

УДК 556.5 (477.75)

DOI 10.37279/2413-1717-2021-7-3-267-278

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ЗАПАДНЫЙ БУЛГАНАК, АЛЬМА, КАЧА, БЕЛЬБЕК, ЧЕРНАЯ)

Табунщик В. А.

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

В статье рассматриваются основные морфометрические характеристики бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. С использованием цифровой модели рельефа Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) и программного комплекса ArcGIS для бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная анализируются следующие морфометрические показатели — площадь бассейна реки, симметричность бассейна относительно реки, длина бассейна реки, ширина бассейна реки, конфигурация и изрезанность очертаний бассейна реки, наибольшая и наименьшая высоты в пределах бассейна реки, средняя высота бассейна реки, средний уклон бассейна реки. Часть морфометрических показателей рассчитывается впервые. Для морфометрических показателей, которые частично ранее рассчитывались с использованием топографических карт и опубликованы в литературных источниках, приводится сравнение и анализ с расчетными данными. Установлено что использование цифровой модели рельефа SRTM и программного комплекса ArcGIS позволяет проводить довольно точные измерения морфометрических показателей бассейна реки.

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

ВВЕДЕНИЕ

Согласно [1] Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная относятся к рекам северо-западного склона Крымских гор. А. Н. Олиферов и З. В. Тимченко в работе [2], отмечают, что истоки рек находятся на северо-западных склонах Главной гряды Крымских гор, затем реки текут с востока на запад почти параллельно друг другу. Примерно до середины своего течения они имеют характер, типичный для горных потоков (кроме реки Западный Булганак). Долины рек в верхнем течении V-образные, узкие, склоны их рассечены многочисленными балками и притоками. В среднем и нижнем течениях притоки почти отсутствуют. В меженный (маловодный период) на устьевых участках рек наблюдается пересыхание. Водосборные бассейны имеют вытянутую вдоль реки форму, расширенную в верхней части, являющейся основной областью питания [2].

Рассматриваемые бассейны рек, хотя и имеют, по сравнению с остальными, бассейнами рек Крымского полуострова, лучшую изученность в целом же исследованы недостаточно.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Как отмечается в [3, С. 228], речной бассейн – это «ограниченная водоразделами часть поверхности земли, заключающая в себе поток или водоём с подчиненным им притоками и охватывающая известную площадь, с которой происходит сток в этот

поток или водоём». Наравне с термином «речной бассейн» часто употребляется и термин «водосборный бассейн». По [4, с. 69], водосборный бассейн — это «часть земной поверхности, вместе с толщей почв и горных пород, откуда происходит сток в реку, речную систему, озеро или море».

В [5] отмечается что наравне с физико-географической характеристикой речного бассейна, очень важной является морфометрическая характеристика. Морфометрическими показателями речных бассейнов, согласно [5] являются:

- 1) площадь бассейна реки;
- 2) симметричность бассейна относительно реки;
- 3) длина бассейна реки;
- 4) ширина бассейна реки;
- 5) конфигурация и изрезанность очертаний бассейна реки;
- 6) наибольшая и наименьшая высоты в пределах бассейна реки;
- 7) средняя высота бассейна реки;
- 8) средний уклон бассейна реки.

Стоит отметить, что изучению бассейнов рек Крымского полуострова, посвящено не такое уж и большое количество работ с использованием геоинформационных методов [6, 7, 8, 9, 10].

Методика морфометрического анализа речных бассейнов строится на использовании программного комплекса ArcGIS и цифровой модели рельефа Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) и представляет собой алгоритм действий, состоящий из последовательного выполнения следующих шагов с использованием группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst»:

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 «Суммарный сток» («Flow Accumulation») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» производится вычисление суммарного стока, который представляет собой суммарный вес всех пикселей, впадающих в каждый пиксель вниз по склону выходного растра. В качестве входящего растра используется растр направления стока, созданный в пункте 3.

