# ГИДРОЛОГИЯ СУШИ, ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ГИДРОХИМИЯ

УДК 911.2

DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/93-104

ISSN 1609-0683

# Морфометрический анализ водосборного бассейна Соколовского водохранилища с применением ГИС-технологий

## В. Н. Габова, А. Н. Кузнецов 🖾, Ю. А. Федоров

Южный федеральный университет, Российская Федерация (344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40)

*Аннотация. Цель работы* – оценить современные морфометрические параметры водосборного бассейна Соколовского водохранилища на реке Кундрючья.

Материалы и методы. На основе цифровой модели местности (ЦММ) ALOS WORLD 3D определены основные морфометрические параметры водосборного бассейна Соколовского водохранилища. Выполнена предварительная обработка ЦММ для минимизации влияния древесной растительности и зданий на значения высот и уклонов. Произведена оценка точности преобразования ЦММ. Определена степень антропогенного преобразования бассейна Соколовского водохранилища по данным спутникового снимка Landsat-8. Выполнена оценка точности классификации на основе матрицы ошибок.

*Результаты и обсуждение.* Получены данные о площади, периметре, максимальной длине и ширине бассейна, определены средний, минимальный, максимальный уклон, средняя, минимальная, максимальная высота бассейна над уровнем моря, густота эрозионного расчленения, экспозиция склонов, относительная распаханность, относительная урбанизированность.

*Выводы.* Результаты геоинформационного анализа показали, что использованные в работе данные дистанционного зондирования Земли применимы для оценки морфометрических параметров бассейнов малых равнинных водохранилищ.

*Ключевые слова*: водосборный бассейн, Соколовское водохранилище, морфометрические характеристики, космические снимки, цифровая модель местности.

Источник финансирования: Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 24-17-00038, https://rscf.ru/project/24-17-00038/.

Для цитирования: Габова В.Н., Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. Морфометрический анализ водосборного бассейна Соколовского водохранилища с применением ГИС-технологий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2024, № 4, с. 93-104. DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/93-104

### ВВЕДЕНИЕ

Решения в сфере водопользования и сохранения водных ресурсов следует принимать исходя из информации о параметрах водосборного бассейна в целом, к которым можно отнести географическое положение, площадь, высоту и уклон рельефа, густоту эрозионного расчленения, степень антропогенного преобразования и др. Так, на Европейской территории России в 1980-х годах выявлено сокращение поверхностного склонового стока ввиду широкого распространения зяблевой пахоты. Также этому способствует тенденция роста температуры воздуха и связанной с ней испаряемости. Развитие урбанизированных территорий в современный период, напротив, способствовало увеличению поверхностного стока за счет прироста водонепроницаемых поверхностей, особенно в теплый период [5].

Широкий спектр геоинформационных технологий в условиях доступности материалов спутниковой съемки позволяет решать такие трудоемкие задачи, как получение основных морфометрических характеристик водных объектов и их бассейнов. Исследования, направленные на анализ параметров водосборных бассейнов с применением данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий, ведутся отечественными и зарубежными учеными [12, 16].

Цель исследования – оценить современные параметры водосборного бассейна Соколовского водохранилища на реке Кундрючья. Исследование направлено на отработку применения материалов спутниковой съемки при изучении и оценке основных параметров бассейнов искусственных водоемов.

Объектом исследования является водосборный бассейн Соколовского водохранилища. Соколовское водохранилище, построенное в 1952 году на реке Кундрючья, имеет важное хозяйственное значение для шахтерского района Ростовской области, так как является источником питьевого и промышленного водоснабжения городов Новошахтинск, Красный Сулин и

