

## АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ

Научная статья  
УДК 556.004.65

### Геоинформационная база данных гидрографических характеристик рек Краснодарского края

Алексей Николаевич Рыжаков<sup>1</sup>, Таисия Сергеевна Пономаренко<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,  
Российская Федерация

<sup>1</sup>xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

<sup>2</sup>rosniipmopvparк@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

**Аннотация. Цель:** создание основы геоинформационной системы, позволяющей вычислять гидрографические характеристики рек региона и их водосборов для получения параметров стока рек на основе цифровой модели рельефа. **Материалы и методы.** Проект осуществлялся в программном обеспечении геоинформационной системы. В качестве исходных данных использована цифровая модель рельефа глобального масштаба FABDEM на основе данных дистанционного зондирования Земли. **Результаты и обсуждения.** В ходе выполняемых работ была создана основа геоинформационной системы, позволяющая вычислять гидрографические характеристики рек и их водосборов – по ряду рек были подготовлены цифровые слои в виде векторных цифровых географических данных (.shp) и растровых моделей поверхности (tiff), характеризующих границы водосборов и водотоков, с атрибутивными данными, содержащими сведения о гидрографических характеристиках водосборов и русел. В результате была получена геоинформационная база данных, содержащая слои в виде растровых и векторных данных для 81 бассейна рек (для Азово-Кубанской равнины – девять, для бассейна р. Кубани – 23 и для бассейна рек Черноморского побережья – 49) и для 310 водотоков, включая как основные наиболее крупные реки, так и их притоки различного порядка, в т. ч. балки, ручьи и ерики. Для каждого векторного слоя геоинформационной базы данных сформирована атрибутивная информация в табличной форме, куда и были внесены полученные сведения. **Вывод.** Полученные в результате формирования геоинформационной базы данных сведения были использованы для организации противопаводковых мероприятий в рамках работы по установлению границ зон затоплений и подтопления. Также прорабатывается возможность использования этих сведений для аграрного природопользования, в т. ч. в системе аграрного мониторинга и для проектирования и реконструкции сооружений на реках малых бассейнов, в частности в целях задействования резервов местного стока для развития орошения.

**Ключевые слова:** гидрологическая изученность, ГИС, гидрографические характеристики рек, бассейн водосбора реки

**Апробация результатов исследования:** основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации» (г. Новочеркасск, 31 мая 2024 г.).

**Для цитирования:** Рыжаков А. Н., Пономаренко Т. С. Геоинформационная база данных гидрографических характеристик рек Краснодарского края // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 44–56.



## CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION

Original article

### Geographic information database of hydrographic characteristics of the Krasnodar region rivers

Alexey N. Ryzhakov<sup>1</sup>, Taisiya S. Ponomarenko<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

<sup>1</sup>xrust.89@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9268-255X>

<sup>2</sup>rosniipmopvapk@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

**Abstract. Purpose:** to create the basis of a geographic information system that makes it possible to calculate the river hydrographic characteristics in the region and their watersheds to obtain river flow parameters based on a digital terrain model. **Materials and methods.** The project was carried out in geographic information system software. The global-scale digital terrain model FABDEM based on Earth remote sensing data was used as the initial data. **Results and discussions.** In the course of the work being carried out, the basis of a geographic information system which made it possible to calculate the river hydrographic characteristics and their watersheds was created – digital layers were prepared for a number of rivers in the form of vector digital geographic data (.shp) and raster surface models (tiff), characterizing the boundaries of watersheds and watercourses, with attribute data containing information about the hydrographic characteristics of watersheds and channels. As a result, a geoinformation database containing layers in the form of raster and vector data for 81 river basins (for the Azov-Kuban Plain – nine, for the Kuban River basin – 23 and for the river basin of the Black Sea coast – 49) and for 310 watercourses, including both the main largest rivers and their tributaries of various types, including ravines, streams and yeriks was obtained. For each vector layer of the geoinformation database, attribute information in tabular form, where the obtained information was entered, was generated. **Conclusion.** The information obtained as a result of the geoinformation database formation was used to organize flood control measures as part of establishing the boundaries of flooding and under flooding zones. The possibility of using this information for agricultural environmental management is also being studied, including agricultural monitoring system and for design and reconstruction of structures on small basin rivers, in particular in order to use local flow reserves for irrigation development.

**Keywords:** hydrological knowledge, GIS, hydrographic characteristics of rivers, watershed basin

**Evaluation of the research results:** the fundamental principles of the article were reported at the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation” (Novocherkassk, May 31, 2024).

**For citation:** Ryzhakov A. N., Ponomarenko T. S. Geographic information database of hydrographic characteristics of the Krasnodar region rivers. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;93(2): 44–56. (In Russ.).