5. С помощью инструмента «Калькулятор растра» («Raster Calculator») из группы инструментов «Алгебра карт» («Map Algebra») набора инструментов «Spatial Analyst» производится выбор пикселей, для которых значение суммарного стока более 25. В результате создается новый растр со значением суммарного стока более 25.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ЗАПАДНЫЙ БУЛГАНАК, АЛЬМА, КАЧА, БЕЛЬБЕК, ЧЕРНАЯ)

6. С помощью инструмента «Идентификация водотоков» («Stream Link») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» создается растровая линейная сеть, где каждой секции линейной сети присваиваются уникальные значения и выделяются водотоки-звенья. В качестве исходных (входящих) растров используются растр направления стока, созданный в пункте 3 и растр суммарного стока со значением более 25, созданный в пункте 5.

7. С помощью инструмента «Порядок водотоков» («Stream Order») из группы инструментов «Гидрология» («Hydrology») набора инструментов «Spatial Analyst» для каждого звена эрозионной сети растра созданному в пункте 6 присваивается порядковый номер.

8. 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.

9. С помощью инструмента «Растр в полигоны» («Raster to Polygon») из группы инструментов «Из растра» («From Raster») набора инструментов «Конвертация» («Conversion») полученный в пункте 7 растр, трансформируется в полигональный шейп-файл.

Выполнение каждого шага вышеописанной методики проиллюстрировано на рисунке 1 для бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная). Дальнейшая методика состоит в определении основных морфометрических характеристик бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (на примере бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная).

10. Расчет площади для каждого бассейна производится с помощью создания в атрибутивной таблице шейп-файла, полученного в пункте 9, нового столбца «area» и использования команды контекстного меню созданного столбца «Калькулятор поля» («Field Calculator»).

11. Расчет симметричности бассейна относительно реки определяется по формуле [5]:

$$a = (P_{л} - P_{п}) / (P_{л} + P_{п})$$

где $P_{л}$ – площадь левой части бассейна, $P_{п}$ – площадь правой части бассейна. Для этого определяются площади соответственно левой и правой части бассейна реки, способом аналогичным описанному в пункте 10.

12. Согласно [5], за длину бассейна обычно принимают длину его «осевой линии» (медианы), которая, как правило, не совпадает с направлением реки и которую можно получить, соединяя плавной линией середины поперечников, проведенных на площади бассейна, или центры вписанных в бассейн окружностей. Осевая линия должна соединять устье с самой отдаленной от него точкой бассейна, которая может и не совпадать с верховьем главной реки. Средняя ширина бассейна (B) определяется по формуле:

$$B = P/L$$

где P – площадь бассейна, а L – длина оси бассейна.

