

УДК 556.18

DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-19-32

А.В. Погорелов¹, Д.А. Липилин^{1,2}, Е.Н. Киселёв¹

**ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕК
В СТЕПНЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ ЗА ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ
(НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА Р. БЕЙСУГ, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ)**

АННОТАЦИЯ

В Краснодарском крае земли сельскохозяйственного назначения занимают 62% территории; из них 79% приходится на пашню. Большая часть сельскохозяйственных земель расположена на Азово-Кубанской равнине в северной части края в бассейнах степных рек.

Бассейн р. Бейсуг площадью около 6 тыс. км² по своим географическим характеристикам следует отнести к репрезентативным бассейнам с позиции современной динамики агроландшафтов и преобразований речной сети. В статье по данным материалов спутниковых снимков анализируются изменения степных агроландшафтов в бассейне р. Бейсуг за период 1999–2020 гг. в аспекте изменения структуры землепользования и гидрографических характеристик.

Трансформация агроландшафтов сопровождается перепланировкой территории, массовым сооружением плотин на реках, нарушением условий естественной дренированности, что приводит к перестройке водообменных процессов в речных бассейнах. Изменения водообменных процессов в семиаридных условиях могут быть чувствительными для местных ландшафтов и сельского хозяйства. До сих пор гидрологическим аспектам трансформации степных ландшафтов не уделялось достаточного внимания.

По данным ЦМР ASTER GDEM выделено 15 частных речных бассейнов с последующим определением типов землепользования на поверхности бассейнов. В каждом из бассейнов установлена структура землепользования, непосредственно влияющая на гидрографические показатели, а также выявлено уменьшение длины водотоков и густоты речной сети. За последние 20 лет в исследуемых бассейнах суммарная длина водотоков вследствие распашки и перепланировки поверхности сократилась на 8–37%, а в целом в бассейне р. Бейсуг – на 469 км.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: степные реки, Бейсуг, 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 аграрный университет имени И. Т. Трубилина, ул. Калинина, д. 13, 350044, Краснодар, Россия; *e-mail*: LipiLin_dmitrii@mail.ru

Anatoly V. Pogorelov¹, Dmitry A. Lipilin^{1,2}, Evgeny N. Kiselev¹

CHANGES IN THE HYDROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF RIVERS IN STEPPE AGROLANDSCAPES OVER THE PAST DECADES (ON THE EXAMPLE OF THE BEYSUG RIVER, KRASNODAR TERRITORY)

ABSTRACT

In the Krasnodar territory, agricultural land occupies 62% of the territory; of which 79% is arable land. Most of the agricultural land is located on the Azov-Kuban Plain in the northern part of the region in the steppe river basins. The basin of the Beysug river with an area of about 6000 km², in terms of its geographical characteristics, should be attributed to representative basins from the standpoint of the modern dynamics of agricultural landscapes and transformations of the river network. The article analyzes the changes in the steppe agricultural landscapes in the Beysug river basin for the period 1999–2020 in terms of changes in the structure of land use and hydrographic characteristics, based on the data of satellite images.

The transformation of agrolandscapes is accompanied by redevelopment of the territory, massive construction of dams on rivers, violation of the conditions of natural drainage, which leads to the restructuring of water exchange processes in river basins. Changes in water exchange processes under semi-arid conditions can be sensitive to local landscapes and agriculture. Until now, insufficient attention has been paid to the hydrological aspects of the transformation of steppe landscapes. According to the DEM ASTER GDEM, 15 river basins were identified with the subsequent determination of land use types on the surface of the basins. In each of the basins, a land use structure has been established, which directly affects the hydrographic indicators, and a decrease in the length of watercourses and the density of the river network has been revealed. Over the past 20 years, in the studied basins, the total length of watercourses due to plowing and redevelopment of the surface has decreased by 8–37%, and in general in the Beysug river basin – by 469 km.

KEYWORDS: steppe rivers, Beysug, transformation, plowing, catchment, hydrographic characteristics, satellite imagery.