**Введение.** Краснодарский край является интенсивно осваиваемым регионом и особенно актуален для аграрного природопользования. Тем не менее гидрологическая изученность данного региона недостаточна. Изменения стока рек с местных водосборов за исключением ряда крупных рек

практически не производятся. Несмотря на более чем вековую историю гидрологических наблюдений в данном районе, имеет место как недостаток гидропостов, так и неравномерность расположения существующих пунктов наблюдения по указанной территории [1]. В связи с этим фиксируется недостаток имеющейся гидрометрической информации для достоверного обоснования проектов водохозяйственных объектов и организации противопаводковых мероприятий. Следует отметить: в связи с тем, что установка гидрологических постов на водных объектах и обеспечение их гидрометрическими устройствами затратны, встает вопрос о поиске возможных путей получения гидрологической информации. Один из способов получения необходимых данных – возможность определения местного стока с помощью метода воднобалансовых расчетов на основе использования метеорологической информации [2]. Другое направление для получения расходных характеристик стока – анализ сведений о гидрографических характеристиках бассейнов водосборов рек и самих водотоков. Одна из методик получения такой картографической информации о рельефе местности – применение геоинформационных технологий и использование данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) поверхности Земли [3, 4], применяемых в настоящее время.

К распространенным цифровым моделям рельефа (ЦМР), созданным по данным ДЗЗ и находящимся в открытом доступе, относятся продукты MERIT DEM, ASTER GDEM, SRTM-3 и SRTM X (с разрешением ~ 30–90 м) и др. [5, 6]. Наиболее новой и достоверной ЦМР такого масштаба в настоящее время является FABDEM (Forest And Buildings removed Copernicus DEM). Это первая глобальная ЦМР, в которой удалены высоты деревьев и зданий [7]. Данная ЦМР находится в открытом доступе для использования в некоммерческих целях в хранилище исследовательских данных data.bris, поддерживаемом Службой исследовательских данных Университета Бристоля (UK). Сравнение морфометрических характеристик поверхности Зем-

ли, подготовленных по набору данных FABDEM и топографической съемке с БПЛА, указывает на высокую степень сходства между ними, и, исходя из этого, можно сделать вывод, что точность ЦМР FABDEM достаточна для получения информации о рельефе местности при отсутствии возможности проведения геодезической съемки [8]. Поэтому в настоящее время данный источник для создания ЦМР используется и в научно-исследовательской работе, как за рубежом, так и в нашей стране, например, в целях определения морфометрических характеристик рельефа [9], в т. ч. и гидрографических характеристик долины реки [10].

Целью исследования являлось создание основы геоинформационной системы (ГИС), позволяющей вычислять гидрографические характеристики рек региона и их водосборов для получения расходных характеристик стока рек на основе цифровой модели рельефа.

**Материалы и методы.** Проект осуществлялся в программном обеспечении ArcMap10.4.1. В качестве исходных данных использована ЦМР глобального масштаба FABDEM. Исследование было выполнено согласно следующим нормативным документам: «Рекомендации по определению гидрографических характеристик картографическим способом»<sup>1</sup> и «Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик»<sup>2</sup>.

В ходе выполняемых работ была создана основа ГИС, позволяющая вычислять гидрографические характеристики рек и их водосборов – по ряду рек были подготовлены цифровые слои в виде векторных цифровых географических данных (shp) и растровых моделей поверхности (tiff), характеризующих границы водосборов и водотоков, с атрибутивными дан-

---

<sup>1</sup>Рекомендации по определению гидрографических характеристик картографическим способом: Р 52.08.874-2018 / М-во природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации. СПб., 2018. 178 с.

<sup>2</sup>СТО ГГИ 52.08.48-2020. Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик. Введ. 2020-12-01. СПб., 2020. 80 с.