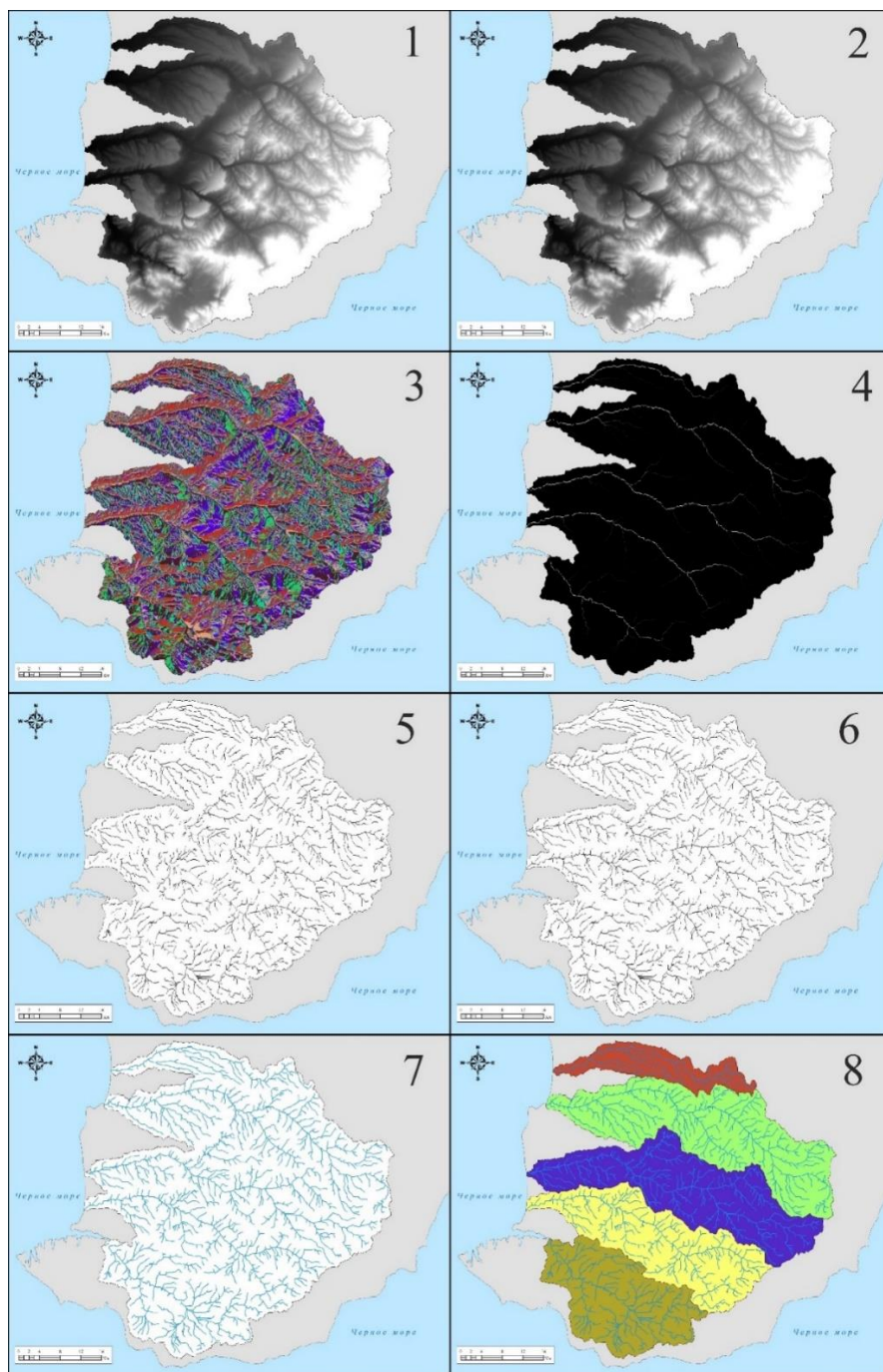


Рис. 1. Визуализация использования программного комплекса ArcGIS и цифровой модели рельефа SRTM для выделения бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная (составлено автором).

13. Изрезанность очертаний водораздельной линии бассейна вычисляется по формуле [5]:

$$K = S / 2 \sqrt{\pi P}$$

где S – длина водораздельной линии, P – площадь бассейна реки. Длина водораздельной линии вычисляется с использования команды контекстного меню столбца «Калькулятор поля» («Field Calculator»).

14. 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;

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

16. 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 13) для бассейнов выбранных рек и устанавливаются максимальные, минимальные и средние значения уклонов поверхности в пределах бассейнов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Выделение автоматическим способом, с использованием программного комплекса ArcGIS и цифровой моделью рельефа SRTM, речных бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор, показывает хорошие результаты и визуально совпадает с топографическими картами и контурами бассейнов, которые выделялись ранее [11] в классическом ручном режиме.

1. Площадь бассейна реки. Согласно расчетам, проведенным с использованием программного комплекса ArcGIS установлено что площадь водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 177,1 кв. км, реки Альма – 641,8 кв. км, реки Кача – 570,9 кв. км, реки Бельбек – 492,1 кв. км, реки Черная – 430,5 кв. км. Полученные данные отличаются от данных, представленных в литературных источниках [12]. Так, согласно [12], площадь водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 180 кв. км, реки Альма – 635 кв. км, реки Кача – 573 кв. км, реки Бельбек – 505 кв. км, реки Черная – 427 кв. км. Таким образом получается, что расчётные данные в большинстве своем совпадают с ранее описанными в литературе. Полученные данные отличаются от литературных для реки Западный Булганак составляет на 1,6%, реки Альма – на -1,1%, реки Кача – на 0,4%, реки Бельбек – на 2,6%, реки Черная – на -0,8%.

