

УДК 556.18

DOI: 10.46698/VNC.2026.94.83.001

Оригинальная статья

## Многолетняя динамика гидрографических характеристик и наземного покрова в речных бассейнах Азово-Кубанской равнины

А.В. Погорелов<sup>1</sup>, Д.А. Липилин<sup>1, 2, 3</sup>, М.В. Кузякина<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup> Кубанский государственный университет, Россия, 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, e-mail: pogorelov\_av@bk.ru;

<sup>2</sup> Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, Россия, 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13;

<sup>3</sup> Кубанский государственный технологический университет, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Статья поступила: 11.10.2025, доработана: 05.03.2026, принята к публикации: 10.03.2026

**Резюме: Актуальность работы.** Водные ресурсы Азово-Кубанской равнины, представленные преимущественно степными реками, – один из определяющих факторов хозяйственного развития и геоэкологической обстановки степной зоны Краснодарского края. Естественные и обусловленные техногенными причинами различия в формировании поверхностного стока и гидрографических характеристик рек остаются недостаточно исследованными. Непрерывная дигрессия речных систем в степной зоне Краснодарского края вследствие распашки, перепланировки поверхности водосборов, нарушения дренажа перегораживающими сооружениями ведет к утрате реками своего водно-ресурсного потенциала. **Цель исследования** – количественные оценки трансформации речных систем Азово-Кубанской равнины на основе гидрографических характеристик (длина водотоков, распаханность и урбанизированность водосборов и др.) за последние десятилетия (1999–2023 гг.). Основное внимание уделено бассейнам рек Понуры и Кирпили общей площадью 4,27 тыс. км<sup>2</sup> с суммарной длиной водотоков 1,98 тыс. км. **Методы исследования.** При обработке спутниковых снимков (Landsat 7/8), распознавании классов наземного покрова, расчетах гидрографических показателей и построении аналитических карт применены ГИС-технологии. Цифровое моделирование водно-эрозионной сети и водосборов разного порядка выполнено с использованием глобальной цифровой модели рельефа ASTER GDEM2. **Результаты работы.** Установлены количественные изменения водно-эрозионной сети и структуры наземного покрова (площади сельскохозяйственных полей, застройки, плавней и др.) за 1999–2023 гг. Повсеместно на водосборах низшего порядка выявлены «отмирания» верхних участков речной и балочной сети и нарушения дренированности территории. Подобная трансформация речной сети свидетельствует о неуправляемой водохозяйственной деградации рек на Азово-Кубанской равнине.

**Ключевые слова:** речные системы, Азово-Кубанская равнина, гидрографические характеристики, спутниковые снимки, цифровая модель рельефа, геоинформационный анализ, наземный покров, техногенная деградация.

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда и Кубанского научного фонда в рамках проекта № 24-27-20005.

**Для цитирования:** Погорелов А.В., Липилин Д.А., Кузякина М.В. Многолетняя динамика гидрографических характеристик и наземного покрова в речных бассейнах Азово-Кубанской равнины. *Геология и геофизика Юга России*. 2026. 16(1): 240–253. DOI: 10.46698/VNC.2026.94.83.001

DOI: 10.46698/VNC.2026.94.83.001

Original paper

# Long-term dynamics of hydrographic characteristics and land cover in the river basins of the Azov-Kuban Plain

A.V. Pogorelov<sup>1</sup>, D.A. Lipilin<sup>1, 2, 3</sup>, M.V. Kuzyakina<sup>1, 3</sup>

<sup>1</sup> Kuban State University, 149 Stavropolskaya Str., Krasnodar 350040, Russian Federation, e-mail: pogorelov\_av@bk.ru;

<sup>2</sup> Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinina Str., Krasnodar 350044, Russian Federation;

<sup>3</sup> Kuban State Technological University, 2 Moskovskaya Str., Krasnodar 350040, Russian Federation

Received: 11.10.2025, revised: 05.03.2026, accepted: 10.03.2026

**Abstract: Relevance.** Water resources of the Azov-Kuban Plain, represented mainly by steppe rivers, are one of the determining factors of economic development and geocological conditions of the steppe zone of Krasnodar Krai. Natural and technogenic differences in the formation of surface runoff and hydrographic characteristics of rivers remain insufficiently studied. Continuous digression of river systems in the steppe zone of Krasnodar Krai due to plowing, redevelopment of the surface of watersheds, and disruption of drainage by damming structures leads to the loss of rivers' water-resource potential. **Aim** – quantitative assessments of the transformation of the river systems of the Azov-Kuban Plain based on hydrographic characteristics (length of watercourses, ploughed and urbanized watersheds, etc.) over the past decades (1999–2023). The main attention is paid to the basins of the Ponura and Kirpili rivers with a total area of 4.27 thousand km<sup>2</sup> with a total length of watercourses of 1.98 thousand km. **Methods.** GIS technologies were used for processing satellite images (Landsat 7/8), recognizing land cover classes, calculating hydrographic indicators and creating analytical maps. Digital modeling of the water-erosion network and catchments of different orders was performed using the global digital relief model ASTER GDEM2. **Results.** Quantitative changes in the water-erosion network and the structure of the land cover (area of agricultural fields, buildings, floodplains, etc.) for 1999–2023 were established. Everywhere in the lower-order catchments, “dying off” of the upper sections of the river and ravine network and violations of the drainage of the territory were revealed. Such a transformation of the river network indicates uncontrolled water management degradation of the rivers on the Azov-Kuban Plain.

**Keywords:** river systems, Azov-Kuban Plain, hydrographic characteristics, satellite images, digital elevation model, geoinformation analysis, land cover, technogenic degradation.