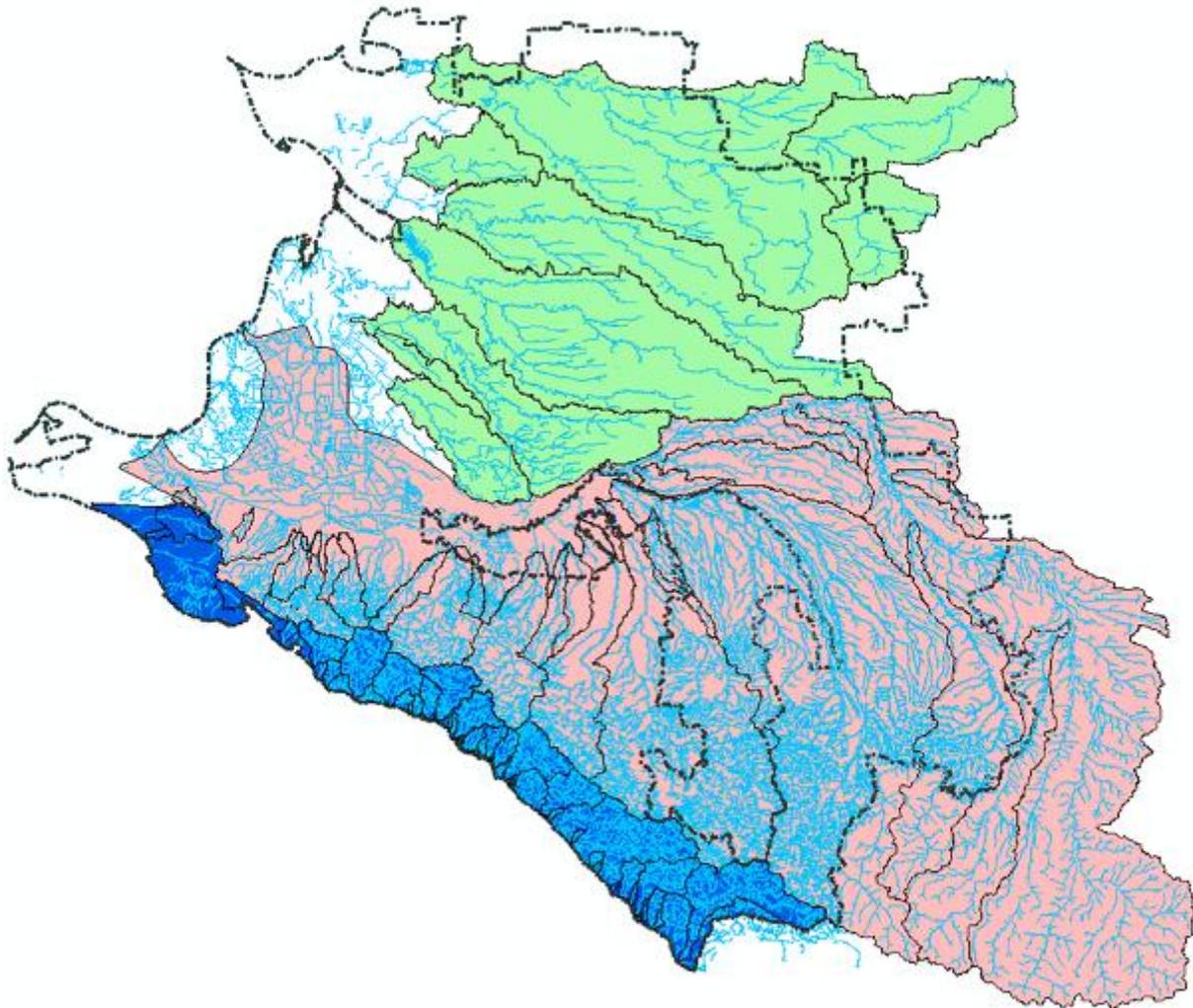
ными, содержащими сведения о гидрографических характеристиках водосборов и русел.

**Результаты и обсуждения.** Район исследования охватил водные объекты Азово-Кубанской равнины, бассейна р. Кубани и большую часть рек Черноморского побережья, расположенных преимущественно в границах Краснодарского края.

В границах Азово-Кубанской равнины исследуемые водотоки были расположены в акватории Азовского моря, бассейнах крупных степных рек (Ея, Бейсуг, Челбас, Кирпили, Понура, Албаши и т. д.) и их притоках различного порядка. В бассейне р. Кубани изучались ее притоки различного порядка, среди которых можно выделить наиболее крупные – Лаба, Белая, Уруп, Чамлык, Большой Зеленчук, Пшеха, Пшиш, Малый Зеленчук, Малая Лаба, Фарс, Псекупс, Афипс, Адагум и др. А в бассейне рек Черноморского побережья – Мзымта, Туапсе, Сочи, Шапсухо, Пшада, Вулан, Нечепсухо, Мезыбь, Дагомыс, Джубга и др.

В результате была получена геоинформационная база данных (ГБД), содержащая слои в виде растровых и векторных данных для 81 бассейна рек (для Азово-Кубанской равнины – девять, для бассейна р. Кубани – 23 и для бассейна рек Черноморского побережья – 49) и для 310 водотоков, включая как основные из перечисленных наиболее крупных рек, так и их притоки различного порядка, в т. ч. балки, ручьи и ерики (рисунок 1). Состав элементов ГБД представлен в таблице 1.

