УДК: 556.18 **DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-567-582**

А.В. Погорелов[1], Д.А. Липилин[2], А.А. Дудкина[3], О.В. Копанева[4]

О ТЕХНОГЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ РЕЧНОЙ СЕТИ НА АЗОВО-КУБАНСКОЙ РАВНИНЕ (РЕКИ ЧЕЛБАС, АЛБАШИ)

АННОТАЦИЯ

В статье по данным спутниковых снимков и цифровых моделей рельефа (ЦМР) ASTER GDEM анализируются изменения степных агроландшафтов в центральной части Азово-Кубанской равнины за период 2000–2020 гг. в аспекте меняющейся структуры землепользования и гидрографических характеристик. Большая часть сельскохозяйственных земель Краснодарского края, занимающих 61,4 % территории региона, расположена на Азово-Кубанской равнине в бассейнах степных рек. Рассматриваемая территория площадью 6268 км^2, охватывающая бассейны рек Челбас и Албаши, по своим географическим характеристикам относится к типичным с позиции современной динамики агроландшафтов и преобразований речной сети. Трансформация агроландшафов сопровождается перепланировкой и распашкой территории, массовым сооружением плотин на реках, нарушением условий естественной дренированности, что приводит к перестройке водообменных процессов в речных бассейнах. Выделено 19 частных речных бассейнов с определением типов землепользования на поверхности бассейнов. В каждом из частных бассейнов установлена структура землепользования, влияющая на гидрографические показатели, выявлено уменьшение длины водотоков и густоты речной сети. За 2000–2020 гг. в частных бассейнах суммарная длина водотоков, вследствие распашки и перепланировки поверхности, сократилась на 1,51–33,14 %, а в целом на анализируемом участке Азово-Кубанской равнины на 437 км или на 16,5 %. Зафиксировано повсеместное «отмирание» верхних участков речной и балочной сети, наиболее заметное в периферийных водосборах.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: агроландшафты, степные реки, трансформация, распашка, водосбор, гидрографические характеристики, спутниковые снимки

---

[1] Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия; *e-mail:* **pogorelov_av@bk.ru**

[2] Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия; Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, ул. Калинина, д. 13, 350044, Краснодар, Россия; *e-mail:* **LipiLin_dmitrii@mail.ru**

[3] Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия.

[4] Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия.

Anatoly V. Pogorelov[1], Dmitry A. Lipilin[2], Alena A. Dudkina[3], Oksana V. Kopaneva[4]

ABOUT TECHNOGENIC TRANSFORMATIONS OF THE RIVER NETWORK ON THE AZOV-KUBAN PLAIN (CHELBAS, ALBASHI RIVERS)

ABSTRACT

The article analyzes changes in steppe agricultural landscapes in the central part of the Azov-Kuban Plain over the period 2000–2020 using satellite imagery and DEM ASTER GDEM data. in terms of changing the structure of land use and hydrographic characteristics. Most of the agricultural land of the Krasnodar territory, occupying 61.4 % of the region's territory, is located on the Azov-Kuban plain in the steppe river basins. The territory under consideration with an area of 6268 km^2, covering the basins of the Chelbas and Albashi rivers, according to its geographical characteristics, is typical from the standpoint of the modern dynamics of agrolandscapes and transformations of the river network. The transformation of agrolandscapes is accompanied by redevelopment and plowing of the territory, mass construction of dams on rivers, violation of the conditions of natural drainage, which leads to the restructuring of water exchange processes in river basins. 19 private river basins have been identified with the definition of land use types on the surface of the basins. In each of the private basins, a land use structure has been established that affects hydrographic indicators, a decrease in the length of watercourses and the density of the river network has been revealed. For 2000–2020 in private basins, the total length of watercourses, due to plowing and redevelopment of the surface, decreased by 1.51–33.14 %, and in general, in the analyzed section of the Azov-Kuban Plain, by 437 km or by 16.5 %. A widespread "die-off" of the upper sections of the river and ravine network was recorded, most noticeable in the peripheral watersheds.

KEYWORDS: agricultural landscapes, steppe rivers, transformation, plowing, catchment, hydrographic characteristics, satellite imagery

ВВЕДЕНИЕ

Краснодарский край – один из ведущих аграрных регионов России, вклад которого в обеспечение продовольственной безопасности страны (пшеница, рис, масличные культуры) сложно переоценить. В последние годы в крае наблюдается устойчивый рост водопотребления на сельскохозяйственные и производственные нужды. Поверхностные воды в условиях недостаточного увлажнения выступают важнейшим региональным ресурсом, которым следует умело распоряжаться. В структуре территорий Краснодарского края на земли сельскохозяйственного назначения приходится 4632,5 тыс. га [Итоги…, 2018] или 61,4 % территории. В основном это земли низменной части Краснодарского края в пределах Азово-Кубанской равнины и правобережья р. Кубани. Преобразование целинных разнотравно-дерновинно-злаковых степей Кубани в агроландшафты, происходившее в течение двух столетий, в основном завершилось в конце XIX века. И в настоящее время в равнинной части Краснодарского края относительно нетронутыми остались лишь неудобья (откосы балок, заболоченные участки) общей площадью не более 1 %.

[1] Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia; *e-mail:* **pogorelov_av@bk.ru**
[2] Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia; Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Kalinina str., 13, 350044, Krasnodar, Russia; *e-mail:* **LipiLin_dmitrii@mail.ru**
[3] Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia.
[4] Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia.

Изменения агроландшафтов Азово-Кубанской равнины вследствие техногенного воздействия происходят непрерывно; при этом всесторонней трансформации подвергаются все компоненты степных экосистем, включая реки. Последние, по существу, уже представляют собой природно-техногенные системы. Основные прямые проявления техногенного воздействия на речные системы – массовое сооружение плотин и дамб на реках, прокладка искусственной ирригационной сети, обработка поверхности водосборов тяжелой техникой, перепланировка территории с деформацией склонов, распашка русел. Среди опосредованных техногенных воздействий выделим изменения естественной задернованности поверхности и почвенно-растительного покрова. Последние, в свою очередь, вызывают изменения эвапотранспирации – одного из звеньев местного водообмена. В совокупности подобные многолетние преобразования приводят к нарушению условий естественной дренированности территории и составляющих речного стока, проточности на реках и балках, что, в свою очередь, влечет за собой перестройку влагооборота и минерального обмена в ландшафтах, вещественно-энергетического обмена со всеми био- и геохимическими последствиями.