**Acknowledgments:** *The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 24-27-20005 and with the financial support of the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific project No. 24-27-20005.*

**For citation:** Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Kuzyakina M.V. Long-term dynamics of hydrographic characteristics and land cover in the river basins of the Azov-Kuban Plain. *Geologiyal Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2026. 16(1): 240-253. DOI: 10.46698/VNC.2026.94.83.001

## Введение

В условиях растущего дефицита воды в степной зоне Краснодарского края особую актуальность для обеспечения хозяйственной деятельности приобретают исследования водных ресурсов степных рек. Средние и малые реки степной зоны Юга России, включая реки Азово-Кубанской равнины, на фоне их техногенной деградации перешли черту экологического кризиса [Погорелов и др., 2024]. Наблюдается неконтролируемое ухудшение речных систем под воздействием человеческой, в том числе водохозяйственной деятельности, то есть их деградация [Суздалева, Горюнова, 2014]. В течение многих десятилетий на реках Азово-Кубанской равнины отмечается уменьшение стока, снижение транспортирующей способности рек, усиление эрозионных процессов на водосборах, накопление загрязняющих веществ в воде и донных отложениях, что, в свою очередь, приводит к уменьшению глубин, эвтрофикации и ухудшению экологического состояния речных экосистем [Погорелов и др., 2023, 2024; Белюченко, 2010; Белюченко 2017; Суслов, 2015; Экология речных ..., 2023]. Мероприятия по экологическому оздоровлению рек в виде нерегулярной и весьма затратной расчистки отдельных небольших по протяженности участков русел некоторых степных рек нельзя признать эффективными.

Основные техногенные причины дигрессии речных экосистем в степной зоне Краснодарского края: разрушение естественного почвенно-растительного покрова на водосборах с формированием наземного покрова техногенного происхождения; перепланировка склонов водосборов; распашка пойм (зачастую до уреза воды) и русел; большое количество перегораживающих сооружений на реках; нарушение естественного дренажа территории, включая создание искусственной ирригационной сети; нарушение водоохраных и санитарных зон вдоль водных объектов, а также неправильное землепользование в пределах прибрежных защитных полос.

Многолетние изменения гидрографических характеристик рек Азово-Кубанской равнины, испытывающих техногенные воздействия, остаются недостаточно изученными. Кроме того, в каждом из бассейнов техногенные проявления имеют неодинаковую выраженность в гидрографических показателях (длина водотоков, распаханность и урбанизированность водосборов и др.). Отсюда, цель работы – оценка техногенных преобразований речных систем Азово-Кубанской равнины за последние десятилетия по данным гидрографических характеристик.

Настоящая статья продолжает исследования техногенной трансформации речных бассейнов в Краснодарском крае [Погорелов и др., 2023, 2024], фокусируя внимание на неисследованных бассейнах рек Понуры и Кирпили. Данные реки в настоящее время фактически представляют собой природно-техногенные системы с измененными морфометрическими и морфологическими характеристиками, высокой зарегулированностью стока и нарушенными показателями вещественного обмена.

## Объект исследования

Азово-Кубанская аккумулятивная равнина занимает западную часть Предкавказской депрессии, имеет слабо наклоненную к северо-западу поверхность с преобладающими абсолютными высотами 20–150 м. Равнина сложена легко размываемыми лессовидными суглинками и глинами, вблизи побережья – дельтовыми отложениями. Поверхность ее слабо расчленена, речные долины неглубокие, водоразделы морфологически не выражены. Долины рек, не разработанные в верховьях, как правило, расширяются в среднем течении и достигают максимальной ширины в низовьях. В западной части равнины уровень рек располагается почти вровень с местностью; на дельтовых участках повсеместно развиты плавни.

Анализируемые бассейны рек Кирпили и Понуры занимают южную часть Азово-Кубанской равнины (рис. 1), входя отчасти в административные границы города Краснодара. Перегораживающие сооружения (плотины) разбивают реки на цепь прудов, каковых по нашим данным в русле Кирпили насчитывается 71, в русле Понуры – 34. Ширина русел, а фактически прудов, на некоторых участках достигает 300 м и более. В межень пруды могут чередоваться с участками пересыхающих русел, превращаясь в последовательность изолированных водоёмов.

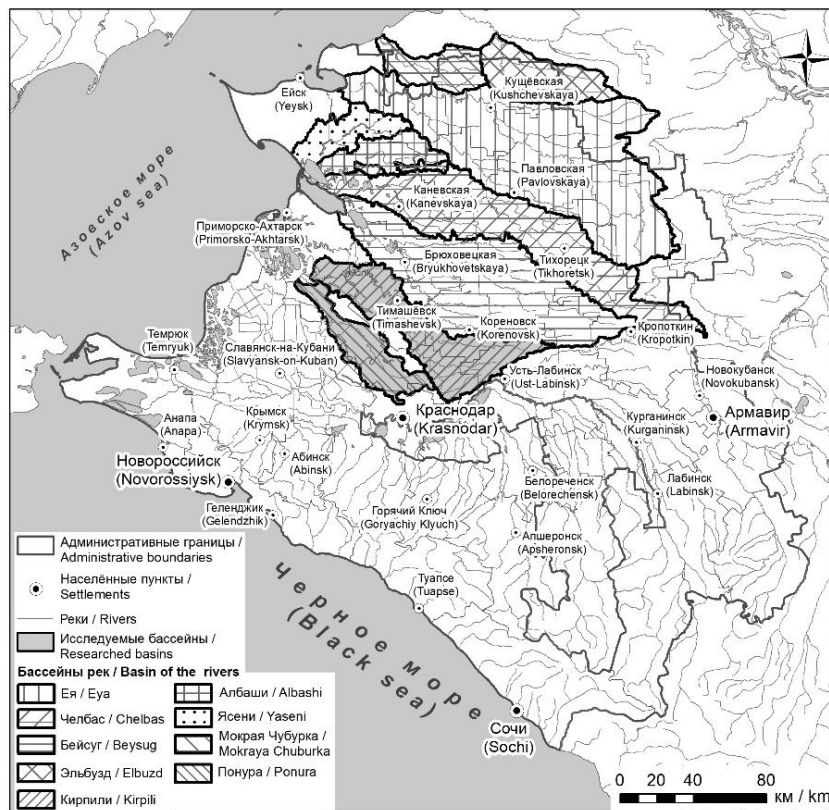


Рис. 1. Расположение исследуемых речных бассейнов на территории Краснодарского края /

Fig. 1. Location of the studied river basins in the Krasnodar territory

Исследуемая территория находится в зоне семиаридного климата. Главный источник питания Понуры и Кирпили – атмосферные осадки с максимумом (200–300 мм) в теплое время года. Летом участие атмосферных осадков в формировании речного стока заметно снижается из-за высоких потерь на испарение, преобладает питание грунтовыми водами с повышенной минерализацией. Зимой снежный покров характеризуется неустойчивостью и малой продолжительностью залегания. Скорость течения на реках невысокая – не более 0,1 м/с [Лурье, Панов, 2021]. Режиму исследуемых рек свойственно весеннее половодье, однако естественный сток нарушен плотинами, большинство из которых не имеет водопропускных устройств. Подъёмы уровня во время половодья незначительны, что, тем не менее, приводит к затоплению многих плотин. Минимальные уровни наблюдаются в конце лета – начале осени. В целом годовому ходу уровней воды на реках свойственна устойчивость – половодье и паводки сглажены.