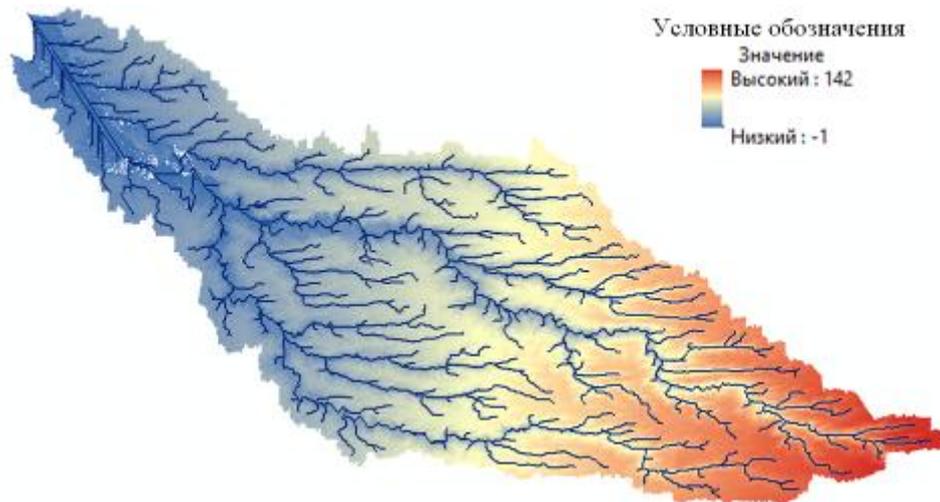
Растр непрерывной высотной поверхности после заполнения локальных понижений представляет собой ЦМР в границах бассейна водосбора водного объекта, в каждой ячейке которого представлено направление стока. Данный слой необходим для определения средней высоты водосбора, а также может быть использован для установления иных морфометрических характеристик (например, для представления профиля). Это также исходные данные для получения растра направления стока. Пример указанного слоя представлен на рисунке 2.



**Рисунок 1 – Внесенные в геоинформационную систему водосборы рек, исходя из принадлежности к трем основным бассейнам Азово-Кубанской равнины, р. Кубани и рек Черноморского побережья**  
**Figure 1 – River watersheds included in the geographic information system, based on their belonging to the three main basins of the Azov-Kuban Plain, the Kuban river and the Black Sea coast rivers**

**Таблица 1 – Состав элементов геоинформационной базы данных**  
**Table 1 – Composition of geoinformation database elements**

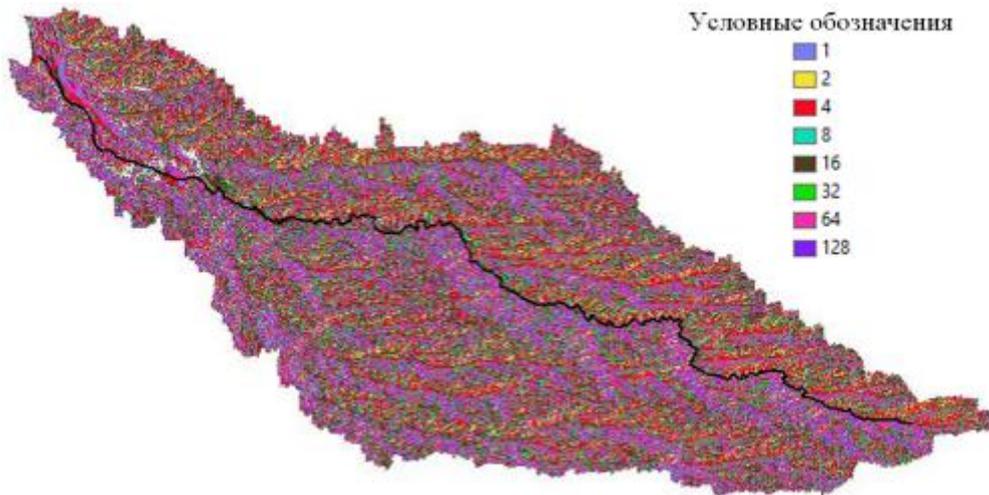
Наименование	Количество элементов, шт.
Растровые слои	
Растр непрерывной высотной поверхности после заполнения локальных понижений (Demfill)	81
Растр направления стока из каждой ячейки в соседние вниз по склону (FlowDirection)	81
Векторные слои	
Водосборы (Watershed, полигональные объекты)	81
Речная сеть (Drain, линейные объекты)	81
Реки (River, линейные объекты)	310