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

<sup>©</sup> Габова В. Н., Кузнецов А. Н., Федоров Ю. А., 2024

<sup>🖾</sup> Кузнецов Андрей Николаевич, e-mail: ankuznecov@sfedu.ru

прилегающих поселков [6]. Река Кундрючья протекает по восточному склону Донецкого кряжа и справа впадает в реку Северский Донец – главный приток реки Дон. Территория водосбора относится к западной подобласти атлантико-континентальной европейской (степной) области умеренного климатического пояса [1]. Для района характерно недостаточное увлажнение с жарким, сухим летом и относительно теплой зимой [6]. С 1980 года отмечается увеличение значений температуры воздуха и ее климатической нормы, что сопровождается возрастанием длительности засушливых периодов на территории в летние месяцы [3, 4]. Рельеф водосбора р. Кундрючья сформирован под воздействием процессов эрозии и денудации и представляет собой возвышенную равнину на складчатом основании. Речная сеть представлена равнинными водотоками с умеренно извилистыми руслами [7].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные о площади, периметре, максимальной длине и ширине поверхностного водосбора Соколовского водохранилища, длине эрозионных форм, густоте эрозионного расчленения, значения высот и уклонов, площадное распределение экспозиции склонов в пределах исследуемой территории получены на базе японской глобальной цифровой модели местности (ЦММ) ALOS WORLD 3D [19]. Расчеты выполнены при помощи специализированного программного обеспечения SAGA GIS 7.8.2 и QGIS 3.28.0. С помощью инструмента DTM Filter (slope-based) [21] выполнена предварительная обработка ЦММ. По методикам [8, 11, 17] произведена оценка вертикальной точности полученной модели высот по шести параметрам (корень из среднеквадратичной ошибки RMSE, среднее значение разности высот  $\overline{\Delta_H}$ , средняя абсолютная ошибка  $MAE_{\Delta H}$ , модуль минимальной и максимальной разности высот |Δh min|, |Δh max|, коэффициент корреляции Пирсона r). Для оценки вертикальной ошибки значения высот ЦММ сравнивались со значениями топографической карты. Более подробно порядок применения данных методик для оценки морфометрических параметров водосборного бассейна Соколовского водохранилища описан в работе [2].

Оценка эрозионной сети бассейна Соколовского водохранилища выполнена на основе методики А. Стралера [20]. К водотокам 1-го порядка отнесены элементарные формы рельефа начальной эрозии (протяжины и водороины). Сливаясь, они образуют мелкие вершинные овраги. Порядки оврагов так же различны, что объясняется разнообразностью морфологии и происхождения оврагов. Хорошо выраженные эрозионные формы начинаются с 3-го порядка, в этой связи при морфометрическом анализе рельефа им уделяется большее внимание. Долины с четко выраженным руслом и постоянным водотоком относятся к 5-7 порядку, иногда к 4-му [9, 13, 15]. При определении густоты эрозионного расчленения водосбора построена сетка с ячейками 1×1 км для определения отношения суммарной длины эрозионных форм с 4-го порядка к площади ячейки, в которой расположены линейные объекты.

Показатели антропогенного преобразования водосборного бассейна рассчитаны в соответствии со стандартом Государственного гидрологического института [14]. Среди таких относительных показателей в работе уделено внимание распаханности и урбанизированности как одним из основных факторов, способных оказывать влияние на поверхностный сток водосбора. Относительная распаханность представляет собой отношение площади распаханных земель к общей площади водосбора. Относительная урбанизированность определяется как отношение площади, занятой населёнными пунктами и объектами промышленного и дорожного строительства, к общей площади водосбора [14]. В оценке характеристик антропогенного преобразования водосбора использовано изображение Landsat-8, полученное 12.08.2020 года. После выполнения процедуры повышения пространственного разрешения снимка со спутника Landsat-8, размер пиксела составляет 15 на 15 м. Ширина полосы захвата Landsat-8 равна 185 км<sup>1</sup>. Снимок обработан до уровня L2, то есть скорректированы геометрические и радиометрические искажения. Для оценки степени антропогенного преобразования исследуемого района выполнена контролируемая классификация растра. При помощи матрицы ошибок [18] произведена оценка точности классификации космического изображения. Относительная распаханность и урбанизированность водосбора определены по трем классам объектов: пашня, промышленно-транспортные и селитебные территории, терриконы. Классы водной поверхности и растительности были исключены при оценке точности, так как их рассмотрение не входит в задачи настоящего исследования.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Водосбор имеет вытянутую форму в направлении северо-запад – юго-восток. Общая площадь водосборного бассейна составила 449,7 км<sup>2</sup>, из них 203,3 км<sup>2</sup> расположено на территории Красносулинского района и города Новошахтинска Ростовской области. Периметр бассейна равен 161,6 км, максимальная длина и ширина составили 34,4 и 19,0 км соответственно. Карта поверхностного водосбора Соколовского водохранилища и эрозионных форм в пределах территории представлена на рисунке 1.