2. Симметричность бассейна относительно реки. Согласно расчетам, проведенным с использованием программного комплекса ArcGIS рассчитана симметричность бассейна относительно реки наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор и результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Симметричность бассейна относительно реки наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор

Река	Площадь, кв. км			Симметричность бассейна
	Левая часть	Правая часть	Всего бассейна	
Западный Булганак	121,9	55,2	177,1	0,38
Альма	388,5	253,3	641,8	0,21
Кача	290,1	280,8	570,9	0,02
Бельбек	316,6	175,5	492,1	0,29
Черная	236,4	194,1	430,5	0,10

Составлено автором.

Анализ таблицы 1 показывает, что у самых крупных рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) наблюдается преобладание левой части бассейна над правой. Так, если сравнивать площади, левая часть бассейна реки Западный Булганак превышает правую в 2,2 раза, реки Альма — в 1,53 раза, Кача — в 1,03 раза, Альма — в 1,8 раза, Бельбек — в 1,22 раза. При этом бассейн реки Кача в целом является симметричным относительно реки, а бассейн реки Западный Булганак – наиболее ассиметричен.

3. Длина и ширина бассейна реки. С использованием программного комплекса ArcGIS были размечены поперечники, определены их середины и построена осевая линия бассейна для каждой из рассматриваемых рек. Территориально (рис. 2, 3) осевая линия бассейна для рассматриваемых рек не совпадает с руслом самих рек. Длина осевой линии водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 44,3 км, реки Альма — 66,4 км, реки Кача — 68,5 км, реки Бельбек — 57,2 кв. км, реки Черная — 38,8 кв. км. Расчетная ширина водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 4,0 км, реки Альма — 9,7 км, реки Кача — 8,3 км, реки Бельбек — 8,6 кв. км, реки Черная — 11,1 кв. км.

При этом интересно сравнить длины осей бассейнов с длинами самих рек. Если сравнивать полученные расчетные данные длин рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек и Черная с ранее опубликованными статистическими источниками ([12]), то наблюдается несоответствие данных. Так согласно [12] длина реки Западный Булганак составляет 49 км, а по расчетным данным 49,9 км; реки Альма — 79 км, а по расчетным данным 79,8 км; реки Кача — 64 км, а по расчетным данным 68,9 км; реки Бельбек — 55 км, а по расчетным данным 58,6 км; реки Черная — 35 км, а по расчетным данным 44,8 км. Таким образом получается, что расчетные данные длин рек незначительно, за исключением длинны реки Черная, совпадают с ранее опубликованными. Что касается расчетных длин осей потока бассейнов для каждой из рек то они меньше расчетных длин рек, что подтверждает теоретические установки, заложенные в [5].

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ЗАПАДНЫЙ БУЛГАНАК, АЛЬМА, КАЧА, БЕЛЬБЕК, ЧЕРНАЯ)

