22,5%	9,8%	9,3%	8,1%	10,9%
100,01–200	32,3%	17,9%	17,4%	16,8%	11,4%
200,01–300	35,0%	17,7%	13,9%	19,2%	21,0%
300,01–400	6,9%	14,6%	15,4%	15,9%	15,7%
400,01–500	3,1%	15,0%	17,2%	11,3%	12,4%
500,01–600	0,2%	10,2%	11,7%	7,4%	10,2%
600,01–700	-	5,5%	3,5%	4,4%	5,5%
700,01–800	-	3,0%	2,1%	3,5%	3,4%
800,01–900	-	1,9%	1,9%	3,2%	2,7%
900,01–1000	-	1,5%	1,9%	3,5%	3,3%
1000,01–1100	-	1,2%	1,4%	2,8%	3,4%
1100,01–1200	-	0,9%	1,2%	2,3%	0,0%
1200,01–1300	-	0,5%	1,0%	1,2%	-
1300,01–1400	-	0,2%	1,2%	0,5%	-
1400,01–1500	-	0,1%	0,8%	0,1%	-
более 1500	-	-	0,1%	-	-

Составлено автором

Как видно из таблицы 2, в бассейнах наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор доминируют высоты до 500 м (практически весь бассейн реки Западный Булганак, 75 % бассейна реки Альма, 73 % бассейна реки Кача, 71 % бассейна реки Бельбек, 71 % бассейна реки Черная).

На основании открытых геоданных SRTM, полученных из источника [5], была построена карта (рис. 3, табл. 4), отражающая уклоны поверхности в пределах рассматриваемых речных бассейнов.

Таблица 4.

Уклон поверхности в пределах бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор

	Минимум, град.	Максимум, град.	Среднее, град.
Западный Булганак	0	19,6	2,7
Альма	0	42,8	6,8
Кача	0	37,4	8,2
Бельбек	0	55,8	9,4
Черная	0	38,8	9,1

Составлено автором

Наибольшими максимальными уклонами характеризуются бассейны рек Бельбек (55,8 градуса) и Альма (42,8 градуса), а наименьшими максимальными уклонами – бассейн реки Западный Булганак (19,6 градуса). Средние значения уклонов поверхности колеблются от 2,7 градусов в бассейне реки Западный Булганак до 9,4 градуса в бассейне реки Бельбек.