Для рассматриваемого бассейна характерен древовидный тип речной сети. Всего на территории выделено 9 порядков водотоков. Как показывает таблица 1, общая протяжённость эрозионных форм составляет 8965 километров. При этом большую часть (5141 километр, или 57 %) составляют эрозионные формы первого порядка. Протяженность хорошо выраженных эрозионных форм рельефа, начиная с 3-го порядка, равна 1704 км или 19 % от общей длины. На 1 км<sup>2</sup> площади

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Landsat Science. – URL: https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/ (дата обращения: 09.06.2023). – Текст: электронный.

Морфометрический анализ водосборного бассейна Соколовского водохранилища...



*Puc. 1.* Эрозионные формы бассейна Соколовского водохранилища (начиная с 4-го порядка) [*Fig. 1.* Erosional landforms of the Sokolovsky reservoir basin (starting from the 4th order)]

Таблица 1

Эрозионные формы рельефа разных порядков в пределах бассейна Соколовского водохранилища [*Table 1*. Erosive landforms of different orders within the Sokolovsky reservoir basin]

Порядок эрозионных форм /	Длина эрозионных форм, км /	Проценты (%) /	
The order of erosion forms	ength of erosion forms, km	Percent (%)	
1	5141	57,3	
2	2120	23,6	
3	956	10,7	
4	415	4,6	
5	167	1,9	
6	65	0,7	
7	50	0,6	
8	43	0,5	
9	8	0,1	
Итого	8965	100	

бассейна приходится около 20 эрозионных форм с 1-го по 9-й порядок. Начиная с водотоков 3-го порядка, на 1 км<sup>2</sup> приходится около 4 эрозионных форм.

Карта густоты эрозионного расчленения бассейна Соколовского водохранилища представлена на рисунке 2. Густота эрозионного расчленения рассматриваемой территории изменяется от 0 до 16,7 км/км<sup>2</sup>. Наиболее распространены значения густоты от 3,7 до 6,3 км/км<sup>2</sup>, площадь территории с такими значениями составила 182,6 км<sup>2</sup> или 40,6 %. Наиболее выраженную эрозионную сеть (густота варьируется от 11,5 до 16,7 км/км<sup>2</sup>) можно наблюдать главным образом вдоль реки Кундрючья и реки Галута в западной и южной частях бассейна (суммарно площадь покрытия составила 3 км<sup>2</sup> или 0,7 %). Минимальные значения густоты эрозионного расчленения (до 1,1 км/км<sup>2</sup>) встречаются преимущественно в северной части водосбора, площадь покрытия в пределах всего бассейна составила 104,43 км<sup>2</sup> или 23,2 %. Подробнее площадное и процентное распределение густоты эрозионного расчленения рельефа бассейна Соколовского водохранилища представлено в таблице 2.

Карта высот по данным ЦММ ALOS WORLD 3D в пределах водосборного бассейна Соколовского водохранилища представлена на рисунке 3. Минимальная высота бассейна над уровнем моря составляет 134,7 м, максимальная – 330,5 м, средняя – 230,1 м. Гистограмма распределения отметок высот бассейна представлено на рисунке 4.

Большая часть территории, около 242,8 км<sup>2</sup> (или 54 % от общего количества ячеек растра), имеет высоты 195,9 до 257,1 м. Меньшее распространение получили отметки до 140 м, встречающиеся у озерной части Соколовского водохранилища, а также высоты в диапазоне 324,4-330,5 м на границе бассейна, проходящей по террикону на территории города Гуково.



Рис. 2. Карта густоты эрозионного расчленения рельефа в пределах водосбора Соколовского водохранилища (начиная с 4-го порядка)
[Fig. 2. Erosional fragmentation density map within the catchment area of the Sokolovsky reservoir

(starting from the 4th order)]

Карта уклонов местности представлена на рисунке 5. На рассматриваемой территории минимальное значение уклона составило 0°, максимальное – 49,2°, среднее – 2,5°. Значительную часть района, около 319,3 км<sup>2</sup> (что составляет 71 % от общего числа ячеек растра), можно отнести к слабонаклонным равнинам (уклоны до 3°) (рис. 6). Склоны речных долин характеризуются крутизной от 6° и более. В местах расположения терриконов уклоны очень крутые и достигают значительных величин – более 21°.