Техногенные воздействия в виде агротехнической деятельности на водосборах, влияние гидротехнических сооружений и инженерных мероприятий на русловые процессы имеют в совокупности неуправляемый характер. Интегративный вклад техногенных преобразований в формирование речного стока и водного баланса ис-

следуемой территории не определён. Основные причины – недостаточная изученность техногенных преобразований и их гидрологических эффектов, неразвитая гидрометеорологическая сеть.

### Методы исследования

В соответствии с ландшафтно-гидрологическим подходом [Косолапов и др., 1995; Позаченюк и др., 2022] существует тесная взаимосвязь между ландшафтной структурой водосбора и характеристиками стока рек, стекающих с этого водосбора. Оценка изменений гидрографических (морфометрических и морфологических) характеристик выполняется в настоящей работе с использованием данных дистанционного зондирования – спутниковых снимков и цифровых моделей рельефа.

Среди гидрографических характеристик степных рек существенными в аспекте преобразований речных водосборов являются их распаханность и урбанизированность. Упомянутые характеристики опосредуются классами наземного покрова. Наземный покров (landcover) – термин, относящийся к физическому покрову земной поверхности и включающий в себя разные типы земельных участков и их характеристики (леса, пастбища, горы, города, сельскохозяйственные угодья, водные объекты и т.д.) [Bartholome et al., 2002; Савин, Березуцкая, 2024]. Согласно [Yang, Xin, 2021], наземный покров – это биофизическая оболочка, наблюдаемая на земной поверхности, которая включает в себя как природные объекты, так и антропогенные. Разные классы наземного покрова идентифицируются по данным спутниковых снимков.

В расчетах характеристик речных систем авторы опирались на приемы гидрографии, при построении карт и проведении пространственных расчетов – на инструменты ГИС-картографирования и опыт пространственного анализа гидрографических характеристик [Погорелов и др., 2023, 2024; Sangle, Yannawar, 2014; Daramola et al., 2022; Dwivedi et al., 2022; Kumar et al., 2021; Nikolova et al., 2022; Sondarva et al., 2023; Chhetri, 2023].

Векторизация сети тальвегов (постоянных и временных водотоков) и границ речных бассейнов проводилась в среде ГИС по откорректированной глобальной цифровой модели рельефа ASTER GDEM2 с пространственным разрешением 30 м. Верификация и корректировка положения оцифрованных водотоков, а также результатов дешифрирования классов наземного покрова осуществлялись с помощью сервиса Google Earth Pro. Расхождение оценок площади речных бассейнов и длин рек в справочных и литературных источниках объясняется неопределенностью положения линий водоразделов вкупе с различиями в определении конечных створов устьев рек (впадение в море или в лиман).

Для идентификации классов наземного покрова в бассейнах рек Кирпили и Понурь за период 1999–2023 гг. использованы космические снимки Landsat 7/8, пространственное разрешение которых сопоставимо с разрешением ЦМР ASTER GDEM2. Для соблюдения корректности сравнения разновременных снимков даты съемки выбраны на периоды времени, приходящиеся на фазу межени в исследуемых реках.

При дешифрировании космических снимков, следуя методике [Погорелов и др., 2023, 2024], за основу классификации принята номенклатура наземного покрова, разработанная для европейской программы CORINE LandCover (CLC). Легенда карт CLC состоит из 44 типов земной поверхности. Для исследуемой территории нами на снимках Landsat 7/8 выделено четыре класса наземного покрова: 1) сельскохозяйственные угодья (Agricultural areas), 2) населенные пункты и объекты инфраструктуры (Artificial surfaces), 3) плавни (болота) и древесная растительность (Wetland, Forest sandsemi-natural areas), 4) водные объекты (Water body). Объединение плавней

и древесной растительности в единый класс обусловлено сложностью их идентификации на космических снимках как отдельных классов наземной поверхности в условиях исследуемых речных бассейнов.

### Результаты работы и их обсуждение

Длина водотоков выступает информативным показателем среди гидрографических характеристик в аспекте многолетней деградации речной сети. В процессе векторизации границ бассейнов низших порядков внутри бассейнов рек Понуры (площадь 1353,1 км<sup>2</sup>) и Кирпили (2920,8 км<sup>2</sup>) выделено 26 частных водосборов: 18 – в бассейне Кирпили и 8 – в бассейне Понуры с общей вариацией площадей водосборов 23... 617 км<sup>2</sup>. Анализ трансформации водно-эрозионной сети в исследуемых бассейнах показал, что за 1999–2023 гг. произошло уменьшение протяженности водотоков в каждом из выделенных частных водосборов – от 5,3 до 31,2 %. В результате в бассейне р. Кирпили суммарная длина водотоков за 24 года сократилась с 1821,7 до 1427 км, то есть на 394,7 км (или на 21,5 %), в бассейне р. Понуры с 613 до 550,5 км – на 80,5 км (12,2 %).

Карта (рис. 2) отражает изменения длины водотоков в бассейнах рек Понуры и Кирпили в сравнении с другими речными бассейнами Азово-Кубанской равнины. Установлено, что ползучая экспансия пахотных земель приводит к уничтожению верхних звеньев водно-эрозионной сети, предопределяя, в свою очередь, последующее нарушение активности флювиальных процессов и дренированности территории. В целом это свидетельствует о деградации речной сети на Азово-Кубанской равнине. Отметим, что величины сокращения водно-эрозионной сети в частных водосборах в бассейнах Кирпили и Понуры вполне сопоставимы с соответствующими показателями, ранее полученными нами для частных водосборов рек Ея, Албаши, Челбас, Бейсуг и др. [Погорелов и др., 2023, 2024].