На некоторых участках Азово-Кубанской равнины, в бассейнах рек Бейсуга, Челбаса Сосыки, Еи, отмечается рост площади переувлажненных земель, причем как во влажные, так и в засушливые периоды [Система..., 2015]. Однако последствий техногенных воздействий на степные экосистемы (включая реки), разумеется, гораздо больше. И анализировать происходящее необходимо именно с позиции механизмов вещественного обмена, тотальных изменений гомеостатичности и способности саморегуляции, выявления и обоснования признаков деградации. Необходимой составляющей такого анализа на начальной стадии выступают, на наш взгляд, исследования количественных преобразований гидрографической сети, дающие представления о нарушениях дренированности территории и перестройке водно-балансовых показателей речных бассейнов в семиаридных ландшафтах. Отметим, что водно-балансовым и гидрографическим показателям деградации семиаридных ландшафтов Краснодарского края уделяется мало внимания, несмотря на чувствительность компонентов этих ландшафтов к перестройке водообменных процессов [*Лаврентьев,* 1981; *Суслов,* 2015; Экология…, 2017; *Мамась*, 2017; *Погорелов и др.*, 2021].

Морфологические элементы речных бассейнов (долины, водоразделы и пр.) на плоской слабонаклонной поверхности Азово-Кубанской равнины, сложенной четвертичными глинами, суглинками и лессами, как правило, плохо выражены. Вблизи Азовского моря поверхность равнины осложнена многочисленными лиманами, заболоченными участками, а также сетью искусственных каналов. Достаточно сложно определить истинное положение водоразделов разного порядка. Поэтому полученные гидрографические показатели могут отличаться от таковых в справочных изданиях [Ресурсы…, 1973].

В статье на базе дистанционных методов с опорой на бассейновый подход [*Антипов, Федоров,* 2000; *Корытный,* 2001; *Погорелов, Думит,* 2009] решается задача оценки преобразований речной сети на Азово-Кубанской равнине через расчет гидрографических показателей. Тем самым закладывается основа для описания механизмов вещественного обмена в речных системах, выявления их гомеостатичности, обоснования направленности и темпов их преобразований, а в перспективе – оценке влияния этих механизмов на геохимические эффекты перестройки степных ландшафтов. К наиболее значимым гидрографическим характеристикам[1] в контексте преобразований степных агроландшафтов Краснодарского края отнесем длину водотоков, густоту эрозионной сети, распаханность и урбанизированность территории речных бассейнов [*Погорелов и др*., 2021].

---

[1] Р 52.08.874-2018. Рекомендации. Определение гидрографических характеристик картографическим способом. Росгидромет. СПб, 2018. 172 с.

Общая площадь анализируемого участка Азово-Кубанской равнины – 6268 км^2 (рис. 1). Согласно принятому районированию на основе бассейнового подхода [Ресурсы…, 1973], указанная территория относится к Восточному Приазовскому гидрографическому району, который включает 605 маловодных степных рек. Наиболее крупные реки данного гидрографического района, протекающие в пределах Краснодарского края, – Ея, Куго-Ея, Сосыка, Челбас, Бейсуг, Кирпили. Для оценки изменений гидрографических характеристик выбрана территория, которая включает бассейн р. Челбас, примыкающий к низовьям Челбаса бассейн р. Албаши и сопредельные балки. Основной источник питания рек – атмосферные осадки и грунтовые воды.

Рис. 1. Бассейны р. Челбас и Албаши на территории Краснодарского края
Fig. 1. Basin of the Chelbas and Albashi river in the Krasnodar territory

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования. Исследуемые бассейны по комплексу географических и геоэкологических условий, а также по характеру техногенных преобразований, следует считать типичными для центральных районов Азово-Кубанской равнины. Большую часть исследуемой территории занимает бассейн р. Челбас. По площади водосбора на Азово-Кубанской равнине Челбас опережают только Ея и Бейсуг. Река имеет длину 288 км, водосборную площадь 3950 км^2 [Ресурсы…, 1973][1], средний годовой расход воды в створе станицы Новоплатнировской равен 2,41 м^3/с, модуль стока – 2,41 л/с*км^2, слой стока – 27 мм [*Лурье, Панов,* 2021]. Берет свое начало от слияния балок Челбас 1-й и Челбас 2-й у станицы Темижбекской. Границы бассейна повсеместно представлены слабо всхолмленными плоскими водоразделами высотой 150–60 м. Вследствие постепенного многолетнего обмеления, Челбас теперь связан с Азовским морем через плавни и цепочку лиманов (Сладкий, Горький, Кущеватый), Челбасское гирло и Бейсугский лиман. Морфологические элементы долины реки не отличаются разнообразием; сама долина слабо выражена, имея ширину от 1,7 км в верховьях до 5–6 км в устье. Средний уклон русла в верхнем и нижнем течении реки составляет 0,49 ‰, преобладающая глубина его около 1 м. Берега русла, как правило, заросли густым тростником. Речная сеть развита преимущественно в правобережье; основные правые притоки – балка Смирнова, реки Борисовка, Платова, Тихонькая; левые притоки – реки Средняя Челбаска, Сухая Челбаска. Все притоки относятся к малым рекам и ручьям.

Зарегулированность речного стока оценивалась по материалам инвентаризации водохозяйственных сооружений ОАО ПИИ «Кубаньводпроект» (2000 г.) и результатам наших наземных обследований гидротехнических (перегораживающих) сооружений. Кроме того, распознавание водохозяйственных сооружений на спутниковых снимках выполнялось в геосервисе Google Earth Pro. Основными дешифровочными признаками выступили специфическое пространственное положение плотин поперек течения русла водного объекта и наличие подъездных путей, свидетельствующее о капитальном характере сооружения [*Погорелов и др.,* 2021]. Большая часть перегораживающих сооружений на реках Азово-Кубанской равнины, включая Челбас и Албаши, построена без проектной документации. Всего в 2020 г. в бассейнах рек Челбас и Албаши выявлено 842 перегораживающих сооружения (рис. 2), влияние которых на условия дренированности и водный баланс территории фактически не изучено. В бассейне р. Челбас насчитывается 279 прудов [*Суслов,* 2015], по другим данным – более 350 прудов[2], которые практически полностью перехватывают речной сток в межень. Понятно, что подобная зарегулированность речного стока способствует заилению русел, увеличению испарения (иначе – безвозвратных потерь стока), а в целом приводит к радикальной перестройке вещественно-обменных процессов в степных реках. Системные наблюдения за этими процессами отсутствуют.

Еще один существенный фактор техногенного воздействия на речную сеть – застройка территории; в исследуемых бассейнах насчитывается 157 населенных пунктов общей площадью 480,1 км^2 [3].

---

[1] В справочниках и научных изданиях сведения о длинах и площадях бассейнов рек, впадающих в Азовское море, отличаются из-за различий в понимании конечного створа устья реки: в месте впадения в первый крупный лиман или впадения в Азовское море. На плоских водосборах положение водоразделов морфологически не выражено.

[2] https://water-rf.ru/

[3] Указанная площадь отличается от площади населенных пунктов (застройки), полученной при дешифрировании спутниковых снимков, поскольку административные границы включают поверхности с разными типами землепользования.