Таблица 2

Густота эрозионного расчленения рельефа в пределах бассейна Соколовского водохранилища [*Table 2*. Erosional fragmentation density within the catchment area of the Sokolovsky reservoir]

Диапазон значений густоты эрозионного расчленения, км/км <sup>2</sup> /	Площадь, км <sup>2</sup> /	Проценты (%) /
The range of values of the density of erosion separation, km/km <sup>2</sup>	Area, km <sup>2</sup>	Percent (%)
0-1,1	104,4	23,2
1,1-3,7	99,6	22,2
3,7-6,3	182,6	40,6
6,3 - 8,9	49,6	11,0
8,9 – 11,5	10,5	2,3
11,5 – 14,1	2,6	0,6
14,1-16,7	0,4	0,1
Итого	449,7	100



*Рис. 3.* Карта высот в пределах водосбора Соколовского водохранилища [*Fig. 3.* Height map within the Sokolovsky reservoir catchment area]







*Puc. 5.* Карта уклонов местности в пределах водосбора Соколовского водохранилища [*Fig. 5.* Slope map within the Sokolovsky reservoir catchment area]



*Рис. 6.* Гистограмма распределения уклонов местности в пределах водосбора Соколовского водохранилища [Fig. 6. Slope distribution histogram within the basin of the Sokolovsky reservoir]



*Puc.* 7. Карта экспозиции склонов в пределах водосбора Соколовского водохранилища [*Fig.* 7. Aspect map within the Sokolovsky reservoir catchment area]

Карта экспозиции склонов бассейна Соколовского водохранилища представлена на рисунке 7. На территории в большей степени преобладают склоны южной экспозиции – 86,8 км<sup>2</sup> (19 % от общей площади). По 15 % от всей территории приходится на склоны северной и юго-западной ориентации: 68,9 и 68,8 км<sup>2</sup> соответственно (табл. 3). Оценка точности преобразованной ЦММ в пределах водосбора представлена в таблице 4. Средние ошибки высот при составлении карт масштабом 1:100000 в открытых районах при преобладающих уклонах местности до 4°, согласно ГКИНП-30, не должны составлять более 7 м. Полученные значения средней абсолютной ошибки (МАЕ) не превышают

## Таблица 3

Экспозиция склона /	Площадь, км $^2$ /	Проценты (%) /
Slope exposure	Area, km <sup>2</sup>	Percentage (%)
Север	68,9	15
Северо-восток	49,2	11
Восток	40,4	9
Юго-восток	55,0	12
Юг	86,8	19
Юго-запад	68,8	15
Запад	40,4	9
Северо-запад	36,5	8
Близкая к горизонтальной поверхность	3,6	1
Итого	449,7	100

Площадное распределение экспозиции склонов водосбора Соколовского водохранилища [*Table 3*. Aspect areal distribution of the Sokolovsky reservoir catchment area]

допустимый порог. Наблюдается очень высокая статистически значимая прямая корреляционная связь между данными о высотах преобразованной ЦММ и отметками топографической основы, r = 0.98, p < 0.05(рис. 8).

Как видно из рисунка 9, для бассейна Соколовского водохранилища характерная высокая степень антропогенного преобразования. В таблице 5 представлена матрица ошибок растра, полученного в результате классификации космоснимка со спутника Landsat-8. Каппа Коэна равна 0,87, что говорит о практически полной согласованности между измерениями.

Таким образом, на рассматриваемой области относительная распаханность составила 66 %. Относительная урбанизированность равна 14,7 %, где на долю земель под промышленно-транспортными и селитебными территориями приходится 14 %, доля земель под терриконами составляет менее 1 %. Подчеркнем, что высокая степень антропогенного преобразования, в особенности интенсивная распашка склонов, в условиях влияния водной эрозии приводит к деградации почвенного покрова и заилению водотоков и водоемов исследуемого бассейна. В подтверждение вышесказанного отметим, что по данным [10], для прудов на реке Галута, Большая и Малая Бугутка ожидаемый срок заиления мертвого объема составляет менее 10 лет. Максимальный показатель годового модуля наносов (25,6 т/км<sup>2</sup>) наблюдается в Большой Галуте.