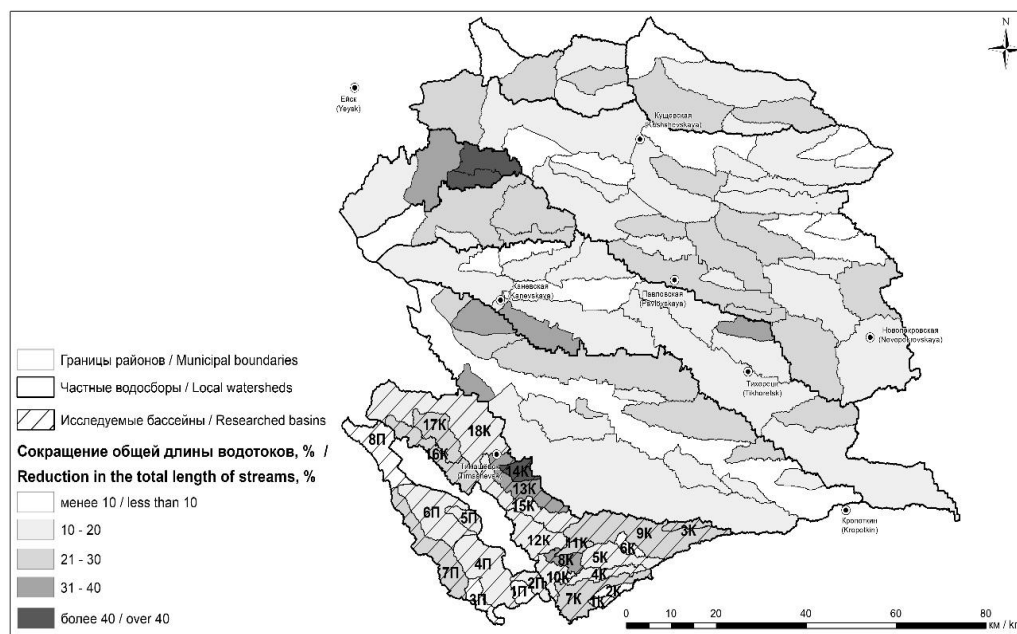


Рис. 2. Сокращение общей длины водотоков за период 1999–2023 гг. в бассейнах низших порядков / Fig. 2. Reduction in the total length of watercourses for the period 1999–2023 in lower-order basins

Рассмотрим изменения в структуре наземного покрова. В Краснодарском крае за 2018–2023 гг. произошло незначительное сокращение площади пашни (на 0,1 %) при

устойчивом увеличении площадей населенных пунктов (на 2,3 %) [Барсукова и др., 2025]. Подобные изменения вполне закономерны для последних десятилетий. Понятно, что внутри региона эта динамика, вызванная местными трендами землепользования, неоднородна. Сведения о распределении классов наземного покрова в речных бассейнах Кирпили и Понуры, рассматриваемые с позиции гидрографических характеристик (распаханность, урбанизированность), приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 / Table 1

**Распределение классов наземного покрова в бассейнах рек Кирпили и Понуры /  
Distribution of land cover classes in the Kirpili and Ponura river basins**

№	Бассейн / Basin	Площадь, км <sup>2</sup> / Area, km <sup>2</sup>	Количество частных бассейнов / Amount of local basins	1999 г. / 1999 year				2023 г. / 2023 year			
				Населенные пункты, % / Settlements, %	Плавни и лесополосы, % / Swamps and forest belts, %	Водные объекты, % / Water objects, %	Сельскохозяйственные поля, % / Agricultural fields, %	Населенные пункты, % / Settlements, %	Плавни и лесополосы, % / Swamps and forest belts, %	Водные объекты, % / Water objects, %	Сельскохозяйственные поля, % / Agricultural fields, %
1	Кирпили / Kirpili	2920,72	18	17,65	7,20	3,35	71,80	10,39	7,65	2,65	79,31
2	Понура / Ponura	1353,08	8	16,55	8,10	1,35	74,00	15,30	10,21	2,02	72,47

Подавляющая часть площади анализируемых бассейнов занята сельскохозяйственными полями (72,5–79,3 % по данным 2023 г.) (табл. 1). Однако многолетние изменения площади полей в бассейнах, как выяснилось, разнонаправленные. Так, в бассейне р. Понуры в 1999–2023 гг. наблюдалось уменьшение площади сельскохозяйственных полей с 74 до 72,5 % при увеличении площади плавней; в бассейне р. Кирпили зафиксирован заметный рост площади полей – с 71,8 до 79,3 %. На фоне роста площади пашни сокращение длины водотоков в бассейне р. Кирпили вполне объяснимо.

На уровне частных водосборов дифференциация наземного покрова характеризуется их значимым разбросом (табл. 2) и определенными многолетними изменениями. Так, относительная площадь, занятая в частных водосборах населенными пунктами и объектами инфраструктуры и отражающая урбанизированность, изменяется в 2023 г. от 2,4 % (балка Сухая) до 19,9 % (нижнее течение Понуры). А относительная площадь сельскохозяйственных полей, характеризующая распаханность частных водосборов, варьирует по данным 2023 г. от 63,1 % (среднее течение Кирпили) до 92 % (балка Сухая).

Характерные изменения за 1999–2023 гг. в структуре наземного покрова речных бассейнов, вызванные хозяйственной деятельностью, показаны на фрагментах обработанных спутниковых снимков (рис. 3, 4). Несмотря на сложившуюся в целом структуру землепользования, соотношение классов наземного покрова в водосборах продолжает меняться, что нашло свое отражение в результатах дешифрирования (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

**Распределение наземного покрова в частных водосборах в бассейнах рек  
Кирпили и Понуры / Distribution of land cover in individual catchments  
in the Kirpili and Ponura river basins**