ВВЕДЕНИЕ

Земледельческое освоение степей Кубани, то есть преобразование целинных разнотравно-дерновинно-злаковых степей в агроландшафты, продолжавшееся в течение сотен лет, в основном завершилось во второй половине XIX века. В существующих ныне агроландшафтах равнинной части Краснодарского края относительно нетронутыми остались лишь неудобья (откосы балок, заболоченные участки) общей площадью не более 1%. Трансформация агроландшафтов под сильным техногенным прессом непрерывно продолжается. При этом всестороннему преобразованию подвергаются все компоненты степных экосистем, включая реки.

Перепланировка территории, проведение искусственной ирригационной сети и орошение, массовое сооружение плотин и дамб на реках, строительство дорог в насыпях, обработка почв тяжелой техникой приводят к нарушению условий естественной дренированности, изменению составляющих речного стока, перераспределению твёрдого

¹ Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia;
e-mail: pogorelov_av@bk.ru

² Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Kalinina str., 13, 350044, Krasnodar, Russia;
e-mail: LipiLin_dmitrii@mail.ru

стока. Одно из следствий такого рода воздействий – рост площадей переувлажненных земель в северной и центральной зонах Краснодарского края, который отчётливо прослеживается в последние годы, причем не только во влажные, но и в засушливые периоды. Одновременно фиксируется снижение годового стока рек бассейна Азовского моря на территории Краснодарского края [Система..., 2015].

Вместе с тем, гидрологическим аспектам деградации степных ландшафтов Кубани не уделяется достаточного внимания; исследования трансформации степных рек Краснодарского края до сих пор носят поверхностный характер. Существующие публикации [Гайдай, 2006; Белюченко, 2010; 2017; Суслов, 2015; Экология..., 2017; Gura et al, 2019], как правило, фокусируются на биологических, химических, биоэкологических проблемах степных рек. Системный и всесторонний анализ трансформации рек с оценками изменений водообменных процессов в их взаимодействии с механизмами ландшафтного функционирования еще предстоит сделать.

Приведем основные проблемы речных систем, ускоряющие факторы деградации степных ландшафтов: изменения естественной гидрографической сети, повсеместное нарушение дренированности территории и проточности на реках и балках, наличие подтопленных земель и переувлажненных участков, несоблюдение водоохраных и санитарных зон вдоль водных объектов.

Характер изменения гидрографической сети необходимо определять в количественных показателях, вслед за которыми возможно оценивать изменения водообменных процессов в экосистемах, а также геоэкологические, геохимические и другие эффекты, влияющие на долговременную перестройку степных ландшафтов. При этом, на наш взгляд, целесообразно опираться на бассейновый подход [Антипов, Фёдоров, 2000; Корытный, 2001; Погорелов, Думит, 2009], принятый не только в управлении водопользованием, но и при описании ландшафтно-гидрологической и геохимической организации территории [Глазовская, 1988; Перельман, Касимов, 2000] с позиции вещественно-энергетического баланса. Следует принимать во внимание, что речному бассейну на фоне существенного техногенного пресса в условиях агроландшафтов на любом иерархическом уровне свойственны элементы самоорганизации, регулирующие геоморфологические процессы, водообмен, почвообразование, состояние биоты и другие геоэкологические процессы в их геосистемной целостности.

Для оценки изменения гидрографических характеристик за последние десятилетия воспользуемся спутниковыми снимками. К наиболее значимым гидрографическим характеристикам¹ в контексте преобразований степных агроландшафтов Краснодарского края отнесём длину водотоков, густоту эрозионной сети, распаханность и урбанизированность территории речных бассейнов.

В качестве экспериментального бассейна для оценки этих изменений гидрографических характеристик выбран бассейн р. Бейсуг (рис. 1).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования. Бассейн р. Бейсуг по климатическим, геоморфологическим, гидрологическим, ландшафтным признакам, а также по характеру антропогенных преобразований следует считать типичным для центральной и северной части Краснодарского края и Азово-Кубанской равнины (рис. 1).