Таблица 4

Корень из среднеква- дратичной ошибки (RMSE), м / The root of the root-mean- square error (RMSE), m	Среднее значе- ние разности высот ( $\overline{\Delta_H}$ ), м / Average height difference ( $\overline{\Delta_H}$ ), m	Средняя абсо- лютная ошибка (MAE), м / Average absolute error (MAE), m	Модуль минималь- ной разности вы- cot ( Δh min ), м / The module of the minimum height difference ( Δh min ), m	Модуль макси- мальной разности высот  Δh max , м / Modulus of maximum height difference  Δh max , m	Коэффициент корреляции Пирсона r / Pearson correlation coefficient r
3,403	0,727	1,198	27	24	0,99

Показатели вертикальной ошибки ЦММ в пределах водосбора Соколовского водохранилища [*Table 4*. Vertical error Indicators of the DSM within the Sokolovsky reservoir catchment area]



*Puc. 8.* График зависимости между отметками высот ЦММ и топографической основы [*Fig. 8.* Graph of the relationship between the DSM heights and the topographic base]

Морфометрический анализ водосборного бассейна Соколовского водохранилища...



*Puc. 9.* Карта антропогенного преобразования территории в пределах водосбора Соколовского водохранилища [*Fig. 9.* Anthropogenic transformation map within the Sokolovsky reservoir catchment area]

Таблица 5

L								
N⁰	ClassValue	C_0	C_1	C_2	C_3	Total	U_Accuracy	Kappa
1	C_0	0	0	0	0	0	0	0
2	C_1	3	77	0	1	81	0,95	0
4	C_2	0	0	2	0	2	1	0
5	C_3	2	1	0	8	11	0,73	0
6	Total	5	78	2	9	94	0	0
7	P_Accuracy	0	0,99	1	0,89	0	0,92	0
8	Kappa	0	0	0	0	0	0	0,87
С_0 - прочие классы, С_1 - пашня, С_2 - терриконы, С_3 - промышленно-транспортные и селитебные террито-								
рии, Total – общее количество точек, U_Accuracy – пользовательская точность, P_Accuracy – производственная								
точность, Карра – взвешенная Каппа Коэна								

Матрица ошибок классифицированного изображения со спутника Landsat-8 [*Table 4*. Confusion matrix of the classified Landsat-8 image]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным ЦММ ALOS WORLD 3D выполнен морфометрический анализ поверхностного бассейна Соколовского водохранилища. Речная сеть рассматриваемого водосбора относится к древовидному типу. Общая длина эрозионных форм всех порядков равна 8965 км, начиная с 3-го порядка – 1704 км. Рассчитанные значения густоты эрозионной сети позволяют сделать вывод о том, что бассейн Соколовского водохранилища хорошо дренирован. Средняя высота водосбора над уровнем моря составила 230,1 м. Средний уклон равен 2,5°. Отмечается преобладание склонов южной экспозиции – 19% от всей площади или 86,8 км<sup>2</sup>. Поверхностный водосбор Соколовского водохранилища характеризуется высокой степенью распаханности (66%), что способствует деградации почв, заилению водных объектов под воздействием водной эрозии и может вносить вклад в процесс зарастания Соколовского водохранилища. Результаты геоинформационного анализа показали, что использованные в работе данные дистанционного зондирования Земли применимы для оценки морфометрических параметров бассейнов малых равнинных водохранилищ, что подтверждается достаточно высокой точностью результирующих растров. Предложенный авторами комплекс подходов и методов нашел применение при изучении формирования, функционирования и эволюции озер юга Европейской части России.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

 Алисов Б. А. Климат СССР. Москва: МГУ, 1956. 127 с.
 Габова В. Н. Уточнение морфометрических и морфологических параметров бассейна Соколовского водохранилища для оценки нарушенности водосбора // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг», 2023, т. 2, с. 262-267.

3. Динамика засушливых периодов на примере бассейнов Соколовского водохранилища и Таганрогского залива / В.Н. Габова, Ю.А. Федоров, О.Ю. Бэллинджер и др. // Инженерный вестник Дона, 2021, № 10, с. 226-239.

4. Динамика среднемесячных температур воздуха и атмосферных осадков в летний период в некоторых районах Ростовской области и Краснодарского края / В.Н. Габова, Ю.А. Федоров, В.А. Савицкий, И.В. Доценко // Vcnexu современного естествознания, 2022, № 8, с. 25-38.

5. Коронкевич Н.И., Долгов С.В., Мельник К.С. Сток с сельскохозяйственных и урбанизированных территорий Европейской части России // Сборник докладов международной научной конференции памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова «Третьи виноградовские чтения», 2018. с. 739-744.

6. Лурье П.М., Панов В.Д. Река Дон: гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2018. 591 с.