№	Бассейн / Basin	Площадь, км <sup>2</sup> / Area, km <sup>2</sup>	1999 г. / 1999 year				2023 г. / 2023 year			
			Населенные пункты, % / Settlements, %	Плавни и лесополосы, % / Swamps and forest belts, %	Водные объекты, % / Waterobjects, %	Сельскохозяйственные поля, % / Agriculturalfields, %	Населенные пункты, % / Settlements, %	Плавни и лесополосы, % / Swamps and forest belts, %	Водные объекты, % / Waterobjects, %	Сельскохозяйственные поля, % / Agriculturalfields, %
Бассейн р. Кирпили / Kirpili River basin										
1К	Балка Сухая / Sukhaya valley	23,32	1,32	6,67	0,04	91,97	2,45	8,38	0,04	89,13
2К	Балка Первая / Pervaya valley	40,54	9,90	8,75	1,10	80,25	9,74	7,45	1,08	81,74
3К	Пшик / Pshik	41,97	14,94	5,51	0,90	78,65	4,96	5,78	0,42	88,84
4К	2-я Кочеты (верхнее течение) / 2-ya Kochety (upperflow)	92,18	10,25	5,48	1,62	82,65	5,83	6,37	1,41	86,39
5К	3-я Кочеты (верхнее течение) / 3-ya Kochety (upperflow)	158,79	13,98	4,82	1,33	79,87	3,23	4,71	0,93	91,12
6К	Раздольная / Razdolnaya	39,68	19,18	5,13	0,43	75,25	3,67	2,67	0,35	93,32
7К	1-я Кочеты / 1-ya Kochety	212,7564	11,34	8,31	1,98	78,37	9,60	7,27	1,81	81,33
8К	3-я Кочеты (нижнее течение) / 3-ya Kochety (downflow)	64,02	22,41	9,04	1,96	66,59	14,93	8,72	3,12	73,23
9К	Кирпили (верхнее течение) / Kirpili (upperflow)	464,73	20,21	6,72	1,55	71,52	10,99	4,64	1,17	83,19
10К	2-я Кочеты (нижнее течение) / 2-ya Kochety (downflow)	91,79	20,77	7,00	0,80	71,44	17,54	11,10	1,90	69,46
11К	Ставок / Stavok	39,87	14,41	11,80	3,74	70,05	4,93	4,53	2,81	87,74
12К	Кочеты / Kochety	190,34	16,21	9,61	2,02	72,16	6,96	9,12	2,55	81,37

№	Бассейн / Basin	Площадь, км <sup>2</sup> / Area, km <sup>2</sup>	1999 г. / 1999 year				2023 г. / 2023 year			
			Населенные пункты, % / Settlements, %	Плани и лесополосы, % / Swamps and forest belts, %	Водные объекты, % / Waterobjects, %	Сельскохозяйственные поля, % / Agriculturalfields, %	Населенные пункты, % / Settlements, %	Плани и лесополосы, % / Swamps and forest belts, %	Водные объекты, % / Waterobjects, %	Сельскохозяйственные поля, % / Agriculturalfields, %
13К	Кирпильцы / Kirpiltsy	180,32	27,17	7,34	1,60	63,89	12,90	7,41	1,61	78,08
14К	Очеретоватая / Ocheretovataya	65,71	23,46	8,40	1,10	67,05	3,09	9,46	0,65	86,80
15К	Кирпили (среднее течение) / Kirpili (middleflow)	226,39	25,75	7,49	3,63	63,13	10,79	8,09	4,97	76,15
16К	Гречаная балка / Grechanaya balka	211,08	15,74	8,79	3,85	71,62	9,41	10,69	2,33	77,57
17К	Балка Таранцева / Tarantseva valley	159,32	10,96	6,10	3,24	79,71	6,81	5,04	2,77	85,39
18К	Кирпили (нижнее течение) / Kirpili (downflow)	617,91	16,85	6,50	8,00	68,65	14,91	9,88	5,01	70,20
Бассейн р. Понуры / Ponura River basin										
1П	1-я Понура / 1-я Ponura	46,66	10,67	5,47	1,65	82,21	11,53	13,12	3,01	72,34
2П	2-я Понура / 2-я Ponura	64,58	8,94	4,94	0,53	85,59	6,23	7,29	0,67	85,81
3П	Осечки / Osechki	74,28	16,08	8,72	0,26	74,94	18,19	13,80	0,23	67,78
4П	Понура (верхнее течение) / Ponura (upperflow)	315,24	19,25	8,70	1,02	71,03	15,76	9,53	1,38	73,34
5П	Балка Безымянная / Bezimyannaya valley	62,66	14,43	5,57	2,11	77,89	14,33	6,57	1,31	77,78
6П	Понура (нижнее течение) / Ponura (downflow)	299,18	21,09	9,49	1,73	67,69	19,88	8,49	3,32	68,30
7П	Балка Косатая / Kosataya valley	265,77	14,60	9,62	2,40	73,38	8,32	16,23	1,18	74,27
8П	Понурский канал / Ponurskiy channel	224,71	13,21	5,55	0,37	80,87	19,53	6,37	3,16	70,93

Отметим безусловное доминирование агрофитоценозов (пашни) в ландшафтообразовании при подчиненной роли земель, занятых застройкой и водными объектами на частных водосборах (табл. 2, рис. 3, 4), что характеризует территориальные особенности землепользования на Азово-Кубанской равнине. Полученные данные закладывают основу для последующих оценок вклада техногенных преобразований поверхности водосборов в водный баланс территории.