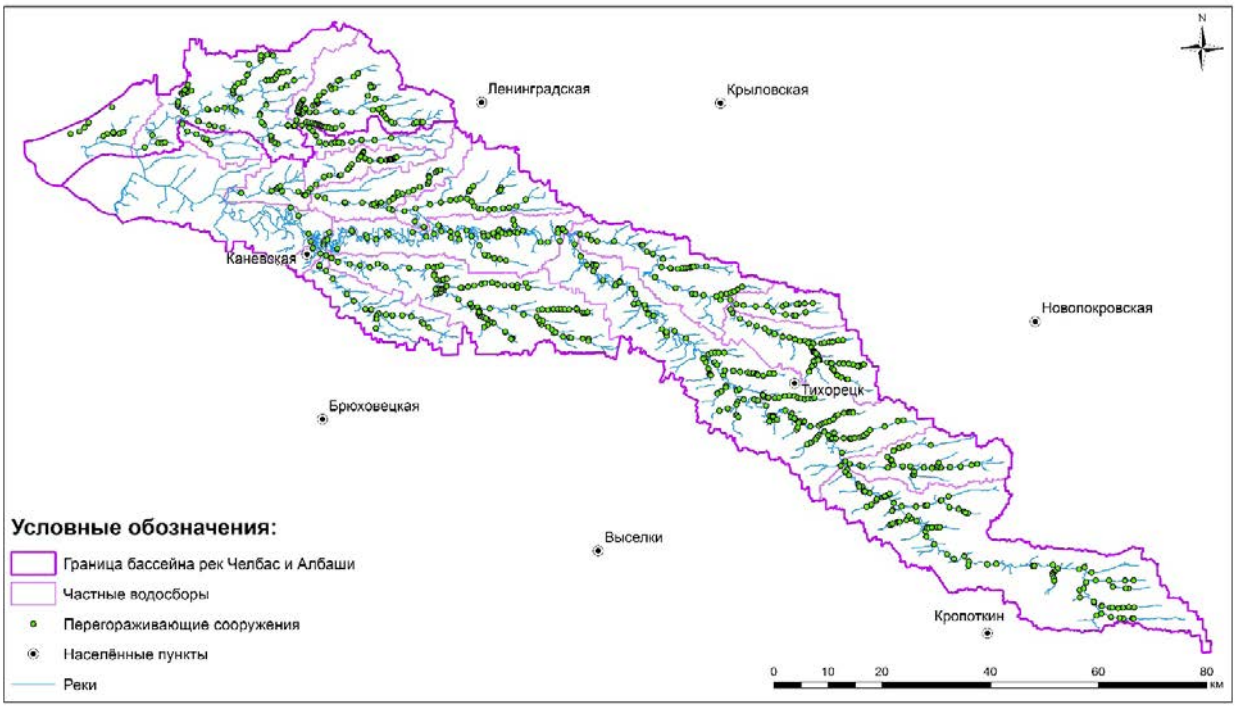

Рис. 2. Распределение перегораживающих сооружений на реках Челбас и Албаши
Fig. 2. Distribution of dams on the rivers of the Chelbas and Albashi

Методы. Моделирование границ бассейнов и сети тальвегов (постоянных и временных водотоков), построенных по предварительно откорректированной глобальной ЦМР ASTER GDEM2 [ASTER…, 2009], выполнено в программе QGIS. При делении поверхности на частные бассейны, имея в виду фрактальный характер речной сети, мы исходили из относительной гомогенности развития гидрографической сети в границах выделяемых бассейнов. Дешифрирование типов землепользования выполнено с учетом анализируемого 20-летнего периода по спутниковым снимкам космических аппаратов Landsat (табл. 1), пространственное разрешение которых сопоставимо с разрешением ЦМР ASTER GDEM2.

Табл. 1. Сведения об использованных космических снимках
Table 1. Information about the used satellite images

Космический аппарат	Дата снимка	ID снимка	Пространственное разрешение, м
Landsat 7	01.10.1999	LE71750281999274NSG01	30
Landsat 7	03.10.1999	LE71730281999276SGS00	30
Landsat 7	11.11.1999	LE71740281999315SGS00	30
Landsat 8	18.09.2020	LC81730282020262LGN00	30
Landsat 8	12.11.2020	LC81740282020317LGN00	30
Landsat 8	19.11.2020	LC81750282020324LGN00	30

Анализируемой территории свойственно ограниченное количество типов землепользования, косвенно отражающих местные ландшафты. За основу типизации принята универсальная номенклатура базы данных покрытия/использования земель, разработанная

для европейской программы CORINE Land Cover (CLC)[1]. Наш опыт использования этой номенклатуры базы данных [*Погорелов и др.,* 2021] свидетельствует о возможности ее применения для решения поставленных задач. Выделено четыре типа поверхности: 1) сельскохозяйственные угодья (Agricultural areas), 2) населенные пункты и объекты инфраструктуры (Artificial surfaces), 3) плавни (болота) и лесополосы (Wetland, Forests and semi-natural areas), 4) водные объекты. Объединение плавней и лесополос в единый тип вызвано сложностью распознавания на спутниковых снимках болотной и древесной растительности.

Дешифрирование спутниковых снимков (табл. 1), выполненное в программе ENVI, включало: 1) проведение атмосферной и геометрической коррекции, 2) определение спектральных характеристик для создания эталонов основных типов поверхности, 3) классификацию с обучением на основе полученных эталонов, 4) генерализацию выделенных контуров, относящихся к определенному типу поверхности, 5) верификацию выделенных типов и корректировку контуров. Уточнение расположения элементов сети постоянных и временных водотоков, а также уточнение результатов дешифрирования типов землепользования, осуществлялось с помощью геосервиса Google Earth Pro. Процедуру фиксации элементов водно-эрозионной сети, а также оценку ее динамики на спутниковых изображениях, иллюстрирует рисунок 3.