 Малые реки Донского района: аналитический обзор научно-исследовательских работ АЗНИИРХ, выполненных в 1980-1992 гг. по малым рекам Донского района / С.В. Жукова, В. М. Шишкин, А. П. Куропаткин и др. // Ростов-на-Дону: Медиа-полис, 2007. 83 с.

8. Оньков И.В. Оценка точности ЦМР, созданных по стереопарам триплета КА ТН-1 в программном комплексе ENVI // *Геоматика*, 2014, № 3, с. 22-28.

9. Погорелов А.В., Думит Ж.А. Рельеф бассейна р. Кубани: морфологический анализ. Москва: Геос, 2009. 206 с.

10. Пономаренко Т.С., Бреева А.В. Расчет количественных показателей стока наносов и их влияние на водоемы (бассейн реки Кундрючья) // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию создания ФГБНУ «РосНИ-ИПМ» «Актуальные направления развития мелиоративного комплекса», 2021, с. 55-62.

11. Рязанов С.С., Кулагина В.И. Сравнительная оценка вертикальной точности цифровых моделей высот – SRTM, ALOS WORLD 3D, ASTER GDEM и MERIT DEM на примере лесной и пойменной зоны национального парка «Нижняя Кама» // Геосферные исследования, 2022, № 1, с. 107-117.

 Синельникова К.П. Геоинформационный анализ рельефа водосбора реки Большая Голубая на территории Донской гряды // Научно-агрономический журнал, 2021, № 1, с. 34-39.

13. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. Москва: Высшая Школа, 1970. 46 с.

14. СТО ГГИ 52.08.40-2017. Определение морфометрических характеристик водных объектов суши и их водосборов с использованием технологии географических информационных систем по цифровым картам Российской Федерации и спутниковым снимкам. Санкт-Петербург: РЦП Офорт, 2017. 140 с.

15. Эрозионное расчленение рельефа Северо-Восточного Кавказа как фактор рекреационного освоения территории / В.В. Братков, З.В. Атаев, А. А. Алсабекова, С. Х. Сулумов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 2011, № 4, с. 99-103.

16. Bishta A.Z., Qudsi E.Z. Implementation of space imageries, remote sensing and GIS techniques in the geological and geomorphological analysis of Wadi Fatima drainage basin, Saudi Arabia // *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 20236, 26 (3), pp. 563-579.

17. Elkhrachy I. Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER Digital Elevation Models: A case study of Najran city, Saudi Arabia // *Ain Shams Engineering Journal*, 2018, vol. 9, no. 4, pp. 1807-1817.

18. Kulkarni A., Chong D., Feras A.B. 5 – Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy // Data Democracy, Academic Press, 2020. pp. 83-106.

19. Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM / T. Tadono, H. Ishida, F. Oda et al. // *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, 2014, vol. II-4, pp. 71-76.

20. Strahler A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology // *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 1957, pp. 913-920.

21. Vosselman, G. Slope based filtering of laser altimetry data // *IAPRS*, 2000, vol. XXXIII, pp. 935-942.

*Конфликт интересов:* Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 02.08.2024 Принята к публикации: 02.12.2024

# LAND HYDROLOGY, WATER RESOURCES, HYDROCHEMISTRY

UDC 911.2 DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/93-104 ISSN 1609-0683

# Morphometric Analysis of the Sokolovsky Reservoir Catchment Area Using GIS-Technologies

# V.N. Gabova, A.N. Kuznetsov<sup>⊠</sup>, Yu.A. Fedorov

Southern Federal University, Russian Federation (40, Sorge str., Rostov-on-Don, 344090)

*Abstract.* The *purpose* is to assess the current parameters of the Sokolovsky reservoir catchment on the Kundryuchya River. *Materials and methods.* Based on the digital surface model (DSM) of ALOS WORLD 3D, some of the main Sokolovsky reservoir catchment morphometric parameters have been identified. Preprocessing of the DSM has been performed to minimize the influence of woody vegetation and buildings on the height and slope values. The accuracy of the DSM conversion has been estimated. The anthropogenic transformation level of the Sokolovsky reservoir basin has been determined according to the Landsat-8 satellite image. The classification accuracy has been evaluated based on the confusion matrix.

*Results and discussion.* Data on the area, perimeter, maximum length, and width of the basin have been obtained; the average, minimum, maximum slope, average, minimum, and maximum height of the basin above sea level, erosional fragmentation density, and other aspects have been determined.