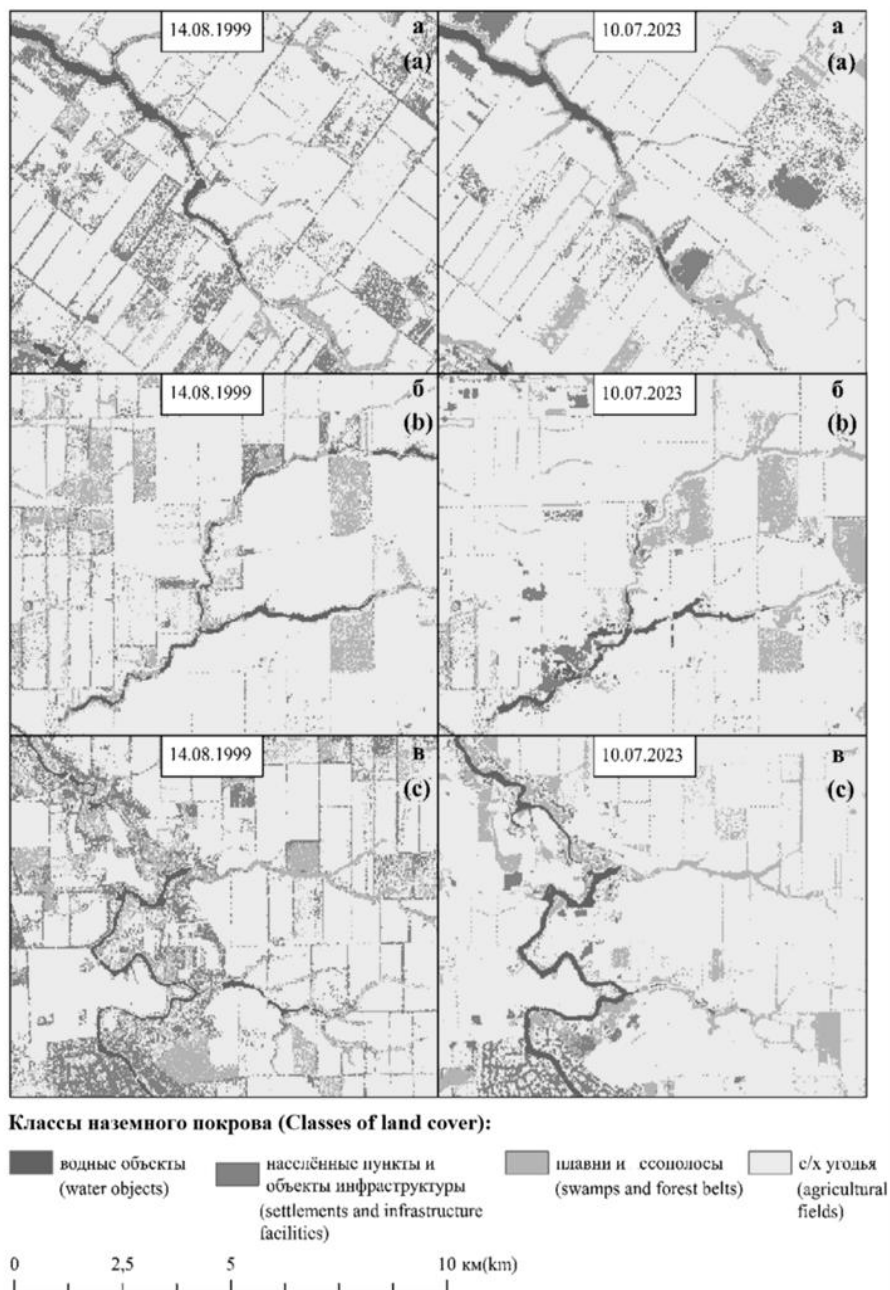
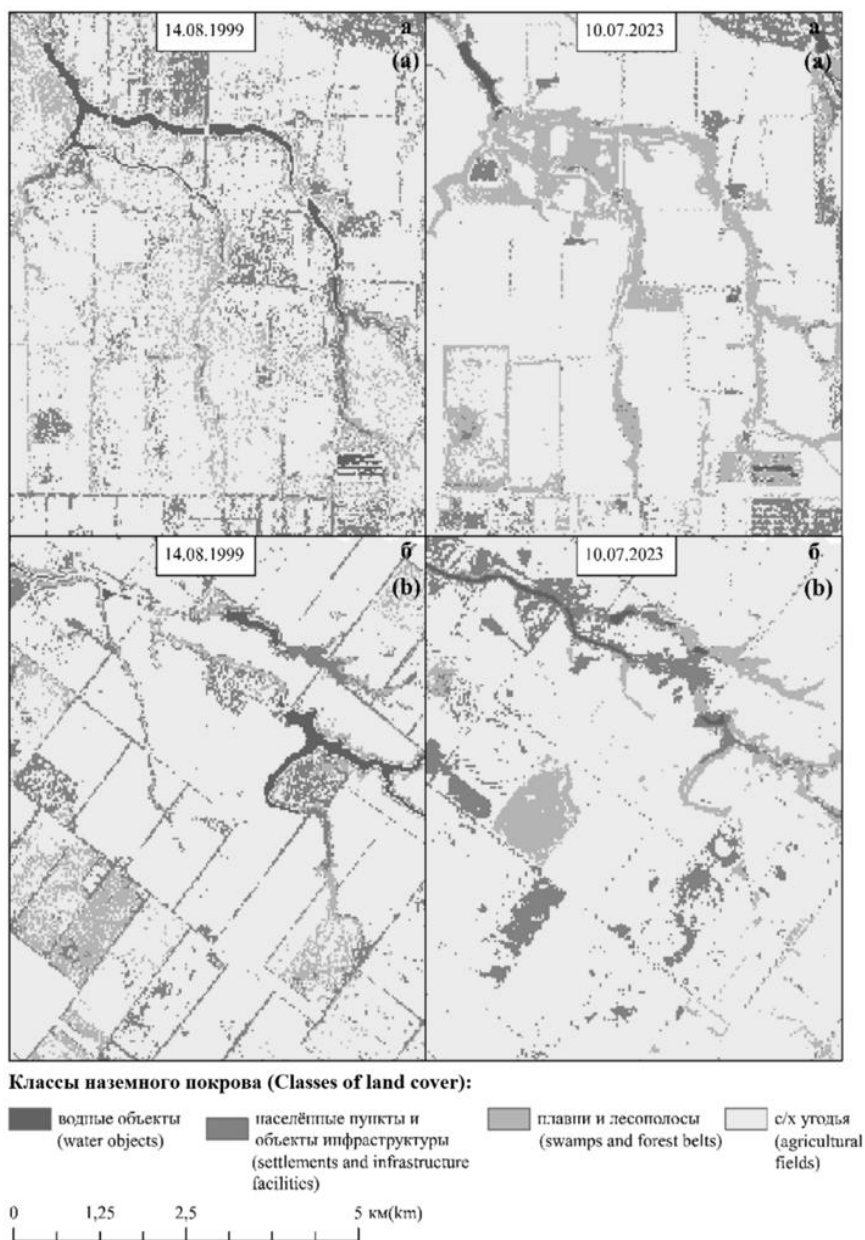


Рис. 3. Распознавание классов наземного покрова в бассейне р. Кирпили на снимках спутников Landsat. Характерные примеры изменений поверхности за 1999–2023 гг. в окрестностях пос. Рогачевский (а), с. Первореченское (б) и ст. Старомышастовская (в) /

Fig. 3. Recognition of land cover classes in the Kirpili River basin on Landsat satellite images. Typical examples of surface changes for 1999–2023 in the vicinity of Rogachevsky (a), Pervorechenskoye (b), and Staromyshastovskaya (c)



*Рис. 4. Распознавание классов наземного покрова в бассейне р. Понуры на снимках спутников Landsat. Характерные примеры изменений поверхности за 1999–2023 гг. в окрестностях ст. Новотитаровская (а) и ст. Старовеличковская (б)/*

*Fig. 4. Recognition of land cover classes in the Ponura River basin on Landsat satellite images. Typical examples of surface changes for 1999–2023 in the vicinity of Novotitarovskaya (a) and Starovelichkovskaya (b)*

## Выводы

1. Структура землепользования в степной зоне Краснодарского края подвергается многолетним изменениям. Наблюдаемые за последние десятилетия в Краснодарском крае сокращение сельскохозяйственных угодий и рост площади населенных пунктов проявляются внутри региона дифференцированно с учетом местной специфики, прежде всего – многолетней динамики распаханности и урбанизированности на отдельных водосборах.