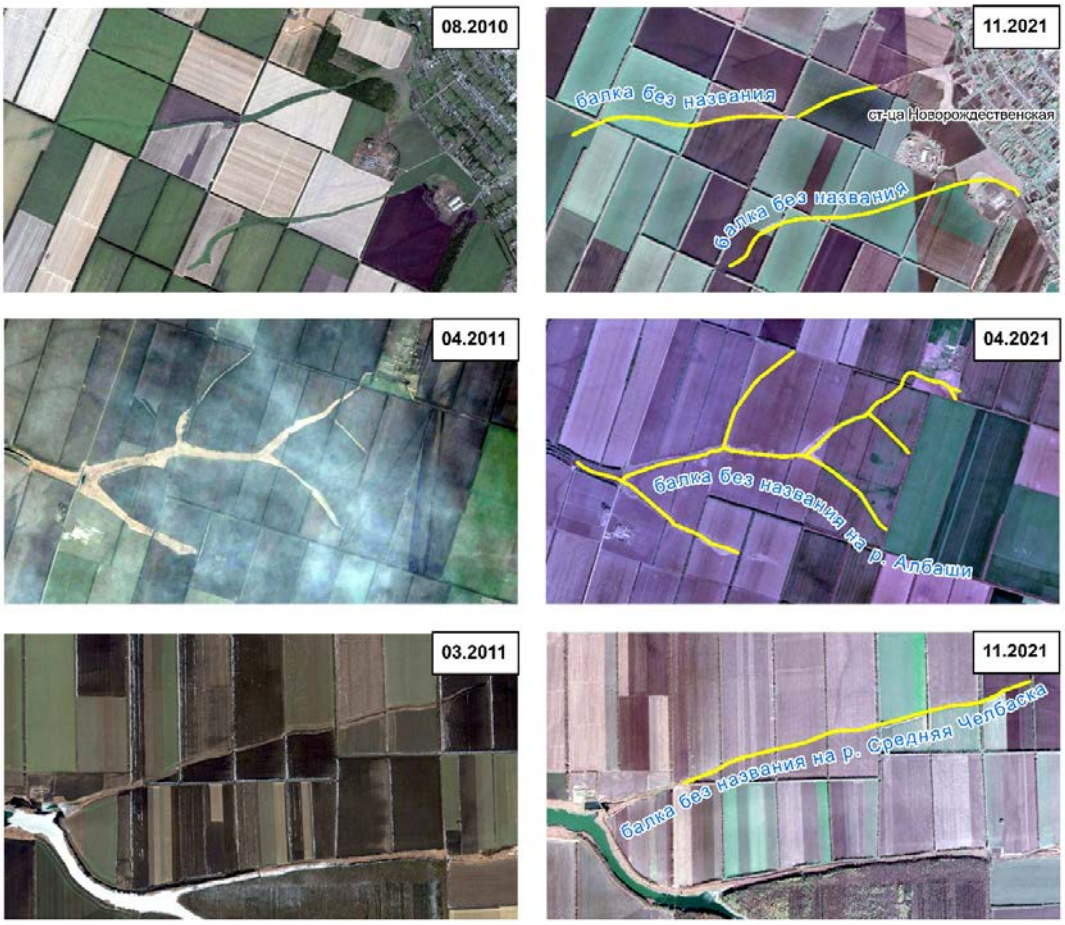

Рис. 3. Уменьшение длины эрозионной сети в результате распашки и вертикальной планировки поверхности. Уничтоженные водотоки выделены желтым цветом

Fig. 3. Decreases in the length of the erosion network as a result of plowing and vertical leveling of the surface. Eliminated streams are highlighted in yellow

[1] https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С учетом пространственного разрешения исходной ЦМР и спутниковых снимков в результате моделирования границ водосборов выделено 19 частных бассейнов, площадь которых варьирует от 72,61 (балка Варакутина) до 920,22 км^2 (Челбас в среднем течении) (табл. 2). Поскольку Азово-Кубанская равнина на большей части территории представлена плоской или слабоволнистой поверхностью, автоматизированное выделение водоразделов на некоторых участках приводило к артефактам, что потребовало ручной корректировки границ частных бассейнов. Обобщенные результаты дешифрирования типов поверхности/землепользования представлены в границах выделенных бассейнов в таблице 2. Рисунок 4 отражает отдельные результаты распознавания на спутниковых снимках типов землепользования за период 1999–2020 гг.

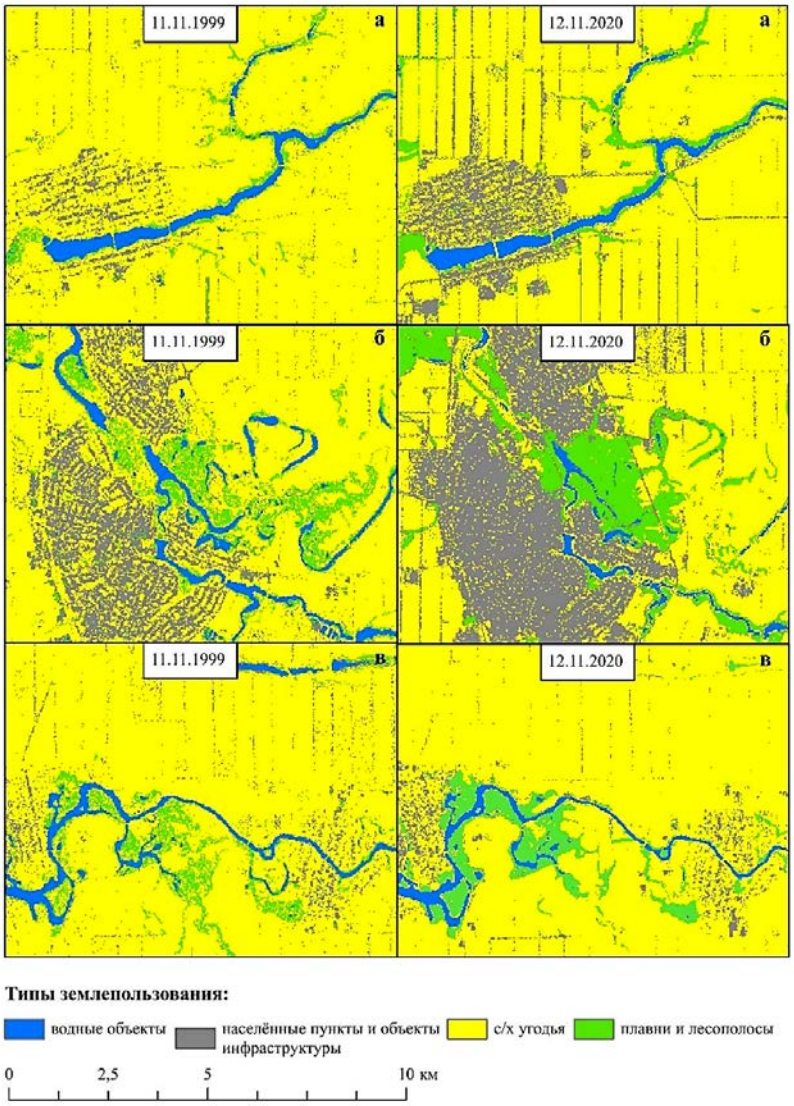

Рис. 4. Дешифрирование типов землепользования по данным спутников Landsat и примеры изменений землепользования в 1999–2020 гг. в бассейне р. Челбас в районе населенных пунктов ст. Новодеревянковская (а), ст. Каневская (б), ст. Крыловская и ст. Новоплатнировская (в)

Fig. 4. Recognition of land use types from Landsat satellites and examples of land use changes in 1999–2020 in the Chelbas river basin in the area of settlements Novoderevynkovskay (а), Kanevskay (б), Krylovskay and Novoplatniroskay (в)