*Conclusion.* The geoinformation analysis results have shown that the Earth remote sensing data used in the study are applicable to the assessment of small plain reservoir basin morphometric parameters.

*Key words:* the Sokolovsky reservoir catchment, morphometric characteristics, catchment transformation, classification of images, digital surface model.

*Funding:* The research is funded by the grant from the Russian Science Foundation No. 24-17-00038, https://rscf.ru/project/24-17-00038/.

*For citation:* Gabova V.N., Kuznetsov A.N., Fedorov Yu.A. Morphometric Analysis of the Sokolovsky Reservoir Catchment Area Using GIS-Technologies. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 4, pp. 93-104 (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/4/93-104

### REFERENCES

1. Alisov B.A. *Klimat SSSR* [The climate of the USSR]. Moscow: MSU, 1956. 127 p. (In Russ.)

2. Gabova V.N. Utochnenie morfometricheskih i morfologicheskih parametrov bassejna Sokolovskogo vodohranilishcha dlya ocenki narushennosti vodosbora [Morphometric and morphological parameters of the Sokolovsky reservoir basin clarification to assess the disturbance of the catchment area]. Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem «Vodnye resursy v usloviyah global'nyh vyzovov: ekologicheskie problemy, upravlenie, monitoring», 2023, vol. 2, pp. 262-267. (In Russ.)

3. Dinamika zasushlivyh periodov na primere bassejnov Sokolovskogo vodohranilishcha i Taganrogskogo zaliva [Dynamics of dry periods on the example of the basins of the Sokolovsky reservoir and the Taganrog Bay] / V.N. Gabova, Ju.A. Fedorov, O.Ju. Bjellindzher i dr. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2021, no. 10, pp. 226-239. (In Russ.)

4. Dinamika srednemesyachnyh temperatur vozduha i atmosfernyh osadkov v letnij period v nekotoryh rajonah Rostovskoj oblasti i Krasnodarskogo kraya [Dynamics of average monthly air temperatures and precipitation in summer in some areas of the Rostov and Krasnodar regions] / V.N. Gabova, Ju.A. Fedorov, V.A. Savickij, I.V. Docenko. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya, 2022, no. 8, pp. 25-38. (In Russ.) 5. Koronkevich N.I., Dolgov S.V., Mel'nik K.S. Stok s sel'skohozyajstvennyh i urbanizirovannyh territorij Evropejskoj chasti Rossii. [Runoff formation from agricultural fields and suburban areas in European part of Russia]. Sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii pamyati vydayushchegosya russkogo gidrologa Yuriya Borisovicha Vinogradova «Tret'i vinogradovskie chteniya», 2018. pp. 739-744. (In Russ.)

6. Lur'e P.M., Panov V.D. *Reka Don: gidrografiya i rezhim stoka.* [The Don River: hydrography and flow regime]. Rostov-on-Don: Donskoj izdatel'skij dom, 2018. 591 p. (In Russ.)

7. Malye reki Donskogo rajona: analiticheskij obzor nauchno-issledovatel'skih rabot AZNIIRH, vypolnennyh v 1980-1992 gg. po malym rekam Donskogo rajona [Small rivers of the Don Region: An analytical review of small rivers' studies conducted by AzNIIRKH in the Don Region from 1980 to 1992] / S. V. Zhukova, V. M. Shishkin, A. P. Kuropatkin i dr. Rostov-on-Don: Media-Polis, 2007. 83 p. (In Russ.)

8. On'kov I.V. Ocenka tochnosti CMR, sozdannyh po stereoparam tripleta KA TH-1 v programmnom komplekse ENVI. [DEM accuracy evaluation generated from SC TH-1 triplet stereopairs in ENVI software]. *Geomatics*, 2014, no. 3, pp. 22-28. (In Russ.)

9. Pogorelov A.V., Dumit Zh.A. Rel'ef bassejna r. Kubani: morfologicheskij analiz [The relief of the Kuban River basin: morphological analysis]. Moscow: Geos, 2009. 206 p. (In Russ.)

Andrey N. Kuznetsov, e-mail: ankuznecov@sfedu.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

<sup>©</sup> Gabova V.N., Kuznetsov A.N., Fedorov Yu.A., 2024

10. Ponomarenko T. S., Breeva A. V. Raschet kolichestvennyh pokazatelej stoka nanosov i ih vliyanie na vodoemy (bassejn reki Kundryuch'ya). [Calculating quantitative indicators of sediment runoff and their impact on reservoirs (Kundryuchya River basin)]. Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu sozdaniya FGBNU «RosNIIPM» «Aktual'nye napravleniya razvitiya meliorativnogo kompleksa», 2021, p. 55-62. (In Russ.)