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

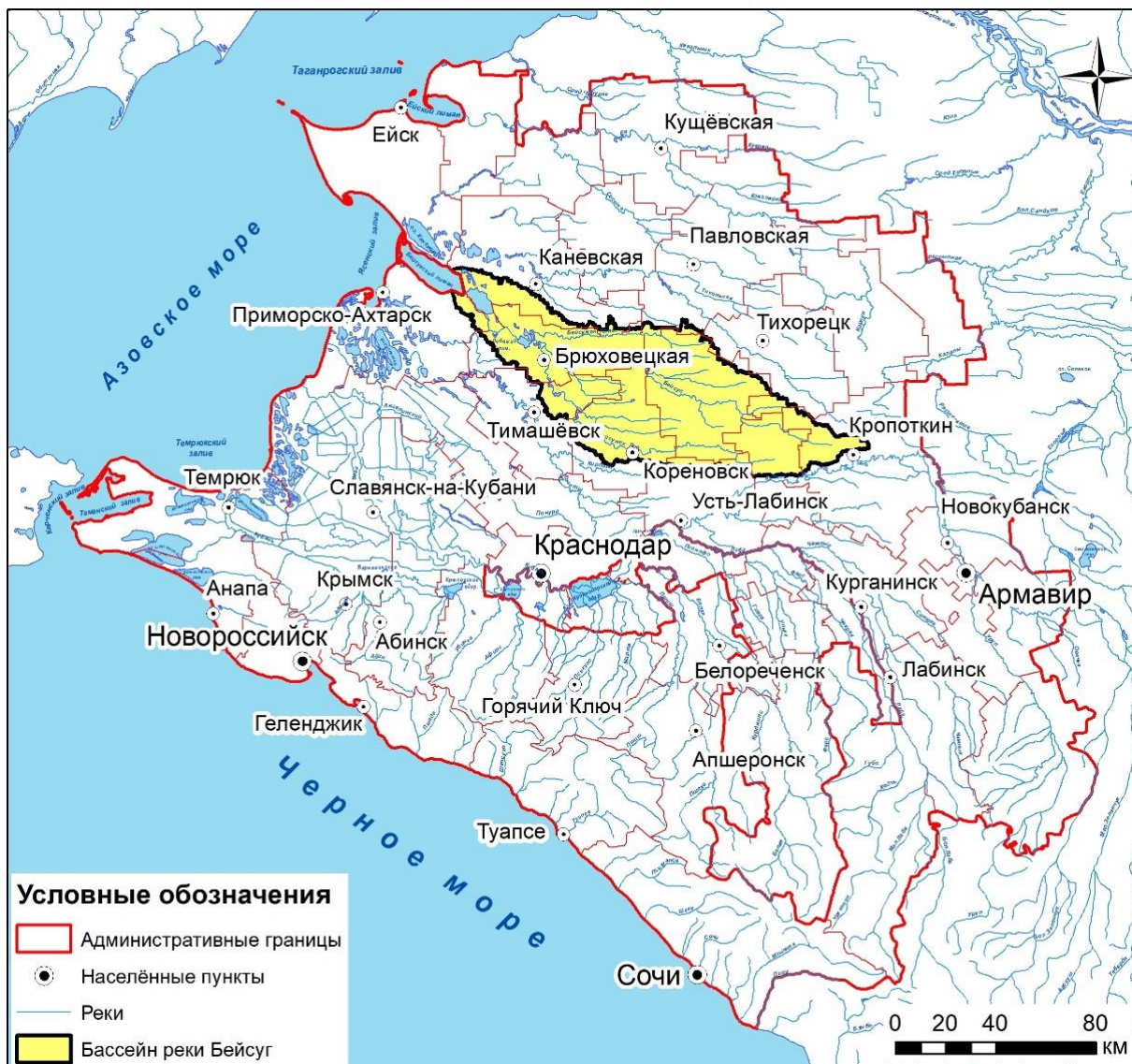


Рис. 1. Бассейн р. Бейсуг на территории Краснодарского края
 Fig. 1. Basin of the Beysug river in the Krasnodar territory