Табл. 2. Распределение типов поверхностей в частных бассейнах в бассейне р. Челбас и р. Албаши

Table 2. Distribution of surface types in basins in the Chelbas and Albashi river basin

№	Частный бассейн	Площадь, км²	1999 г.				2020 г.			
			Населенные пункты и объекты инфраструктуры, %	Плавни и лесополосы, %	Водные объекты, %	Сельскохозяйственные поля, %	Населенные пункты и объекты инфраструктуры, %	Плавни и лесополосы, %	Водные объекты, %	Сельскохозяйственные поля, %
1	Челбас (верхнее течение)	918,26	4,6	1,44	0,94	93,02	7,45	0,91	0,58	91,06
2	Челбас (среднее течение 2)	920,22	4,67	2,05	1,31	91,97	15,58	2,54	1,02	80,86
3	Челбас (среднее течение 1)	362,21	2,63	4,79	2,19	90,39	3,26	5,88	1,39	89,47
4	Борисовка	226,22	3,36	2,12	0,75	93,77	7,11	1,50	0,45	90,94
5	Тихонькая (верхнее течение)	262,77	4,65	1,47	0,98	92,9	12,63	1,24	0,94	85,19
6	Сухонькая	112,6	3,59	1,86	0,50	94,05	9,70	1,83	0,35	88,12
7	Тихонькая (нижнее течение)	310,63	3,60	1,90	1,31	93,19	13,21	2,71	1,15	82,93
8	Средняя Челбаска	552,53	4,84	2,07	1,28	91,81	6,48	2,66	1,09	89,77
9	Сухая Челбаска	213,1	2,28	2,09	1,47	94,16	4,56	2,44	1,23	91,77
10	Балка Водяная	253,25	2,19	2,06	0,55	95,2	2,00	2,51	0,37	95,12
11	Мигута (верхнее течение)	195,77	2,52	2,39	0,73	94,36	5,34	2,60	0,45	91,61
12	Балка Зубова	110,38	3,51	1,79	0,72	93,98	5,88	2,00	0,51	91,61
13	Мигута (нижнее течение)	92,17	3,20	5,54	5,2	86,06	10,55	8,82	4,15	76,48
14	Челбас (нижнее течение	526,95	3,19	19,34	18,1	59,37	8,61	20,03	17,71	53,65
15	Балка Вырвихвост	108,58	1,75	2,03	0,77	95,45	3,36	2,30	0,37	93,97
16	Албаши (верхнее течение)	333,03	3,39	2,11	0,99	93,51	6,31	2,28	0,75	90,66
17	Балка Варакутина	72,61	1,68	3,95	0,17	94,2	3,60	2,99	0,11	93,30
18	Албаши (нижнее течение)	485,49	2,15	4,86	2,83	90,16	4,92	6,51	3,36	85,21
19	Балка Копани	210,94	1,95	13,66	36,23	48,16	0,03	14,42	36,09	49,46
Территория в целом		**6267,7**	**3,15**	**4,08**	**4,05**	**88,72**	**6,87**	**4,54**	**3,79**	**84,80**

В 2020 г. из 6268 км^2 поверхности бассейнов рек Челбас и Албаши на сельскохозяйственные угодья приходилось 84,8 %, на населенные пункты и объекты инфраструктуры – 6,87 %, на болота и лесополосы – 4,54 %, на водные объекты – 3,79 % площади (табл. 2). В структуре землепользования в каждом из выделенных бассейнов доминируют сельскохозяйственные поля, занимая в подавляющем большинстве водосборов 85–90 % территории. Исключения составляют балка Копани и водосбор Челбаса в нижнем течении, где площади водных объектов и плавней превышают 35 % поверхности водосборов. В порядке демонстрации различий в сочетаниях типов землепользования укажем на следующее: в 2020 г. доля площади, занятой населенными пунктами и объектами инфраструктуры, в рассматриваемых бассейнах варьировала от 0,03 % (балка Копани) до 15,6 % (Челбас, среднее течение), а доля сельскохозяйственных полей – от 49,5 % (балка Копани) до 95,1 % (балка Водяная) (табл. 2).

В течение 2000–2020 гг. структура землепользования на рассматриваемой территории и в каждом частном бассейне изменилась. Так, за 20 лет в целом суммарная площадь застройки выросла более чем в 2 раза – с 3,15 % до 6,87 %. Площадь плавней увеличилась незначительно; площадь водных объектов существенно не изменилась. За счет увеличения площади, занятой населенными пунктами, за 2000–2020 гг. произошло сокращение площади сельскохозяйственных земель с 88,72 % до 84,8 % (табл. 2). Аналогичные изменения в структуре землепользования отмечены нами за этот же период и в бассейне р. Бейсуг, с той лишь разницей, что в бассейне р. Челбас урбанизация происходила более активно. Это, кстати, наглядно иллюстрирует рисунок 3.

Гидрографические преобразования в бассейнах рек Челбас и Албаши, произошедшие за анализируемый период, отражает таблица 3. Установлено, что в каждом из частных бассейнов за 20 лет произошло сокращение общей длины водотоков – от 1,5 % (р. Мигута в нижнем течении) до 33,1 % (р. Сухая Челбаска). Последняя величина указывает на радикальную трансформацию речной сети в пределах водосбора площадью 213 км^2. В целом, на анализируемой территории общая длина водотоков за 20 лет уменьшилась на 16,5 % или на 436,97 км (табл. 3). Отметим, что наряду с сокращением длины водотоков происходит и уменьшение густоты эрозионной сети, с показателями которой связаны дренированность территории и активность флювиальных процессов. Сопоставимое сокращение относительной длины водотоков (17,2 %) зафиксировано нами в смежном бассейне р. Бейсуг [*Погорелов и др.,* 2021].

Табл. 3. Изменения за 1999–2020 гг. длины водотоков и площади поймы

Table 3. Changes for 1999–2020 in the length of watercourses and the density of the erosion network

№	Частные бассейны	Площадь бассейна, км^2	Длина водотоков, км			Площадь поймы, км^2		
			1999 г.	2020 г.	Изменение за 1999–2020 гг., %	1999 г.	2020 г.	Изменение за 1999–2020 гг., %
1	Челбас (верхнее течение)	918,26	281,95	241,57	–14,32	31,24	26,91	–13,88
2	Челбас (среднее течение 2)	920,22	454,67	380,74	–16,26	56,84	46,35	–18,46
3	Челбас (среднее течение 1)	362,21	300,97	273,51	–9,12	44,41	34,54	–22,23
4	Борисовка	226,22	88,97	63,31	–28,85	10,05	7,82	–22,21