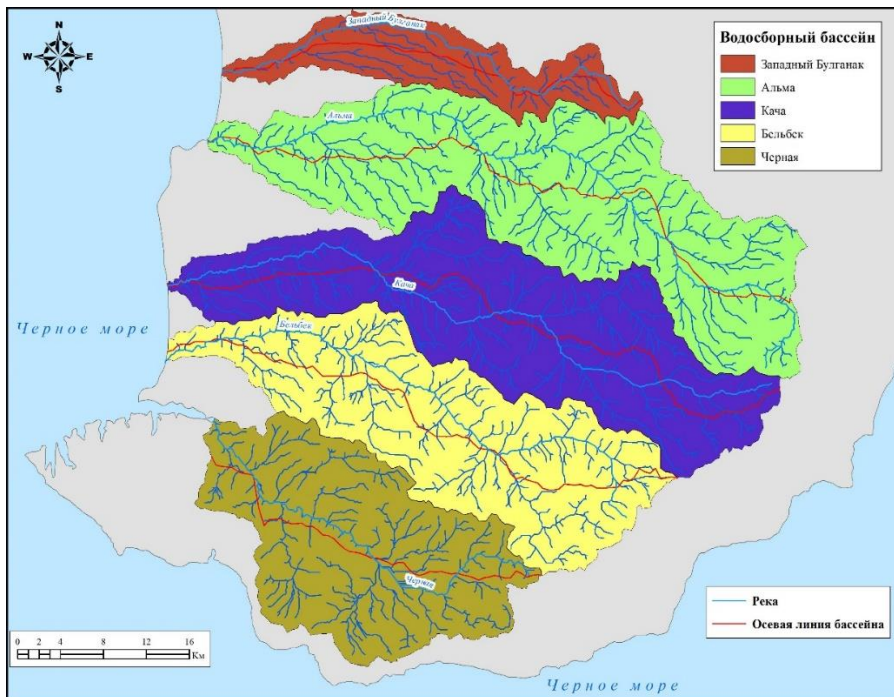


Рис. 2. Положение осевых линий бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) и самих рек (составлено автором).

4. Конфигурация и изрезанность очертаний бассейна реки. Конфигурация и изрезанность очертаний бассейна реки Западный Булганак составляет 2,26, реки Альма — 1,94, реки Кача — 1,95, реки Бельбек — 1,77, реки Черная — 1,53. Как видим в общем бассейны рассматриваемых рек имеют схожую конфигурацию. Среди них значительно обособливается только бассейн реки Западный Булганак. При этом длина водораздельной линии в бассейне реки Западный Булганак составляет 106,4 км, реки Альма — 174,1 км, реки Кача — 165,2 км, реки Бельбек — 139,3 км, реки Черная — 112,4 км.

5. Наибольшая и наименьшая высоты в пределах бассейна реки, средняя высота бассейна реки и средний уклон бассейна реки. Частично характеристики этого подпункта рассмотрены в ранее вышедшей работе [10]. Согласно расчетным данным и анализу цифровой модели рельефа SRTM в пределах бассейна реки Западный Булганак абсолютные высоты колеблются от 8 до 536 м, в пределах бассейна реки Альма — от 3 до 1493 м, в пределах бассейна реки Кача — от -2 до 1531 м, в пределах бассейна реки Бельбек — от -3 до 1414 м, в пределах бассейна реки Черная — от -4 до 1111 м. Средняя высота водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 186 м, реки Альма составляет 374 м, реки Кача составляет 404 м, реки Бельбек составляет 418 м, реки Черная составляет 395 м (рис. 3).