11. Ryazanov S.S., Kulagina V.I. Sravnitel'naya ocenka vertikal'noj tochnosti cifrovyh modelej vysot – SRTM, ALOS WORLD 3D, ASTER GDEM i MERIT DEM na primere lesnoj i pojmennoj zony nacional'nogo parka «Nizhnyaya Kama». [Comparative accuracy assessment of digital elevation models (SRTM, ALOS WORLD 3D, ASTER GDEM, MERIT DEM) on the example of forest and floodland zones of the national park «Nizhnyaya Kama»)]. *Geosfernye issledovaniya*, 2022, no. 1, pp. 107-117. (In Russ.)

12. Sinel'nikova K. P. Geoinformacionnyj analiz rel'efa vodosbora reki Bol'shaya Golubaya na territorii Donskoj gryady. [Geoinformation analysis of the Bolshaya Golubaya river catchment area relief on the territory of the Don Ridge]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*, 2021, no. 1, pp. 34-39. (In Russ.)

13. Spiridonov A.I. Osnovy obshchej metodiki polevyh geomorfologicheskih issledovanij i geomorfologicheskogo kartografirovaniya. [Fundamentals of the general methodology of field geomorphological research and geomorphological mapping]. Moscow: Vysshaya SHkola, 1970. 46 p. (In Russ.)

14. 52.08.40-2017. Opredelenie morfometricheskih harakteristik vodnyh ob"ektov sushi i ih vodosborov s ispol'zovaniem tekhnologii geograficheskih informacionnyh sistem po cifrovym kartam Rossijskoj Federacii i sputnikovym snimkam. [Morphometric characteristics determination of land water bodies and their catchments using geographic information system technolo-

#### Габова Валерия Николаевна

Аспирант кафедры физической географии, экологии и охраны природы Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-5655-8095, e-mail: gabova@sfedu.ru

### Кузнецов Андрей Николаевич

Кандидат географических наук, доцент, директор Института наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2301-665X, e-mail: ankuznecov@sfedu.ru

### Федоров Юрий Александрович

Доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии, экологии и охраны природы Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-7411-3030, e-mail: fedorov@sfedu.ru gy based on digital maps of the Russian Federation and satellite images]. Saint Petersburg: RCP Ofort, 2017. 140 p. (In Russ.)

15. Erozionnoe raschlenenie rel'efa Severo-Vostochnogo Kavkaza kak faktor rekreacionnogo osvoeniya territorii. V.V. Bratkov i dr. [Erosive dissection of the relief of the North-Eastern Caucasus as a factor of recreational development of the territory]. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*, 2011, no. 4, pp. 99-103. (In Russ.)

16. Bishta A.Z., Qudsi E.Z. Implementation of space imageries, remote sensing and GIS techniques in the geological and geomorphological analysis of Wadi Fatima drainage basin, Saudi Arabia. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 2023, no. 26 (3), pp. 563-579.

17. Elkhrachy I. Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER Digital Elevation Models: A case study of Najran city, Saudi Arabia. *Ain Shams Engineering Journal*, 2018, vol. 9, no. 4, pp. 1807-1817.

18. Kulkarni A., Chong D., Feras A.B. 5 – Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. *Data Democracy, Academic Press*, 2020. pp. 83-106.

19. Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM / Tadono T., Ishida H., Oda F. et al. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, 2014, vol. II-4, pp. 71-76.

20. Strahler A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 1957, pp. 913-920.

21. Vosselman, G. Slope based filtering of laser altimetry data. *IAPRS*, 2000, vol. XXXIII, pp. 935-942.

*Conflict of interests*: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 02.08.2024 Accepted: 02.12.2024

### Valeria N. Gabova

Postgraduate Student at the Department of Physical Geography, Ecology and Environment Protection, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-5655-8095, e-mail: gabova@sfedu.ru

### Andrey N. Kuznetsov

Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof., Director of the Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2301-665X, e-mail: ankuzne-cov@sfedu.ru

### Yuri A. Fedorov

Dr. Sci. (Geogr.), Prof., Head of the Department of Physical Geography, Ecology and Environment Protection, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-7411-3030, e-mail: fedorov@sfedu.ru