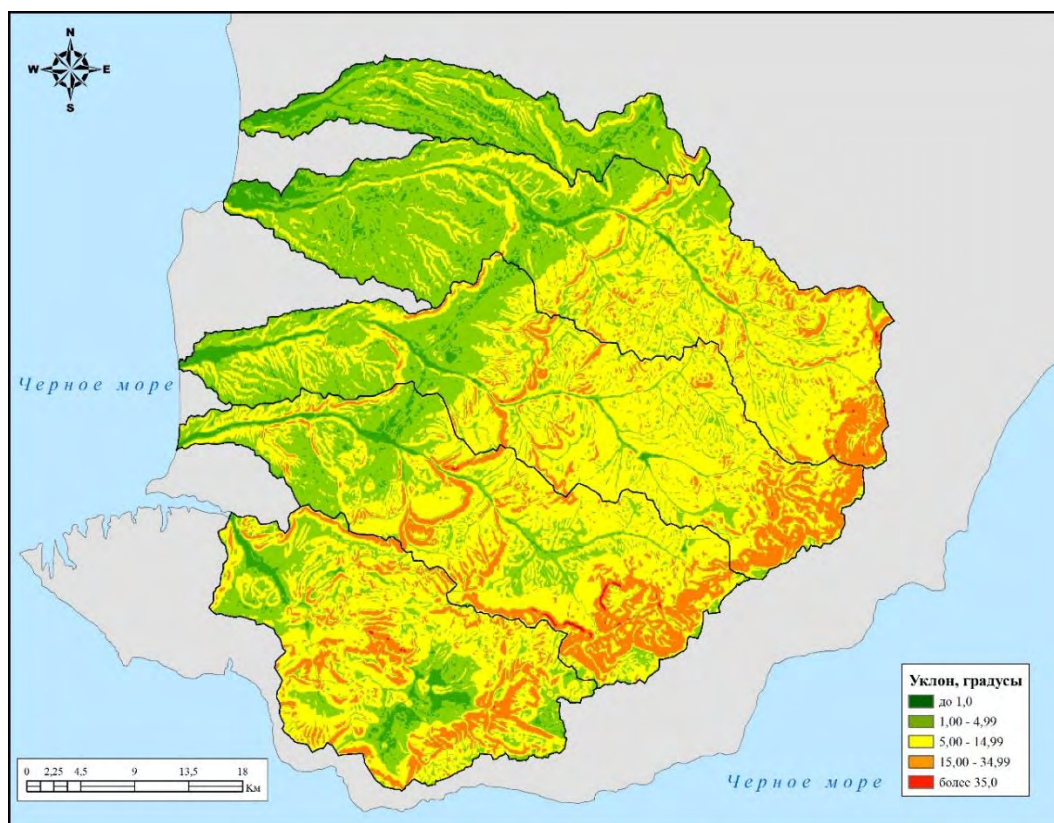


Рис. 3. Уклон поверхности в пределах бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор. *Составлено автором*

Дополнительно был произведен анализ распределения уклонов (по классификации [19]) в пределах бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор.

Таблица 5.

Уклоны бассейнов наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (в процентах от площади бассейна)

Уклоны, градусы	Западный Булганак	Альма	Кача	Бельбек	Черная
до 1,00	20,6	6,1	4,0	3,2	4,9
1,00–4,99	66,2	40,0	29,3	26,1	25,4
5,00–14,99	12,8	45,8	54,6	52,7	52,4
15,00–34,99	0,4	8,0	12,0	17,6	17,2
более 35,00	-	0,1	0,1	0,3	0,1

Составлено автором

Из таблицы 5 видно, что в бассейне реки Западный Булганак преобладают уклоны в диапазоне 1,00–4,99 градуса (66,2 %) и значительная часть бассейна занята уклонами менее 1 градуса (20,6 %). В бассейнах рек Кача, Бельбек и Черная более половины территории занято уклонами в диапазоне 5,00–14,99 градуса.

Выводы

1. На основании анализа открытых данных SRTM для пяти наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор были рассчитаны основные показатели, характеризующие рельеф бассейнов. Бассейн реки Западный Булганак выделяется и обособливается на фоне бассейнов рек Альма, Кача, Бельбек и Черная.
2. Среднее значение абсолютных высот в бассейне реки Западный Булганак составляет 186 м, Альма – 374 м, Кача – 404 м, Бельбек – 418 м, Черная – 395 м.
3. Амплитуда высот в пределах бассейна реки Западный Булганак составляет 528 м, Альма – 1490 м, Кача – 1533 м, Бельбек – 1417 м, Черная – 1115 м.
4. Среднее значение уклонов в бассейне реки Западный Булганак составляет 2,7 градуса, Альма – 6,8 градуса, Кача – 8,2 градуса, Бельбек – 9,4 градуса, Черная – 9,1 градуса.