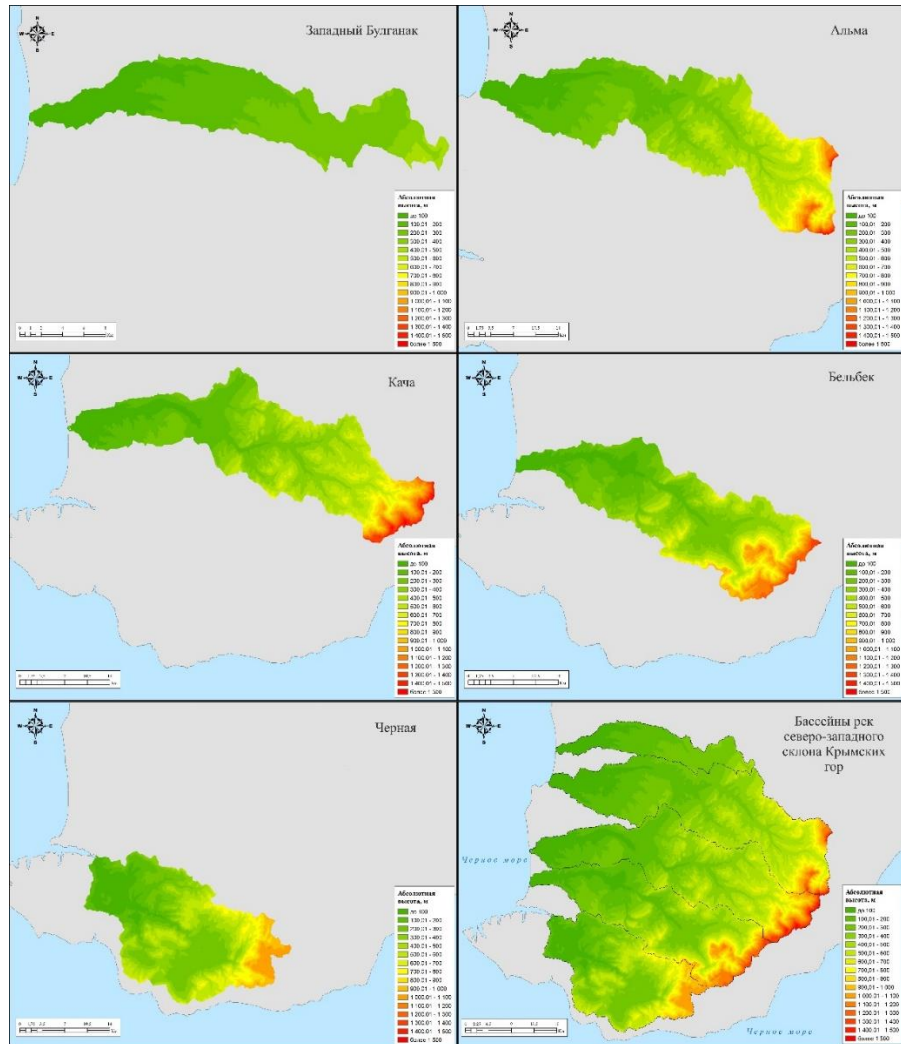


Рис. 3. Абсолютные высоты бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная (составлено автором).

Согласно расчетным данным и анализу цифровой модели рельефа SRTM в пределах бассейна реки Западный Булганак уклон бассейна составляет от 0 до 19,6 градуса, в пределах бассейна реки Альма — от 0 до 42,8 градуса, в пределах бассейна реки Кача — от 0 до 37,4 градуса, в пределах бассейна реки Бельбек — от 0 до 55,8 градуса, в пределах бассейна реки Черная — от 0 до 38,8 градуса. Средняя высота водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 2,7 градуса, реки Альма — 6,8 градуса, реки Кача — 8,2 градуса, реки Бельбек — 9,4 градуса, реки Черная — 9,1 градуса. 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

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАССЕЙНОВ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО СКЛОНА КРЫМСКИХ ГОР (НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНОВ РЕК ЗАПАДНЫЙ БУЛГАНАК, АЛЬМА, КАЧА, БЕЛЬБЕК, ЧЕРНАЯ)

уклонов поверхности колеблются от 2,7 градусов в бассейне реки Западный Булганак до 9,4 градуса в бассейне реки Бельбек.

ВЫВОДЫ

1. Путем обработки данных цифровой модели рельефа SRTM и использования программного комплекса ArcGIS для пяти наиболее крупных рек северо-западного склона Крымских гор (Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная) был произведен морфометрический анализ рассматриваемых речных бассейнов.

2. Рассчитана площадь водосборного бассейна реки Западный Булганак, которая составляет 177,1 кв. км, реки Альма — 641,8 кв. км, реки Кача — 570,9 кв. км, реки Бельбек — 492,1 кв. км, реки Черная — 430,5 кв. км. Полученные значения для большинства рассматриваемых бассейнов отличаются от ранее рассчитанных по топографическим картам данных на $\pm 3\%$, что свидетельствует о высокой точности и возможности применения цифровой модели рельефа SRTM для расчетов и анализа морфометрических показателей бассейнов рек.

3. Впервые рассчитаны площади правой и левой частей бассейнов и коэффициенты симметричности бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Все рассматриваемые бассейны рек характеризуются более выраженным левым берегом, который, по сравнению с правым берегом, занимает большие площади. Наиболее выраженную симметричность бассейна относительно реки имеет бассейн реки Кача, а наименее выраженную — бассейн реки Западный Булганак.