5	Тихонькая (верхнее течение)	262,77	97,23	82,39	–15,26	11,71	9,61	–17,93
6	Сухонькая	112,60	41,42	29,09	–29,77	5,48	3,32	–39,34
7	Тихонькая (нижнее течение)	310,63	134,84	114,62	–15,00	18,23	14,94	–18,04
8	Средняя Челбаска	552,53	228,45	188,04	–17,69	29,30	24,89	–15,06
9	Сухая Челбаска	213,10	114,01	76,22	–33,14	13,32	9,79	–26,45
10	Балка Водяная	253,25	99,53	81,67	–17,94	10,32	6,40	–37,95
11	Мигута (верхнее течение)	195,77	65,66	56,87	–13,38	10,12	6,90	–31,78
12	Балка Зубова	110,38	37,75	34,66	–8,18	5,00	4,16	–16,83
13	Мигута (нижнее течение)	92,17	48,28	47,55	–1,51	13,80	13,09	–5,15
14	Челбас (нижнее течение	526,95	221,48	198,03	–10,59	187,65	183,56	–2,18
15	Балка Вырвихвост	108,58	42,36	32,59	–23,07	4,60	3,62	–21,31
16	Албаши (верхнее течение)	333,03	117,20	92,81	–20,81	14,54	11,33	–22,08
17	Балка Варакутина	72,61	37,37	30,65	–17,98	3,75	2,10	–44,01
18	Албаши (нижнее течение)	485,49	203,09	155,06	–23,65	40,27	34,73	–13,75
19	Балка Копани	210,94	30,09	28,98	–3,68	23,06	22,76	–1,28
	Весь бассейн	6267,70	2645,33	2208,36	**–16,52**	533,69	466,82	**–12,53**

Пространственная дифференция преобразований речной сети показана на картах (рис. 5, 6). Судя по карте (рис. 5), сокращению длины водотоков в наибольшей мере подвержены периферийные водосборы (Борисовка, Сухонькая, Сухая Челбаска, Балка Вырвихвост), в то время как на участках, прилегающих к главной реке, распашка русел и «вертикальная» перепланировка территории не столь распространены. Долина главной реки, имеющей хорошо выраженное русло в осевой части бассейна, менее всего пострадала от распашки. Отчетливо видно (рис. 6), что распашка русел приводит к повсеместному отмиранию верхних звеньев речной сети, соответственно, перестройке процессов дренажа территории с участием поверхностных и грунтовых вод, в том числе и на этих участках водосборов.

Повсеместное сокращение длины водотоков (табл. 3, рис. 3, 6) происходит в ходе надвигающейся «экспансии» сельскохозяйственных земель, распашки и планировки поверхности. В течение 15–20 лет после вертикальной планировки и распашки в местных агроландшафтах практически не остается заметных признаков дренажной сети (рис. 3).

Среди элементов речной долины пойма занимает особое место, определяя дренирующую способность территории. На степных реках поймы, как правило, зарастают в межень; а ежегодные затопления и осушения поймы отражают специфичность ее почвенного и растительного покрова в сравнении с плакорными землями [*Белюченко,* 2017]. Эти особенности способствуют надежному распознаванию пойменных участков в исследуемых бассейнах на спутниковых снимках. Антропогенная трансформация затрагивает и пойменные участки степных рек. В таблице 3 показаны изменения, точнее – сокращения площадей пойм в бассейнах рек Челбас и Албаши за 1999–2020 гг. Причина – распашка склонов речных долин и балок, в некоторых случаях – вплоть до уреза воды в поймах. Наибольшее сокращение площади поймы вследствие распашки отмечено в водосборах р. Сухонькая (на 39,3 %), балок Варакутина и Водяная (на 40–44 %) (табл. 3, рис. 7).

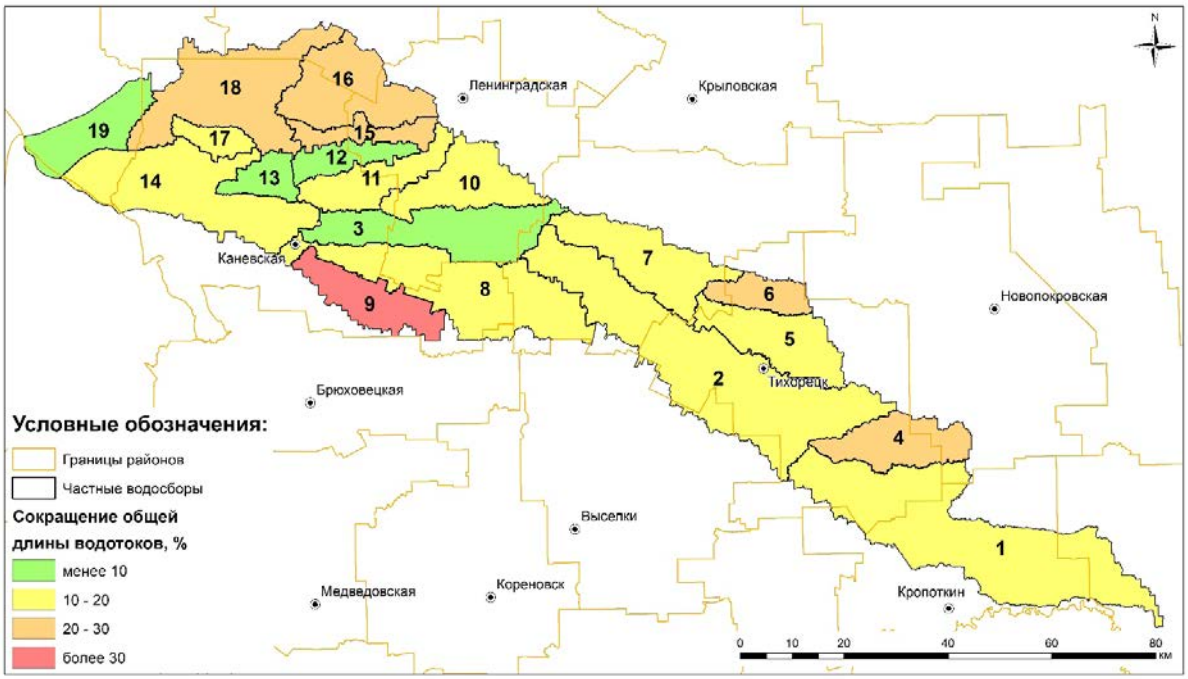

Рис. 5. Изменение длины водотоков за период 1999–2020 гг. в исследуемых частных бассейнах

Fig. 5. Changes in the length of watercourses for the period 1999–2020 in the studied basins