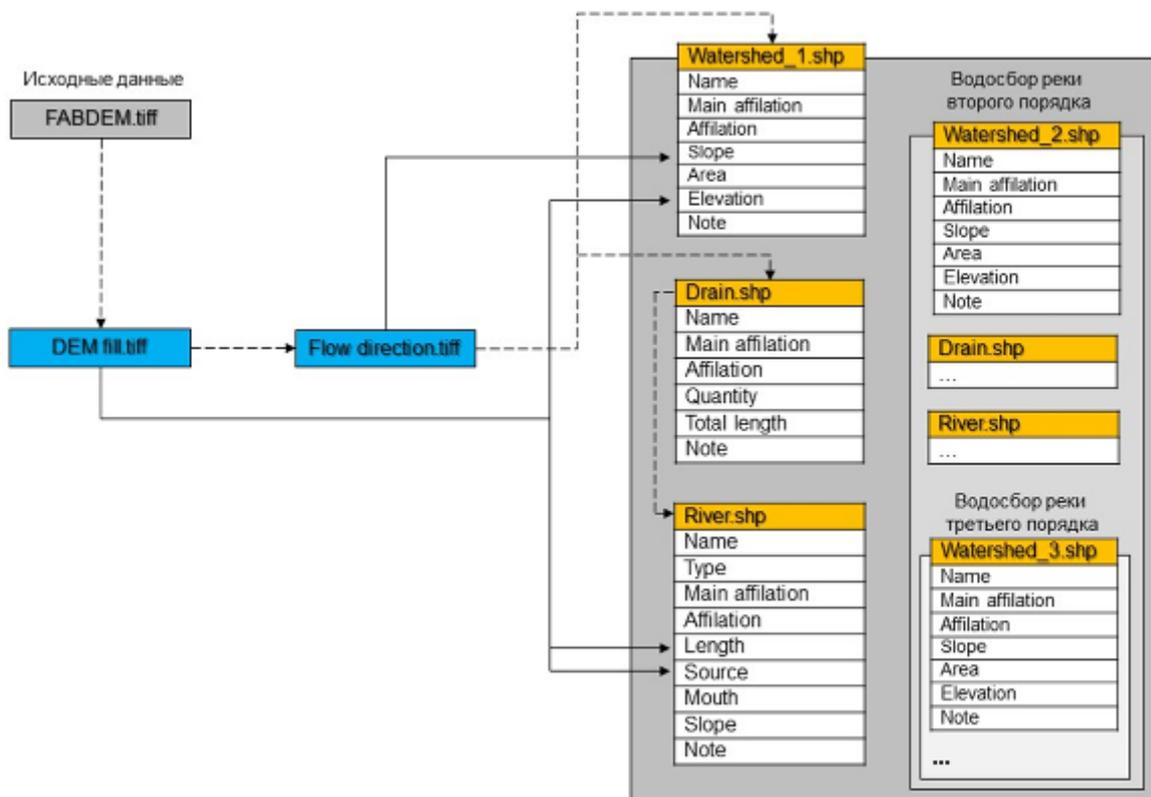
**Рисунок 2 – Растр непрерывной высотной поверхности после заполнения локальных понижений в границах водосбора р. Бейсуг с векторным слоем речной сети бассейна**  
**Figure 2 – Raster of a continuous elevation surface after local depression filling within the Beisug river watershed boundaries with river basin network vector layer**

Растр направления стока из каждой ячейки в соседние вниз по склону (FlowDirection) представляет собой ЦМР в границах бассейна водосбора водного объекта, показывающую направление стока из каждой ячейки в соседние вниз по склону. Он состоит из восьми румбов, значения которых соответствуют сторонам света (1 – В, 4 – ЮВ, 8 – Ю, 16 – ЮЗ, 32 – З, 64 – СЗ, 128 – С). Каждая ячейка растра направления стока несет информацию о направлении движения потока. На его основе рассчитываются линии водотоков и контуры речных бассейнов. Пример указанного слоя представлен на рисунке 3.

Для представленных векторных слоев в таблице 1 были получены их геометрические характеристики, исходя из их конфигурации (площадь, протяженность), а также внесены гидрографические характеристики, полученные при анализе представленных выше растров (высотные отметки, средняя высота водосбора, средний уклон водосбора), рассчитан уклон водотока. Кроме того, установлены характеристики, указывающие на пространственные связи между объектами (принадлежность к водосбору и географическое положение). Структура ГБД представлена на рисунке 4.



**Рисунок 3 – Растр направления стока в границах водосбора р. Бейсуг с векторным слоем ее русла**  
**Figure 3 – Raster of flow direction within boundaries of Beisug river watershed with a vector layer of its riverbed**



- - - - отношение между объектами (растровыми или векторными): исходные данные – результат;
- — — — отношение между объектами: значения в атрибутивной таблице, извлеченное из растрового объекта
- - - - relationship between objects (raster or vector): input data – result;
- — — — relationship between objects: values in the attribute table, extracted from a raster object

**Рисунок 4 – Структура геоинформационной базы данных**  
**Figure 4 – Structure of the geographic information database**

Для каждого векторного слоя ГБД сформирована атрибутивная информация в табличной форме, куда и были внесены полученные сведения. Состав атрибутивной информации приведен в таблицах 2–4.