2. С использованием гидрографических показателей (длина водотоков, распаханность, урбанизированность) выполнены оценки трансформации речных систем Понуры и Кирпили и наземного покрова в бассейнах рек. В обоих бассейнах площади, занятые сельскохозяйственными полями, доминируют (72,5–79,3 % общей площади). Однако за 1999–2023 гг. изменения площади сельскохозяйственных угодий оказались разнонаправленными: в бассейне р. Кирпили отмечен рост на 7,5 %, в бассейне Понуры – сокращение на 1,5 %.

3. В бассейнах рек Кирпили и Понуры (как и в бассейнах рек Эльбурд, Ея, Ясени, Албаши, Челбас, Бейсуг на Юге России) происходит уменьшение длины водно-эрозионной сети – в среднем ежегодно за 1999–2023 гг. на 0,5...0,9 % вследствие уничтожения в процессе распашки верховий рек. Наряду с зарегулированностью стока многочисленными плотинами, это свидетельствует о неконтролируемой дигрессии речных систем Азово-Кубанской равнины.

При сохранении установленных трендов трансформации речных систем процессы их дигрессии в перспективе будут несомненно обостряться.

## Литература

1. Барсукова Г.Н., Барвинко О.А., Калугин А.О. Динамика земельного фонда Российской Федерации и Краснодарского края по категориям земель, составу и площади сельскохозяйственных угодий. // Московский экономический журнал. – 2025. – Т. 10. № 2. – С. 48–65. DOI: 10.55186/2413046X\_2025\_10\_2\_37.

2. Белюченко И.С. Функционирование степных рек Краснодарского края и перспективы их развития. // Экология речных ландшафтов: сб. статей по материалам I Межд. экол. конф. / Отв. за вып. Н.Н. Мамась. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – С. 28–43.

3. Белюченко И.С. Экологическое состояние бассейнов степных рек Кубани и перспективы их развития. // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. № 2. – С. 5–12.

4. Косолапов А.Е., Кувалкин А.В., Мордвинцев М.М., Магомедзагиров З.М. Ландшафтно-гидрологический подход к обоснованию сети мониторинга и управления малым водосбором. // Мелиорация и водное хозяйство. – 1995. – № 6. – С. 25–26.

5. Лурье П.М., Панов В.Д. Реки бассейна Азовского моря: Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2021. – 672 с.

6. Погорелов А.В., Липилин Д.А., Кузьякина М.В. О техногенной деградации речных систем в Восточном Приазовье: гидрографический аспект. // Геология и геофизика Юга России. – 2024. – Т. 14. № 3. – С. 243–259. DOI: 10.46698/i4469-5379-6925-p.

7. Погорелов А.В., Липилин Д.А., Яроцкая Е.В. Геоинформационный анализ современных изменений гидрографических характеристик речной сети на Азово-Кубанской равнине (бассейн реки Ея). // Геология и геофизика Юга России. – 2023. – Т. 13. № 2. – С. 161–179. DOI: 10.46698/VNC.2023.35.64.001.

8. Позаченюк Е.А., Тимченко З.В., Кутикова Е.В. Ландшафтно-гидрологический подход к изучению речных ландшафтов Алуштинского амфитеатра. // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. – 2022. – Т. 8(74). № 1. – С. 70–82.

9. Савин И.Ю., Березуцкая Э.Р. Концепция наземного покрова (LandCover) как основа дистанционного мониторинга земель. // Региональные геосистемы. – 2024. – Т. 48. № 1. – С. 77–90. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-77-90.

10. Суздалева А.Л., Горюнова С.В. Техногенез и деградация поверхностных водных объектов. М.: ООО ИД ЭНЕРГИЯ, 2014. – 456 с.

11. Суслов О.Н. Степные реки Краснодарского края. Краснодар: КубГАУ, 2015. – 256 с.

12. Экология речных ландшафтов: сб. ст. по материалам VII Межд. науч. экол. конф. / Отв. за вып. Н.Н. Мамась. – Краснодар: КубГАУ, 2023. – 247 с.

13. Bartholome E., Belward A., Frederic A., Bartalev S., Carmona-Moreno C., Eva H., Fritz S., Grégoire J.M., Mayaux P., Stibig H.J.E.E. GLC 2000: Global land cover mapping for the year 2000: project status november 2002. Italy, Institute for Environment and Sustainability. – 2002. – 66 p.

14. Chhetri B.A. Quantitative analysis of morphometric parameters using remote sensing and GIS techniques in the Geil River Basin of Darjeeling Himalaya. // *Ecology, Environment and Conservation*. – 2023. – Vol. 29. No. 04. – pp. 1940–1948. DOI: 10.53550/eec.2023.v29i04.082.
15. Daramola J., Lam K.C., Ekhwan T.M., Mokhtar J., Salihu Y.M., Babayahaya A.M. Assessment of landuse/landcover dynamics of Kaduna watershed, using remote sensing data and GIS techniques. // *Malaysian Journal of Society and Space*. – 2022. – Vol. 18. No. 2. – pp. 32–47. DOI: 10.17576/geo-2022-1802-03.
16. Dwivedi L., Pandey R., Tripathi Sh. Remote sensing and GIS based morphometric characterization of Bichiya river watershed of Rewa district, MP. // *International Journal of Applied Research*. – 2022. – Vol. 8. No. 6. – pp. 101–107. DOI: 10.22271/allresearch.2022.v8.i6b.9829.
17. Kumar V., Sen S., Chauhan P. Geo-morphometric prioritization of Aglar micro watershed in Lesser Himalaya using GIS approach. // *Modeling Earth Systems and Environment*. – 2021. – Vol. 7. No. 2. – pp. 1269–1279. DOI: 10.1007/s40808-020-01000-8.
18. Nikolova V., Mitova M., Dimitrov E. Topographic factor of water erosion – analysis of watershed morphometry and RUSLE LS factor in GIS environment. // *Review of the Bulgarian Geological Society*. – 2022. – Vol. 83. No. 1. – pp. 3–14. DOI: 10.52215/rev.bgs.2022.83.1.3.
19. Sangle A.S., Yannawar P.L. Morphometric analysis of watershed using GIS and RS: a review. // *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*. – 2014. – Vol. 3. Issue 11. – pp. 599–602.
20. Sondarva K.N., Shrivastava P.K., Jayswal P.S. Basic morphometric analysis of watershed or River basin using GIS: a review. // *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. – 2023. – Vol. 25. No. 03. – pp. 474–478. DOI: 10.53550/ajmbes.2023.v25i03.013.
21. Yang J., Xin H. The 30m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. // *Earth System Science Data*. – 2021. – Vol. 13(8) – pp. 3907–3925. DOI: 10.5194/essd-13-3907-2021.