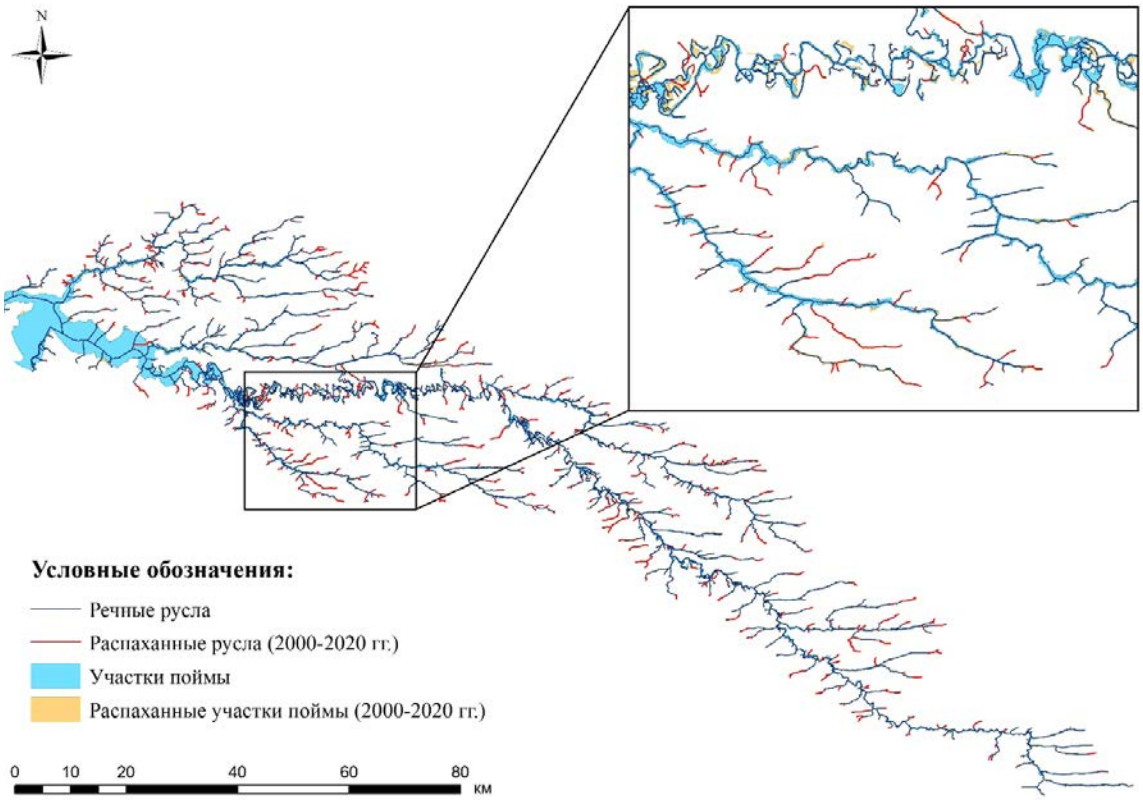

Рис. 6. Изменения системы речных русел в бассейне р. Челбас за 2000–2020 гг. вследствие распашки

Fig. 6. Changes in the system of river channels in the Chelbas river basin for 2000–2020 due to plowing

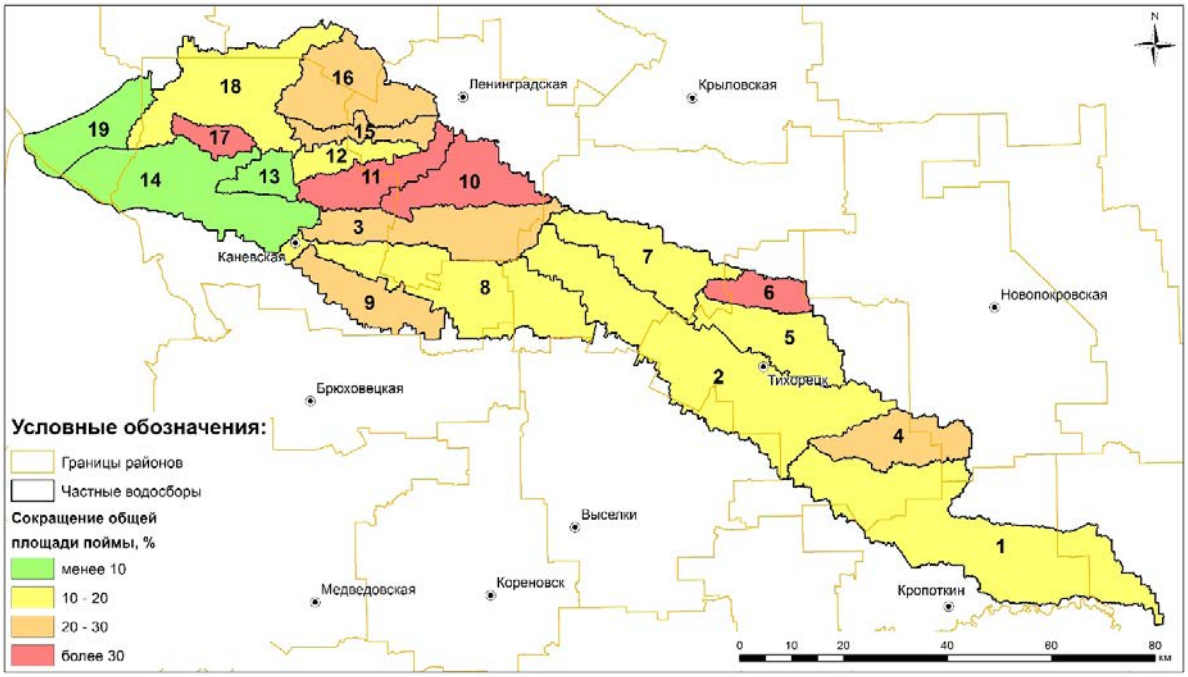

Рис. 7. Изменение площади поймы за период 1999–2020 гг. в исследуемых частных бассейнах

Fig. 7. Changes in the floodplain area of watercourses for the period 1999–2020 in the studied basins

В заключение отметим, что реки Азово-Кубанской равнины имеют естественные низкие значения коэффициента стока. По данным [*Суслов,* 2015] у реки Челбас с действующей площади водосбора (657 км^2), т.е. с которой происходит формирование поверхностного и грунтового стока, он равен 4,2 %. Поверхностное и грунтовое питание степных рек сосредоточено на локальных элементах рельефа поверхности водосбора. В бассейне р. Челбаса фактически речной сток формируется примерно на 17 % площади бассейна. Нарушения водообменных процессов, в том числе и вызванные уменьшением густоты речной и балочной сети, способны понизить коэффициент стока рек Челбас и Албаши.

ВЫВОДЫ

Эксплуатация сельскохозяйственных земель в Краснодарском крае, из которых 70 % составляют пашни, расположенные в основном на Азово-Кубанской равнине, неизбежно приводит к нарушению водообменных процессов в местных семиаридных экосистемах под воздействием ряда причин. Среди причин – нарушение естественного жидкого и твердого стока, условий дренированности территории при сооружении плотин на степных реках, перепланировка территории для увеличения площади сельскохозяйственных угодий, сокращение длины и густоты водотоков в водосборах, увеличение площади застройки.