Река Бейсуг, относящаяся в соответствии с государственным водным кадастром к Кубанскому бассейновому округу, имеет длину 249 км, водосборную площадь 5840 км², средний годовой расход воды 8,21 м³/с [Сулов, 2015]¹. Берёт начало из родников в 9 км к северо-западу от г. Кропоткин на высоте около 110 м; в устьевой части при впадении в крупный Бейсугский лиман, гидравлически связанный с Азовским морем, река образует обширные плавни.

Плоская Азово-Кубанская равнина с незначительными углами наклона русел рек сложена лессовидными суглинистыми и песчано-глинистыми отложениями. У Бейсуга насчитывается 20 притоков первого и второго порядка с длинами более 10 км и 37 при-

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. Кроме того, на плоских водосборах с большой плотностью ирригационной сети положение водоразделов морфологически не выражено.

токов с длиной менее 10 км; все притоки относятся к малым рекам и ручьям; в бассейне насчитывается 300 прудов¹.

Для оценки зарегулированности речных русел использованы материалы инвентаризации в 2000 г. водохозяйственных сооружений ОАО ПИИ «Кубаньводпроект», а также результаты наших наземных обследований гидротехнических (перегораживающих) сооружений. Дополнительно распознавание водохозяйственных сооружений на спутниковых снимках выполнялось визуально в программе Google Earth Pro. При этом основными дешифровочными признаками выступили специфическое пространственное положение плотин (поперёк течения русла водного объекта) и наличие подъездных путей, свидетельствующее о капитальном характере сооружения. Известно, что большая часть перегораживающих сооружений на реках степной зоны Краснодарского края построена без проектной документации; и Бейсуг – не исключение. Всего в 2020 г. в бассейне насчитывалось 725 перегораживающих сооружений (рис. 2), влияние которых на условия дренированности территории еще предстоит оценить. Наличие огромного количества плотин и прудов приводит к перестройке вещественно-обменных процессов в реках, не только способствуя заилению, но и увеличивая потери воды на испарение. Данные натурных наблюдений за этими процессами отсутствуют.