**Таблица 2 – Атрибутивная таблица слоя «Водосборы» («Watershed», полигональные объекты)**

**Table 2 – Attribute table of the “Watershed” layer (“Watershed”, polygonal objects)**

Наименование атрибута	Описание	Пример заполнения
Name	Наименование водосбора	Большой Тегинь
Main affiliation	Принадлежность к трем основным бассейнам Азово-Кубанской равнины, р. Кубани, рек Черноморского побережья	Кубань
Affiliation	Принадлежность к водосбору реки высшего порядка	Уруп
Area	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	432,86
Slope	Уклон водосбора, промилле	85,3
Elevation	Средняя высота водосбора, м	356
Note	Примечание	–

**Таблица 3 – Атрибутивная таблица слоя «Речная сеть» («Drain», линейные объекты)**

**Table 3 – Attribute table of the layer “River network” (“Drain”, linear objects)**

Наименование атрибута	Описание	Пример заполнения
Name	Наименование водосбора	Большой Тегинь
Main affiliation	Принадлежность к трем основным бассейнам Азово-Кубанской равнины, р. Кубани, рек Черноморского побережья	Кубань
Affiliation	Принадлежность к водосбору реки высшего порядка	Уруп
Quantity	Количество выявленных водотоков, шт.	15
Total length	Суммарная протяженность, км	127
Note	Примечание	–

**Таблица 4 – Атрибутивная таблица слоя «Реки» («River», линейные объекты)**

**Table 4 – Attribute table of the “Rivers” layer (“River”, linear objects)**

Наименование атрибута	Описание	Пример заполнения
1	2	3
Name	Наименование водного объекта	Большой Тегинь
Type	Тип водного объекта (река, балка, ручей, ерик)	Река

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3
Main affiliation	Принадлежность к трем основным бассейнам Азово-Кубанской равнины, р. Кубани, рек Черноморского побережья	Кубань
Affiliation	Принадлежность к водосбору реки	Уруп
Length	Протяженность, км	81,3
Source	Отметки истока, м	751,6
Mouth	Отметка устья, м	425,04
Slope	Уклон водотока, промилле	4,02
Note	Примечание	–

**Выводы.** Имеющиеся на данный момент элементы ГБД позволяют без включения дополнительных источников данных получить информацию о гидрографических характеристиках других водных объектов, расположенных в границах (т. е. существенно расширить ее рядом малых рек), выявленных и внесенных в базу данных, бассейнов водосборов. Также представленная структура атрибутивных данных позволяет добавить дополнительные атрибуты, например, залесенность, застроенность, коэффициенты вариации, расходные характеристики и т. д., т. е. ту информацию, которую возможно получить как с помощью инструментов ГИС, так и в результате гидрологических расчетов на основе данных представленной ГБД.

Полученные в результате формирования ГБД сведения были использованы для организации противопаводковых мероприятий в рамках работы по установлению границ зон затоплений и подтопления. Также прорабатывается возможность использования этих сведений для аграрного природопользования, в т. ч. в системе аграрного мониторинга и для проектирования и реконструкции сооружений на реках малых бассейнов, в частности в целях задействования резервов местного стока для развития орошения.

### Список источников

1. Пономаренко Т. С., Рыжаков А. Н. Современное состояние гидрологической сети Черноморского побережья // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 126–135. EDN: ZYLRPY.
2. Кусаинова А. А., Мезенцева О. В. Определение местного стока методом воднобалансовых расчетов на основе метеорологических данных на территории Северного

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 44–56.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 44–56.

Казахстана // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5, № 3. С. 266–275. EDN: CWNQGY.

3. Третьяков М. В., Волкова Д. Д. Геоинформационная система местного водосбора Обско-Тазовской устьевой области (ОТУО) для оценок стока рек // Ломоносов-2019: материалы XXVI Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Севастополь, 3–5 апр. 2019 г. Севастополь: Фил. МГУ в г. Севастополе, 2019. С. 255. EDN: KLAJCG.

4. Рыжаков А. Н., Пономаренко Т. С. Современные методы получения гидрографических характеристик водотоков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2(78). С. 34–39. EDN: WOECZS.

5. Vertical accuracy of freely available global digital elevation models (ASTER, AW3D30, MERIT, TanDEM-X, SRTM, and NASADEM) / E. Uuemaa, S. Ahi, B. Montibeller, M. Muru, A. Kmoch // Remote Sensing. 2020. Vol. 12, № 21. 3482. <https://doi.org/10.3390/rs12213482>. EDN: BPXCMY.