В бассейнах рек Челбас и Албаши на площади 6268 км^2, по состоянию на 2020 г., с помощью спутниковых снимков и полевых исследований в речных руслах выявлено 842 перегораживающих сооружения. В большинстве случаев строительство плотин и прудов (около 350) представляет собой бессистемное «стихийное» регулирование стока, что приводит к радикальной перестройке вещественно-обменных процессов в реках. Влияние зарегулированности стока на водный баланс исследуемой территории до сих пор остается слабо изученным.

По данным спутниковых снимков установлено, что в 2020 г. в бассейнах рек Челбас и Албаши на сельскохозяйственные угодья приходилось 84,8 % территории, на населенные пункты и объекты инфраструктуры – 6,87 %, на болота и лесополосы – 4,54 %, на водные объекты – 3,79 %. При этом структура землепользования, отражающаяся на техногенных преобразованиях речной сети, как в исследуемых бассейнах в целом, так и в частных водосборах, не остается низменной. В течение 2000–2020 гг. в бассейнах произошло сокращение площади сельскохозяйственных земель с 88,7 до 84,8 % при росте площади застройки с 3,2 до 6,9 %.

Техногенные преобразования гидрографической сети наиболее выражены в повсеместном сокращении длины водотоков. В каждом из 19 анализируемых частных бассейнов за 20 лет сократилась общая длина водотоков – от 1,5 до 33,1 %. В целом в бассейнах рек Бейсуг и Албаши общая длина водотоков уменьшилась на 437 км или на 16,5 %. В наибольшей степени такому уменьшению в результате распашки и вертикальной планировки поверхности подвержены периферийные водосборы. Следствие – повсеместное отмирание верхних участков речной и балочной сети.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/123 и Российского научного фонда и Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 22-27-20008.

ACKNOWLEDGMENTS

The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project No. IBR-20.1/123 and the Russian Science Foundation and Kuban science Foundation in the framework of the scientific project No. 22-27-20008.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антипов А.Н., Федоров В.Н.* Ландшафтно-гидрологическая организация территории. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 254 с.
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. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Краснодарскому краю: В 8 т. Управление Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю и Республике Адыгея, 2018. Т. 3: Земельные ресурсы и их использование. 183 с.
4. *Корытный Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании: монография. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. 63 с.
5. *Лаврентьев Г.И.* Об условиях формирования грунтовых вод в зоне степного ландшафта Краснодарского края. Геохимия подземных вод и ландшафтов: Сб. научн. тр. КубГУ. 1981. С. 62–66.
6. *Лурье П.М., Панов В.Д.* Реки бассейна Азовского моря: Гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2021. 672 с.
7. *Мамась Н.Н.* Степные реки равнинной части края. Экология речных ландшафтов: сб. статей по материалам I Межд. экол. конф. Отв. за вып. Н.Н. Мамась. Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 150–161.

8. *Погорелов А.В., Думит Ж.А.* Рельеф бассейна р. Кубани: Морфологический анализ. М.: ГЕОС, 2009. 208 с.
9. *Погорелов А.В., Липилин Д.А., Киселев Е.Н.* Об изменении гидрографических характеристик рек в степных агроландшафтах за последние десятилетия (на примере бассейна р. Бейсуг, Краснодарский край). Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2021. № 27 (4). С. 19–32. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-19-32.
10. Ресурсы поверхностных вод СССР: В 20 т. Т. 8: Северный Кавказ. Под ред. В.В. Куприянова. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 447 с.
11. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар, 2015. 352 с.
12. *Суслов О.Н.* Степные реки Краснодарского края. Краснодар: Куб ГАУ, 2015. 256 с.
13. Экология речных ландшафтов: сб. статей по материалам I Межд. экол. конф. Отв. за вып. Н.Н. Мамась. Краснодар: КубГАУ, 2017. 267 с.
14. ASTER Global DEM Validation. Summary Report. ASTER GDEM Validation Team: METI/ERSDAC, NASA/LPDAAC, USGS/EROS. 2009. 28 p.

REFERENCES

1. *Antipov A.N., Fedorov V.N.* Landscape and hydrological organization of the territory. Novosibirsk: Publishing house of the SO RAS, 2000. 254 p. (in Russian).
2. ASTER Global DEM Validation. Summary Report. ASTER GDEM Validation Team: METI/ERSDAC, NASA/LPDAAC, USGS/EROS. 2009. 28 p.
3. *Belyuchenko I.S.* The functioning of the steppe rivers of the Krasnodar territory and the prospects for their developmentю Ecology of river landscapes: collection of articles. Articles on the materials of the I Int. ecolodic. conf. Edited by N.N. Mamas. Krasnodar: KubSAU, 2017. P. 28–43 (in Russian).
4. Ecology of river landscapes: collection of articles. Articles on the materials of the I Int. eco. conf. Edited by N.N. Mamas. Krasnodar: KubSAU, 2017. 267 p. (in Russian).
5. *Korytny L.M.* Basin concept in nature management: monograph. Irkutsk: Publishing house of the Institute of Geography SB RAS, 2001. 63 p. (in Russian).
6. *Lavrentiev G.I.* On the conditions for the formation of groundwater in the steppe landscape zone of the Krasnodar territory. Geochemistry of underground waters and landscapes: Collection of. scientific articles. KubSU, 1981. P. 62–66 (in Russian).
7. *Lurie P.M., Panov V.D.* Rivers of the Sea of Azov Basin: Hydrography and runoff regime. Rostov-on-Don: Donskoy publishing house, 2021. 672 p. (in Russian).
8. *Mamas N.N.* Steppe rivers of the flat part of the region. Ecology of river landscapes: Sat. articles on materials I Int. ecol. conf. Rep. for issue N.N. Mamas. Krasnodar: KubSAU, 2017. P. 150–161 (in Russian).
9. *Pogorelov A.V., Dumit J.A.* The relief of the river. Kuban: Morphological analysis. Moscow: GEOS, 2009. 208 p. (in Russian).
10. *Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Kiselev E.N.* On the change in the hydrographic characteristics of rivers in the steppe agrolandscapes over the past decades (on the example of the Beisug river basin, Krasnodar Territory). Proceedings of the International Conference “InterCarto. InterGIS”. 2021. Vol. 27 (4). P. 19–32. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-19-32 (in Russian).
11. Surface water resources of the USSR. In 20 vol. Vol. 8. North Caucasus. Edited by V.V. Kupriyanov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973. 447 p. (in Russian).

12. *Suslov O.N.* Steppe rivers of the Krasnodar territory. Krasnodar: KubSAU, 2015. 256 p. (in Russian).
13. The farming system of the Krasnodar territory on an agrolandscape basis. Krasnodar, 2015. 352 p. (in Russian).
14. The results of the All-Russian agricultural Census of 2016 in the Krasnodar Territory: In 8 vol. Department of the Federal State Statistics Service for the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea, 2018. Vol. 3: Land resources and their use. 183 p.