4. С использованием программного комплекса ArcGIS рассчитана длина (длинная осевых линий бассейна) и ширина бассейнов рек Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Длина осевой линии водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 44,3 км, реки Альма — 66,4 км, реки Кача — 68,5 км, реки Бельбек — 57,2 кв. км, реки Черная — 38,8 кв. км. Расчетная ширина водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 4,0 км, реки Альма — 9,7 км, реки Кача — 8,3 км, реки Бельбек — 8,6 кв. км, реки Черная — 11,1 кв. км.

5. В общем рассматриваемые бассейны рек характеризуются значительной изрезанностью очертаний, причем для бассейнов рек Альма, Кача и Бельбек эти показатели примерно одинаковы (1,8–1,9), а бассейн реки Западный Булганак характеризуется наибольшей изрезанностью очертаний (2,3), а бассейн реки Черная — наименьшим (1,5).

6. Амплитуда высот в пределах бассейна реки Западный Булганак составляет 528 м, Альма — 1490 м, Кача — 1533 м, Бельбек — 1417 м, Черная — 1115 м. Средняя высота водосборного бассейна реки Западный Булганак составляет 186 м, реки Альма составляет 374 м, реки Кача составляет 404 м, реки Бельбек составляет 418 м, реки Черная составляет 395 м. Средние 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.

БЛАГОДАРНОСТИ

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».

Список литературы

1. Тимченко З. В. Гидрография и гидрология рек Крыма. Симферополь: АРИАЛ, 2012. 289 с.
2. Олиферов А. Н., Тимченко З. В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 214 с.
3. Словарь-справочник по физической географии: Пособие для преподавателей географии / А. С. Барков, действ. чл. Акад. пед. наук РСФСР. Москва: Учпедгиз, 1948. 304 с.
4. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии: Рус.-англ.-нем.-фр. / Сост. И. С. Шукин; Под ред. А. И. Спиридонова. М.: Сов. энциклопедия, 1980. 703 с.
5. Волков Н.М. Принципы и методы картометрии. Москва–Ленинград: Изд-во и 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1950. 328 с.
6. Власова А. Н. Применение ГИС-технологий при выделении позиционно-динамической структуры бассейновых территорий (на примере Крыма) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2012. Т. 8. № 1-2. С. 56–61.
7. Горбунов Р. В., Власова А. Н., Гапон С. В., Горбунова Т. Ю. Ландшафтная структура территории бассейна ручья Курцы // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. № 1. С. 464–470.
8. Дунаева Е. А. Типизация бассейнов рек Крыма по агроландшафтам и экологической нагрузке на них // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4 (12). С. 157–167.
9. Позаченюк Е. А., Ергина Е. И., Олиферов А. Н., Михайлов В. А., Власова А. Н., Кудрянь Е. А., Пенно М. В., Калинин И. В. Анализ факторов формирования водных ресурсов р. Салгир в условиях изменяющегося климата // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. 2014. Т. 27 (66). № 2. С. 118–138.
10. 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.
11. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / Под ред. Е. А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
12. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: справочник / Сост. А. А. Лисовский, В. А. Новик, З. В. Тимченко, У. А. Губская. Симферополь: Крымучпедгиз, 2011. 242 с.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF RIVER BASINS OF THE NORTH-WESTERN SLOPE OF THE CRIMEAN MOUNTAINS (ZAPADNYY BULGANAK, ALMA, KACHA, BELBEK, CHERNAYA RIVER BASINS)

Tabunshchik V. A.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (IBSS), Sevastopol, Russian Federation
E-mail: tabunshchik@ya.ru*

Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya rivers belong to the rivers of the north-western slope of the Crimean Mountains. The sources of the rivers are located on the north-western slopes of the Main Ridge of the Crimean Mountains, then the rivers flow

from east to west almost parallel to each other. Up to about the middle of their course, they have a character typical of mountain streams (except for the Zapadnyy Bulganak River). The river valleys in the upper reaches are V-shaped, narrow, their slopes are dissected by numerous gullies and tributaries. There are almost no tributaries in the middle and lower reaches. In the low-water period (low-water period), drying is observed in the estuaries of rivers. The catchment basins have an elongated shape along the river, expanded in the upper part, which is the main feeding area.