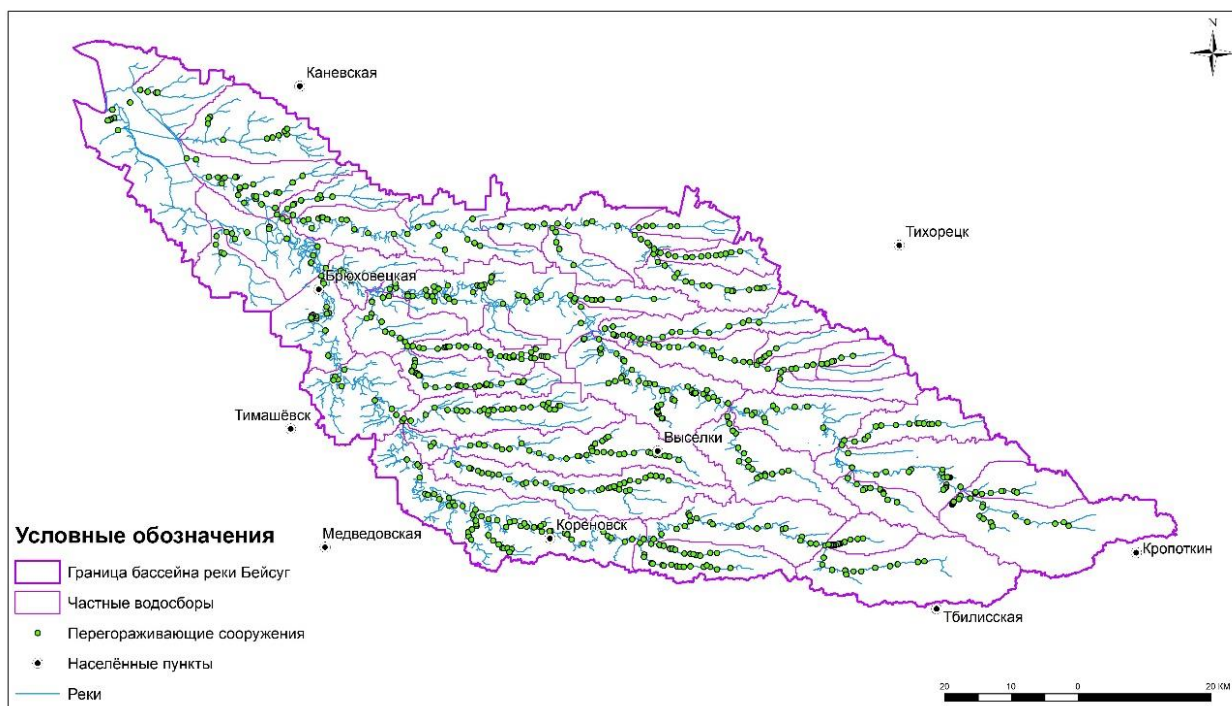


Рис. 2. Распределение перегораживающих сооружений на реках бассейна р. Бейсуг

Fig. 2. Distribution of dams on the rivers of the Beysug river basin

Питание Бейсуга преимущественно снеговое, в нижнем течении – устойчивое грунтовое. Водный режим реки в целом неустойчив; характеризуется половодьем в марте, продолжительной летне-осенней меженью и дождевыми паводками. Бейсуг, в отличие от многих степных рек Краснодарского края и большей части своих притоков, не пересыхает в меженный период. Течение выражено только во время весеннего половодья со скоростью не более 0,6–0,7 м/с. Бассейн реки густо заселён, многочисленные населённые

¹ <https://water-rf.ru/>

пункты обычно располагаются на берегах Бейсуга и его притоков. Всего в границах исследуемого бассейна насчитывается 133 населённых пункта общей площадью 539,5 км²¹.

Методы. Векторные границы бассейнов и линии тальвегов получены по предварительно откорректированной глобальной ЦМР ASTER GDEM2 [ASTER..., 2009]. Моделирование границ бассейнов и сети тальвегов (постоянных и временных водотоков) выполнено в программе ArcGIS посредством инструментов Hydrology в модуле Spatial Analyst. При определении анализируемых частных бассейнов мы исходили из однородности развития гидрографической сети в границах выделяемых бассейнов. Дешифрирование типов землепользования выполнено по спутниковым снимкам космических аппаратов Landsat (табл. 1) с учетом анализируемого 20-летнего периода, пространственное разрешение которых сопоставимо с разрешением использованной ЦМР.

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	LE71750281999274NSG00	30
Landsat 7	11.11.1999	LE71740281999315SGS00	30
Landsat 8	09.09.2020	LC81740282020253LGN00	30
Landsat 8	12.11.2020	LC81740282020317LGN00	30

Исходя из географических условий анализируемой территории, а также решаемых задач, целесообразно сосредоточиться на типах землепользования, свойственных бассейну р. Бейсуг и косвенно отражающих ландшафты. При типизации принималась во внимание номенклатура базы данных покрытия/использования земель, разработанная для европейской программы CORINE Land Cover (CLC)². В соответствии с ней выделены типы 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 нашем случае объясняется сложностью дифференцированного распознавания на снимках болотной и древесной растительности.

Методика дешифрирования спутниковых снимков (табл. 1) в программе ENVI включала: 1) предварительную обработку снимков (в т.ч. 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 и корректировку контуров.

Уточнение расположения элементов сети постоянных и временных водотоков, а также уточнение результатов дешифрирования типов землепользования осуществлялось с помощью спутниковых снимков в геосервисе Google Earth Pro. Некоторые результаты распознавания типов землепользования в их динамике (1999–2020 гг.) представлены на рисунке 3.