Литература

1. Олиферов А. Н., Тимченко З. В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 214 с.
2. Поверхностные водные объекты Крыма / Под ред. Тимченко З. В.; Сост.: Лисовский А. А. и др. Симферополь: Рескомводхоз, 2004. 113 с.
3. Олиферов А. Н. Поверхностные воды // Атлас «Автономная Республика Крым». Киев–Симферополь: Институт географии НАН Украины, Таврический национальный университет им. Вернадского, ЗАО «Институт передовых технологий», 2003. С. 26.
4. Волков Н. М. Принципы и методы картометрии. Москва-Ленинград: Изд-во и 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1950. 328 с.
5. SRTM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>
6. Пириев Р. Х. Методы морфометрического анализа рельефа: на примере территории Азербайджана. Баку: Элм, 1986. 117 с.
7. Maidment D., Djokic D. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems. Redlands: California, 2000. 232 p.
8. Мальцев К. А., Шарифуллин А. Г. Морфологическая классификация малых водосборов в речных бассейнах освоенных равнин // Геоморфология. 2017. № 3. С. 76–87.
9. Погорелов А. В., Думит Ж. А. Рельеф бассейна р. Кубани: Морфологический анализ. М.: ГЕОС, 2009. 206 с.
10. Никитенко А. Н., Дутова Е. М., Покровский Д. С. Картографические построения и оценка морфометрических параметров водосборов горно-

- складчатых территорий по данным спутниковой съемки (SRTM) (на примере Северной части Кузнецкого Алатау) // Вестник ТГАСУ. 2013. № 1. С. 223–231.
11. Павлова А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съемки SRTM (на примере бассейна р. Терешки) // Известия Саратовского университета. 2009. Том 9. С. 39–44.
 12. Никитенков А. Н., Дутова Е. М. Речной сток и морфометрические параметры водосборов северной части Кузнецкого Алатау // Известия Томского политехнического университета. 2010. Том. 316. № 1. С. 142–147.
 13. Абакумова В. Ю. Изучение территориального распределения условий формирования речной сети бассейна реки Чита (Забайкальский край) // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 152–158.
 14. Мамедов С., Алекберова С., Гамидова З., Исмаилова Л. Изучение морфометрических показателей рельефа селеопасных бассейнов по данным радарных спутниковых снимков (на примере междуречья Шинчай-Дамирапаранчай) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2017. № 2. С. 59–70.
 15. Скоморох А. В., Табунщик В. А. Морфометрический ГИС-анализ территории Юго-восточной части Главной гряды Крымских гор // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Географические исследования Евразии: история и современность», посвященной 160-летию экспедиции П. П. Семенова на Тянь-Шань в рамках XII Большого географического фестиваля. М.: Издательство «Перо», 2016. 936 с. С. 510–513.
 16. Кашавцева А. Ю., Шипулин В. Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «География». 2011. Т. 24 (63). №3. С. 85–92.
 17. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / Под ред. Е. А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
 18. Табунщик В. О. Виділення буферних водоохоронних зон центрального Присивашся // Проблеми гірського ландшафтознавства. 2014. Випуск 1. С. 76–81.
 19. Воскресенский С. С. Динамическая геоморфология: Формирование склонов. Москва: Издательство Московского университета, 1971. 229 с.

Tabunshchik V. A.

Relief of river basins of the North-Western slope of the Crimean mountains (river basins Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya)

¹V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Taurida Academy, Russian Federation, Simferopol
e-mail: tabunshchik@ya.ru

Abstract. *The article is devoted to the study of the relief of basins of the five largest river of the North-Western slope of the Crimean Mountains (West Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya). For the basin of each river, the indicators characterizing the relief of the river basin – heights and slopes were calculated.*

Keywords: *Crimea, Crimean peninsula, river, river basin, basin, Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya.*