6. Accuracy assessment of digital bare-earth model using ICESat-2 photons: analysis of the FABDEM / G. Dandabathula, R. Hari, K. Ghosh, A. K. Bera, S. K. Srivastav // Modeling Earth Systems and Environment. 2023. Vol. 9, № 2. P. 2677–2694. DOI: 10.1007/s40808-022-01648-4. EDN: KPOAST.

7. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed / L. Hawker, P. Uhe, L. Paulo, J. Sosa, J. Savage, C. Sampson, J. Neal // Environmental Research Letters. 2022. 17. 024016. DOI: 10.1088/1748-9326/ac4d4f. EDN: AUPPCP.

8. Применение FABDEM и других современных цифровых моделей рельефа в системе аграрного мониторинга / А. С. Кузнецова, А. А. Пушкарев, К. В. Краснощек, О. Э. Якубайлик, М. Г. Ерунова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2023. № 4(32). С. 139–147. DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.012. EDN: UVYRVI.

9. Effectiveness of UAV-based DTM and satellite-based DEMs for local-level flood modeling in Jamuna floodplain / A. Iqbal, M. Sh. Mondal, W. Veerbeek, M. Sh. A. Khan, H. Nakvoort // Journal of Flood Risk Management. 2023. Vol. 16, № 4. DOI: 10.1111/jfr3.12937. EDN: XFRKEL.

10. Строеение долины реки Москвы в районе Звенигородской биостанции МГУ / П. И. Фоминых, В. А. Боголюбский, А. К. Яковенко, А. Н. Абдулин, И. А. Алдошин, Е. С. Баженова, Д. В. Баранов, В. Р. Беляев, Ю. Р. Беляев, С. И. Большов, А. В. Бредихин, В. Г. Ван, П. К. Веревкина, М. В. Власов, Е. В. Гаранкина, А. А. Деркач, Е. А. Еременко, А. В. Ермаков, М. М. Иванов, А. В. Колодкин, К. Кочубей, Н. Н. Луговой, Д. Р. Лукашенко, Е. Ю. Матлахова, А. В. Панин, Ю. А. Полетаева, Р. О. Разумовский, В. В. Смирнова, Ю. Н. Фузеина, М. А. Хмылова, В. Е. Шатохина, И. А. Шереметьев // Исследования молодых географов: сб. ст. участников зим. студенч. экспедиций. М.: Изд. дом Акад. им. Н. Е. Жуковского, 2023. С. 16–27. EDN: MUVTAA.

## References

1. Ponomarenko T.S., Ryzhakov A.N., 2023. *Sovremennoe sostoyanie gidrologicheskoy seti Chernomorskogo poberezh'ya* [The current state of the hydrological network of the Black Sea coast]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(89), pp. 126-135, EDN: ZYLPHY. (In Russian).

2. Kusainova A.A., Mezentseva O.V., 2019. *Opredelenie mestnogo stoka metodom vodnobilansovykh raschetov na osnove meteorologicheskikh dannykh na territorii Severnogo Kazakhstana* [Determination of local runoff by water balance calculations based on meteorological data in the territory of Northern Kazakhstan]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya* [Scientific Notes of Crimean Fed-

eral University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology], vol. 5, no. 3, pp. 266-275, EDN: CWNQGY. (In Russian).

3. Tretyakov M.V., Volkova D.D., 2019. *Geoinformatsionnaya sistema mestnogo vodobora Obsko-Tazovskoy ust'evoy oblasti (OTUO) dlya otsenok stoka rek* [Geoinformation system of local watershed of the Ob-Taz estuary region (OTUO) for river flow assessment]. *Lomonosov-2019: materialy XXVI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* [Lomonosov-2019: Proc. of the XXVI International Scientific Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists]. Sevastopol, Moscow State University Branch in Sevastopol, p. 255, EDN: KLAJCG. (In Russian).

4. Ryzhakov A.N., Ponomarenko T.S., 2020. *Sovremennye metody polucheniya gidrograficheskikh kharakteristik vodotokov* [Modern methods for obtaining hydrographic characteristics of watercourses]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 2(78), pp. 34-39, EDN: WOECZS. (In Russian).

5. Uemaa E., Ahi S., Montibeller B., Muru M., Kmoch A., 2020. Vertical accuracy of freely available global digital elevation models (ASTER, AW3D30, MERIT, TanDEM-X, SRTM, and NASADEM). *Remote Sensing*, vol. 12, no. 21, 3482, <https://doi.org/10.3390/rs12213482>, EDN: BPXCMY.