¹ Указанная площадь отличается от площади населенных пунктов (застройки), полученной при дешифрировании спутниковых снимков, поскольку административные границы включают поверхности с разными типами землепользования.

² <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>.

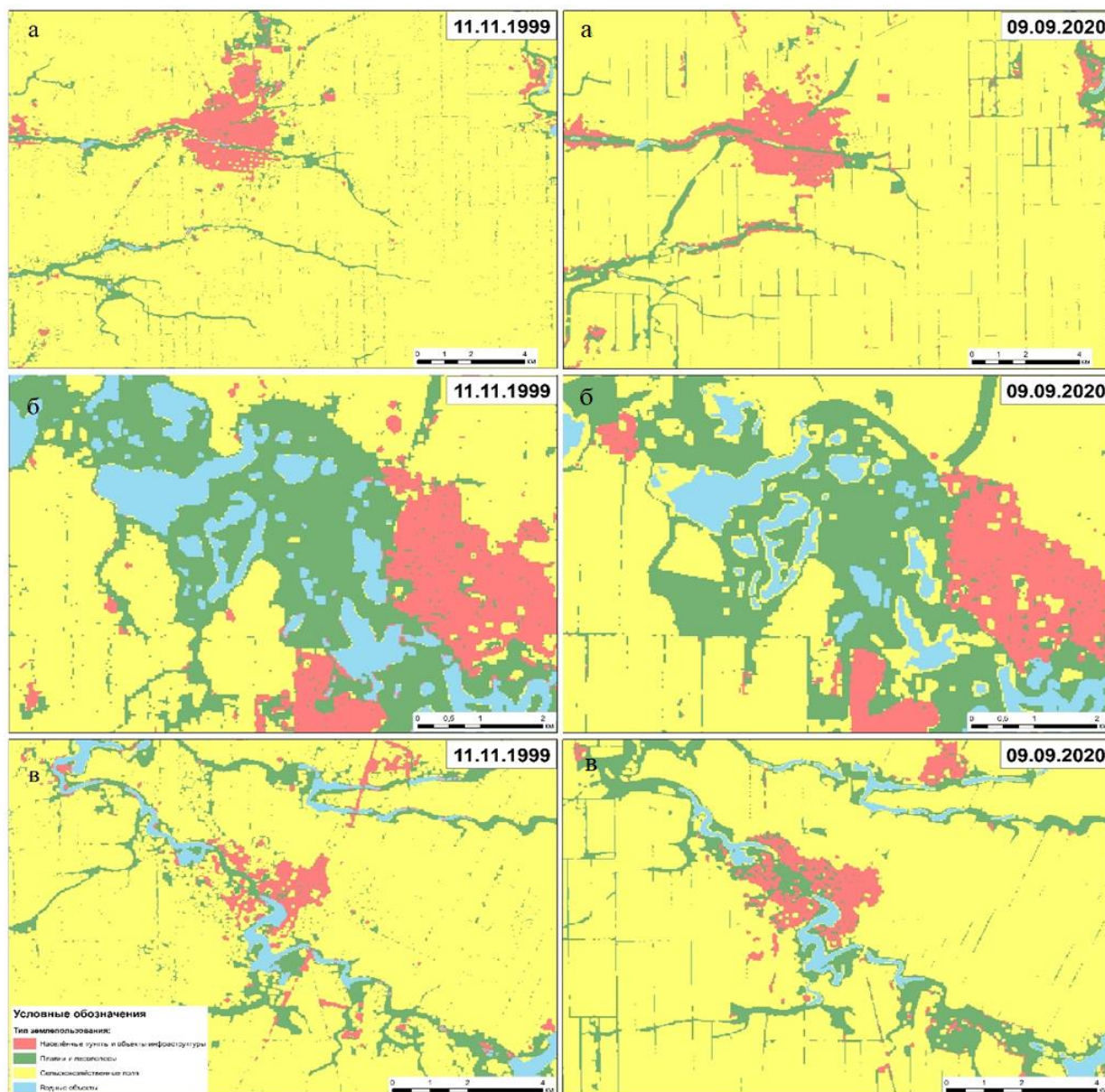


Рис. 3. Дешифрирование типов землепользования по данным спутников Landsat и примеры изменений землепользования в 1999–2020 гг. в бассейне р. Бейсуг в районе населенных пунктов ст. Выселки (а), ст. Переясловская (б), ст. Березанская (в)