## References

1. Barsukova G.N., Barvinko O.A., Kalugin A.O. Dynamics of the land fund of the Russian Federation and Krasnodar Krai by land categories, composition and area of agricultural land. *Moscow Economic Journal*. 2025. Vol. 10. No 2. pp. 48–65. DOI: 10.55186/2413046X\_2025\_10\_2\_37. (In Russ.)
2. Belyuchenko I.S. Functioning of the steppe rivers of the Krasnodar territory and prospects for their development. In: *Ecology of river landscapes: coll. articles on materials I Int. ecol. conf. Rep. for issue N.N. Mamas*. Krasnodar. KubSAU. 2017 pp. 28–43. (In Russ.)
3. Belyuchenko I.S. Ecological state of the basins of the steppe rivers of the Kuban and prospects for their development. *Ecological Bulletin of the North Caucasus*. 2010. Vol. 6. No. 2. pp. 5–12. (In Russ.)
4. Kosolapov A.E., Kuvalkin A.V., Mordvintsev M.M., Magomedzagirov Z.M. Landscape-hydrological approach to substantiating a network for monitoring and managing a small watershed. *Melioration and Water Management*. 1995. No. 6. pp. 25–26. (In Russ.)
5. Lurie P.M., Panov V.D. *Rivers of the Azov Sea basin: Hydrography and runoff regime*. Rostov-on-Don. Donskoy publishing house. 2021. 672 p. (In Russ.)
6. Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Kuzyakina M.V. On technogenic degradation of river systems in the Eastern Azov region: hydrographic aspect. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2024. Vol. 14. No. 3. pp. 243–259. DOI: 10.46698/i4469-5379-6925-p. (In Russ.)
7. Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Yarotskaya E.V. GIS analysis of modern changes in the hydrographic characteristics of the river network on the Azo-Kuban plain (Eya river basin). *Geology and Geophysics of Russian South*. 2023. Vol. 13. No. 2. pp. 161–179. DOI: 10.46698/VNC.2023.35.64.001. (In Russ.)
8. Pozachenyuk E.A., Timchenko Z.V., Kutikova E.V. Landscape-hydrological approach to the study of river landscapes of the Alushta amphitheater. *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology*. 2022. Vol. 8(74). No. 1. pp. 70–82. (In Russ.)
9. Savin I.Yu., Berezutskaya E.R. The concept of land cover as a basis for remotesensing monitoring of land. *Regional geosystems*. 2024. Vol. 48. No. 1. pp. 77–90. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-77-90. (In Russ.)

10. Suzdaleva A.L., Goryunova S.V. Technogenesis and degradation of surface water bodies. Moscow. LLC ID ENERGY. 2014. 456 p. (In Russ.)
11. Suslov O.N. Steppe rivers of the Krasnodar Territory. Krasnodar. KubSAU. 2015. 256 p. (In Russ.)
12. Ecology of river landscapes. In: coll. articles on materials VII Int. ecol. conf. Rep. for issue N.N. Mamas. Krasnodar. KubSAU. 2023. 247 p. (In Russ.)
13. Bartholome E., Belward A., Frederic A., Bartalev S., Carmona-Moreno C., Eva H., Fritz S., Grégoire J.M., Mayaux P., Stibig H.J.E.E. GLC 2000: Global land cover mapping for the year 2000: project status November 2002. Italy, Institute for Environment and Sustainability. – 2002. – 66 p.
14. Chhetri B.A. Quantitative analysis of morphometric parameters using remote sensing and GIS techniques in the Geil River Basin of Darjeeling Himalaya. *Ecology, Environment and Conservation*. 2023. Vol. 29. No. 04. pp. 1940–1948. DOI: 10.53550/eec.2023.v29i04.082.
15. Daramola J., Lam K.C., Ekhwan T.M., Mokhtar J., Salihu Y.M., Babayahaya A.M. Assessment of landuse/landcover dynamics of Kaduna watershed, using remote sensing data and GIS techniques. *Malaysian Journal of Society and Space*. 2022. Vol. 18. No. 2. pp. 32–47. DOI: 10.17576/geo-2022-1802-03.
16. Dwivedi L., Pandey R., Tripathi Sh. Remote sensing and GIS based morphometric characterization of Bichiya river watershed of Rewa district, MP. *International Journal of Applied Research*. 2022. Vol. 8. No. 6. pp. 101–107. DOI: 10.22271/allresearch.2022.v8.i6b.9829.
17. Kumar V., Sen S., Chauhan P. Geo-morphometric prioritization of Aglar micro watershed in Lesser Himalaya using GIS approach. *Modeling Earth Systems and Environment*. 2021. Vol. 7. No. 2. pp. 1269–1279. DOI: 10.1007/s40808-020-01000-8.
18. Nikolova V., Mitova M., Dimitrov E. Topographic factor of water erosion – analysis of watershed morphometry and RUSLE LS factor in GIS environment. *Review of the Bulgarian Geological Society*. 2022. Vol. 83. No. 1. pp. 3–14. DOI: 10.52215/rev.bgs.2022.83.1.3.
19. Sangle A.S., Yannawar P.L. Morphometric analysis of watershed using GIS and RS: a review. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*. 2014. Vol. 3. Issue 11. pp. 599–602.
20. Sondarva K.N., Shrivastava P.K., Jayswal P.S. Basic morphometric analysis of watershed or River basin using GIS: a review. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. 2023. Vol. 25. No. 03. pp. 474–478. DOI: 10.53550/ajmbes.2023.v25i03.013.
21. Yang J., Xin H. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019. *Earth System Science Data*. 2021. Vol. 13(8) pp. 3907–3925. DOI: 10.5194/essd-13-3907-2021.