References

1. Oliferov A. N., Timchenko Z. V. Reki i ozera Kryma. Simferopol': Dolya, 2005. 214 s.
2. Poverhnostnye vodnye ob"ekty Kryma / Pod red. Timchenko Z. V; Sost.: Lisovskij A. A. i dr. Simferopol': Reskomvodhoz, 2004. 113 s. (in Russian).
3. Oliferov A. N. Poverhnostnye vody // Atlas «Avtonomnaya Respublika Krym». – Kiev–Simferopol': Institut geografii NAN Ukrainy, Tavricheskij nacional'nyj universitet im. Vernadskogo, ZAO «Institut peredovyh tekhnologij», 2003. S. 26. (in Russian).
4. Volkov N. M. Principy i metody kartometrii. Moskva-Leningrad: Izd-vo i 2-ya tip. Izd-va Akad. nauk SSSR, 1950. 328 s. (in Russian).
5. SRTM [Electronic resource]. URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>. (in Russian).
6. Piriev R. H. Metody morfometricheskogo analiza rel'efa: na primere territorii Azerbajdzhana. Baku: EHI, 1986. 117 s. (in Russian).
7. Maidment D., Djokic D. Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems. Redlands: California, 2000. 232 p. (in Russian).
8. Mal'cev K. A., SHarifullin A. G. Morfologicheskaya klassifikaciya malyh vodosborov v rechnyh bassejnah osvoennyh ravnin // Geomorfologiya. 2017. №3. S. 76-87. (in Russian).
9. Pogorelov A. V., Dumit ZH. A. Rel'ef bassejna r. Kubani: Morfologicheskij analiz. M.: GEOS, 2009. 206 s. (in Russian).
10. Nikitenko A. N., Dutova E. M., Pokrovskij D. S. Kartograficheskie postroeniya i ocenka morfometricheskikh parametrov vodosborov gorno-skladchatyh territorij po dannym sputnikovoj s"emki (SRTM) (na primere Severnoj chasti Kuzneckogo Alatau) // Vestnik TGASU. 2013. № 1. S. 223-231. (in Russian).
11. Pavlova A. N. Geoinformacionnoe modelirovanie rechnogo bassejna po dannym sputnikovoj s"emki SRTM (na primere bassejna r. Tereshki) // Izvestiya Saratovskogo universiteta. 2009. Tom 9. S. 39–44. (in Russian).
12. Nikitenkov A. N., Dutova E. M. Rechnoj stok i morfometricheskie parametry vodosborov severnoj chasti Kuzneckogo Alatau // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. 2010. Tom. 316. № 1. S. 142–147. (in Russian).
13. Abakumova V. YU. Izuchenie territorial'nogo raspredeleniya uslovij formirovaniya rechnoj seti bassejna reki CHita (Zabajkal'skij kraj) // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 368. S. 152–158. (in Russian).
14. Mamedov S., Alekberova S., Gamidova Z., Ismajlova L. Izuchenie morfometricheskikh pokazatelej rel'efa seleopasnyh bassejnov po dannym radarnyh sputnikovyh snimkov (na primere mezhdurech'ya SHinchaj-Damiraparanchaj) // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2017. № 2. S. 59-70. (in Russian).
15. Skomoroh A. V., Tabunshchik V. A. Morfometricheskij GIS-analiz territorii YUgo-vostochnoj chasti Glavnoj gryady Krymskih gor // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Geograficheskie issledovaniya Evrazii: istoriya i sovremennost'», posvyashchennoj

- 160-letiyu ehkspedicii P. P. Semenova na Tyan'-SHan' v ramkah XII Bol'shogo geograficheskogo festivalya. M.: Izdatel'stvo «Pero», 2016. 936 s. S. 510-513. (in Russian).
16. Kashchavceva A. YU., SHipulin V. D. Modelirovanie rechnyh bassejnov sredstvami ArcGIS 9.3 // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta. Seriya «Geografiya». 2011. T. 24 (63). №3. S. 85-92. (in Russian).
17. Sovremennye landshafty Kryma y sopredel'nykh akvatoryy / Pod red. E. A. Pozachenyuk. Symferopol': Byznes-Ynform, 2009. 672 s. (in Russian).
18. Tabunshchyk V. O. Vydilennya bufernykh vodookhoronnykh zon tsentral'noho Prysuvashshya // Problemy hirs'koho landshaftoznavstva. 2014. Vypusk 1. S. 76-81. (in Russian).
19. Voskresenskij S. S. Dinamicheskaya geomorfologiya: Formirovanie sklonov. Moskva: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1971. 229 s. (in Russian).

Поступила в редакцию 10.05.2018 г.