Fig. 3. Recognition of land use types from Landsat satellites and examples of land use changes in 1999–2020 in the Beysug river basin in the area of settlements Vyselki (a), Pereyaslovskaya (b), Berezanskaya (v)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе обработки ЦМР с учетом заданной пространственной детализации анализа выделено 15 частных бассейнов, площадь которых варьирует от 33,8 до 1585,5 км² (табл. 2, рис. 4.). В связи с тем, что Азово-Кубанская равнина на большей части территории является практически плоской 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 таблице 2.

Табл. 2. Распределение типов поверхностей в частных бассейнах в бассейне р. Бейсуг

Table 2. Distribution of surface types in basins in the Beysug river basin

№	Частный бассейн	Площадь, км ²	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	Бейсуг	1585,5	2,55	17,11	4,55	75,79	3,41	18,07	3,57	74,95
2	Камышеваха	80,9	1,46	4,60	0,16	93,78	3,05	5,06	0,02	91,87
3	Тарапанка	101,9	0,40	4,70	0,70	94,20	1,63	4,63	0,40	93,33
4	Бейсужек Левый	1872,4	3,28	7,23	1,21	88,29	4,58	7,78	1,04	86,60
5	Попастая	72,9	0,32	5,46	0,93	93,28	0,76	3,97	0,14	95,13
6	Бузинка	171,8	0,55	4,77	0,54	94,14	1,09	6,23	0,62	92,06
7	Гаджировка	444,9	1,14	4,74	0,78	93,34	2,09	6,63	0,85	90,43
8	Правый Бейсужек	772,3	0,76	5,82	0,76	92,65	0,86	7,35	0,52	91,27
9	Балка Зозовская	66,2	0,05	4,41	0,06	95,48	0,14	3,68	0,05	96,12
10	Балка без названия	33,8	0,60	9,73	0,82	88,86	0,67	9,32	0,77	89,23
11	Незайманка	306,0	0,88	6,22	0,47	92,42	1,70	6,20	0,44	91,66
12	Балка Гарбузова	87,2	1,31	6,77	0,54	91,38	1,19	9,06	0	89,75
13	Балка Солёная	133,7	2,45	8,48	3,08	85,98	1,47	7,52	2,01	89,00
14	Балка Жирякова	171,5	1,06	6,21	0,92	91,82	0,59	8,53	0,60	90,28
15	Балка Очеретоватая	93,7	0,78	8,14	2,55	88,53	0,19	7,69	2,01	90,11
	В бассейне р. Бейсуг	5994,6	2,09	9,24	1,95	86,71	2,87	10,09	1,54	85,49