6. Dandabathula G., Hari R., Ghosh K., Bera A.K., Srivastav S.K., 2023. Accuracy assessment of digital bare-earth model using ICESat-2 photons: analysis of the FABDEM. *Modeling Earth Systems and Environment*, vol. 9, no. 2, pp. 2677-2694, DOI: 10.1007/s40808-022-01648-4, EDN: KPOAST.

7. Hawker L., Uhe P., Paulo L., Sosa J., Savage J., Sampson C., Neal J., 2022. A 30 m global map of elevation with forests and buildings removed. *Environmental Research Letters*, 17, 024016, DOI: 10.1088/1748-9326/ac4d4f, EDN: AUPPCP.

8. Kuznetsova A.S., Pushkarev A.A., Krasnoshchekov K.V., Yakubailik O.E., Erunova M.G., 2023. *Primenenie FABDEM i drugikh sovremennykh tsifrovyykh modeley rel'efa v sisteme agrarnogo monitoringa* [Application of FABDEM and other modern digital elevation models in the agricultural monitoring system]. *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and Mathematical Technologies in Science and Management], no. 4(32), pp. 139-147, DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.012, EDN: UVYRVI. (In Russian).

9. Iqbal A., Mondal M.Sh., Veerbeek W., Khan M.Sh.A., Hakvoort H., 2023. Effectiveness of UAV-based DTM and satellite-based DEMs for local-level flood modeling in Jamuna floodplain. *Journal of Flood Risk Management*, vol. 16, no. 4, DOI: 10.1111/jfr3.12937, EDN: XFRKEL.

10. Fominykh P.I., Bogolyubsky V.A., Yakovenko A.K., Abdulin A.N., Aldoshin I.A., Bazhenova E.S., Baranov D.V., Belyaev V.R., Belyaev Yu.R., Bolysov S.I., Bredikhin A.V., Van V.G., Verevkina P.K., Vlasov M.V., Garankina E.V., Derkach A.A., Eremenko E.A., Ermakov A.V., Ivanov M.M., Kolodkin A.V., Kochubey K., Lugovoy N.N., Lukashenko D.R., Matlakhova E.Yu., Panin A.V., Poletaeva Yu.A., Razumovsky R.O., Smirnova V.V., Fuzzeina Yu.N., Khmylova M.A., Shatokhina V.E., Sheremetyev I.A., 2023. *Stroenie doliny reki Moskvy v rayone Zvenigorodskoy biostantsii MGU* [Structure of the Moskva River valley in the area of Zvenigorod biological station of Moscow State University]. *Issledovaniya molodykh geografov: sb. st. uchastnikov zimnikh studencheskikh ekspeditsiy* [Studies of Young Geographers: Collection of Articles of Participants of Winter Student Expeditions]. Moscow, Publishing house of the Academy named after N.E. Zhukovsky, pp. 16-27, EDN: MUVTAA. (In Russian).

---

#### **Информация об авторах**

**А. Н. Рыжаков** – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [xrust.89@bk.ru](mailto:xrust.89@bk.ru), AuthorID: 784962, ORCID ID: 0000-0002-9268-255X;

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 44–56.  
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 93, no. 2. P. 44–56.

**Т. С. Пономаренко** – научный сотрудник, кандидат технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, [rosniipmopvparp@yandex.ru](mailto:rosniipmopvparp@yandex.ru), [ponomarenko.taisya@yandex.ru](mailto:ponomarenko.taisya@yandex.ru), AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686.

#### *Information about the authors*

**A. N. Ryzhakov** – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [xrust.89@bk.ru](mailto:xrust.89@bk.ru), AuthorID: 784962, ORCID ID: 0000-0002-9268-255X;

**T. S. Ponomarenko** – Researcher, Candidate of Technical Sciences, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, [rosniipmopvparp@yandex.ru](mailto:rosniipmopvparp@yandex.ru), [ponomarenko.taisya@yandex.ru](mailto:ponomarenko.taisya@yandex.ru), AuthorID: 619318, ORCID ID: 0000-0002-2003-1686.

*Вклад авторов: Алексей Н. Рыжаков произвел обзор источников, собрал и обработал данные, проанализировал результаты, написал статью. Таисия С. Пономаренко произвела обзор источников, собрала и обработала данные, участвовала в написании статьи. Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: Alexey N. Ryzhakov reviewed the sources, collected and processed the data, analyzed the results, and wrote an article. Taisiya S. Ponomarenko reviewed the sources, collected and processed the data, and participated in writing the article.*

*All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 25.04.2024; одобрена после рецензирования 08.05.2024; принята к публикации 05.06.2024.*

*The article was submitted 25.04.2024; approved after reviewing 08.05.2024; accepted for publication 05.06.2024.*