The considered river basins, although they have, in comparison with the rest, the river basins of the Crimean Peninsula, are better studied in general, but they are not sufficiently studied. In the article author deals with the main morphometric characteristics of river basins of the North-Western slope of the Crimean Mountains. Using Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) and ArcGIS software for river basins Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya are analyzed the following morphometric parameters – area of the basin, the symmetry of the basin, length of the basin, width of the basin, configuration and irregularity of the outline of river basin, the highest and lowest elevation within the basin, the average altitude of the river basin, the average slope of the river basin. Some of the morphometric indicators are calculated for the first time. For morphometric indicators that were partially previously calculated using topographic maps and published in literature, a comparison and analysis with the calculated data is provided. It is established that the using of SRTM and the ArcGIS software allows for fairly accurate measurements of morphometric indicators of the river basin.

Keywords: Crimea, Crimean Peninsula, river, river basin, morphometry, Zapadnyy Bulganak, Alma, Kacha, Belbek, Chernaya.

References

1. Timchenko Z. V. *Gidrografiya i gidrologiya rek Kryma*. Simferopol': ARIAL (Publ.), 2012. 290 p. (in Russian).
2. Oliferov A. N., Timchenko Z. V. *Reki i ozera Kryma*. Simferopol: Dolya (Publ.), 2005. 214 p. (in Russian).
3. *Slovar'-spravochnik po fizicheskoy geografii: Posobiye dlya prepodavateley geografii* / A. S. Barkov, deystv. chl. Akad. ped. nauk RSFSR. Moscow: Uchpedgiz (Publ.), 1948. 304 p. (in Russian).
4. *Chetyrekh"yazychnyy entsiklopedicheskiy slovar' terminov po fizicheskoy geografii: Rus.-angl.-nem.-fr. / Sost. I. S. Shchukin; Pod red. A. I. Spiridonova*. Moscow: Sov. Entsiklopediya (Publ.), 1980. 703 p. (in Russian).
5. Volkov N. M. *Printsipy i metody kartometrii*. Moscow–Leningrad: Izd-vo i 2-ya tip. Izd-va Akad. nauk SSSR (Publ.), 1950. 328 p. (in Russian).
6. Vlasova A. N. *Primeneniye GIS-tekhnologiy pri vydelenii pozitsionno-dinamicheskoy struktury basseynovykh territoriy (na primere Kryma)*. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2012. T. 8. no 1–2. pp. 56–61. (in Russian).
7. Gorbunov R. V., Vlasova A. N., Gapon S. V., Gorbunova T. Yu. *Landscape structure of the Kurtsy stream basin territory*. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2014. T. 10. no 1. pp. 464–470. (in Russian).
8. Dunayeva Ye. A. *Tipizatsiya basseynov rek Kryma po agrolandshaftam i ekologicheskoy nagruzke na nikh*. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*. 2013. no 4 (12). pp. 157–167. (in Russian).
9. Pozachenyuk E. A., Ergina E. I., Oliferov A. N., Mikhailov V. A., Vlasova A. N., Kudryan E. A., Penno M. V., Kalinchuk I. V. *Analysis of the factors of formation of water resources of the r. Salgir in a changing*

- climate. Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Geografiya. 2014. T. 27 (66). no 2. pp. 118–138. (in Russian).
10. Tabunshchik V. A. Rel'yef basseynov rek severo-zapadnogo sklona krymskikh gor (na primere basseynov rek Zapadnyy Bulganak, Al'ma, Kacha, Bel'bek, Chernaya) // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2018. T. 4 (14). № 3. pp. 78–87. (in Russian).
 11. Sovremennyye landshafty Kryma i sopredel'nykh akvatoriy / Nauchnyy redaktor Ye. A. Pozachenyuk. Simferopol': Biznes-Inform (Publ.), 2009. 672 p. (in Russian).
 12. Poverkhnostnyye vodnyye ob'yekty Kryma. Upravleniye i ispol'zovaniye vodnykh resursov: spravochnik // Sost. Lisovskiy A.A., Novik V.A., Timchenko Z.V., Gubskaya U.A. Simferopol': KRP «Izd-vo «Krymchpedgiz» (Publ.), 2011. 242 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 10.06.2021 г.