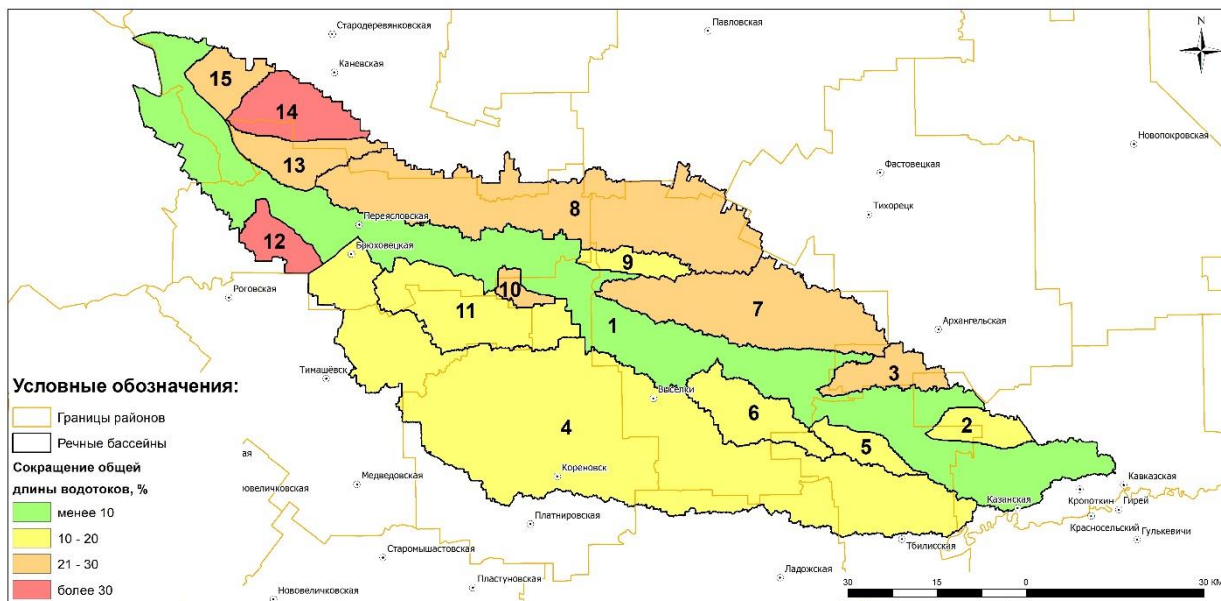


Рис. 4. Изменение длины водотоков за период 1999–2020 гг. в исследуемых частных бассейнах

Fig. 4. Changes in the length of watercourses for the period 1999–2020 in the studied basins

В сентябре 2020 г. из 5995 км² поверхности бассейна р. Бейсуг на сельскохозяйственные угодья приходилось 85,49%, на болота и лесополосы – 10,09%, на населенные пункты и объекты инфраструктуры – 2,87%, на водные объекты – 1,54% площади. В структуре землепользования в каждом из выделенных бассейнов доминируют пашни, занимая площади от 74,95 до 96,12%; доля заболоченных (плавни) и водных поверхностей, закономерно увеличивается на главной реке, на малых реках она, как правило, существенно меньше. За анализируемый период структура землепользования в каждом частном бассейне ожидаемо изменилась. В сравнении с 1999 г. в бассейне р. Бейсуг в целом увеличились площади населенных пунктов и плавней, сократилась площадь водных объектов (табл. 2).

Произошедшие за анализируемый период гидрографические и морфометрические преобразования в бассейне р. Бейсуг отражены в таблице 3 и рисунки 4 и 5. В каждом из частных бассейнов в течение 1999–2020 гг. произошло сокращение общей длины водотоков – от 8% (частный бассейн р. Бейсуг) до 37,2% (Балка Жирякова), а в целом в бассейне длина водотоков уменьшилась на 17,2% или на 469,4 км (табл. 3). Одновременно произошло пропорциональное уменьшение густоты эрозионной сети, со значениями которой связаны показатели дренированности территории и активности геоморфологических, в частности, флювиальных процессов. Судя по карте (рис. 4), уменьшению длины водотоков за последние 20 лет в бассейне р. Бейсуг присуща некая асимметрия: в большей степени общая длина водотоков сократилась у правых притоков. Долина главной реки, имеющей хорошо выраженное русло в осевой части бассейна, наименее всего пострадала от распашки водотоков.

Основная причина сокращения длины водотоков (рис. 5) – распашка и вертикальная перепланировка поверхности в результате местной «экспансии» сельскохозяйственных земель. В большинстве случаев в течение 15–20 лет после планировки территории и распашки участков в преобразуемых таким образом ландшафтах практически не остается внешних признаков дренажной сети. Судя по табл. 3, густота

эрозионной сети вполне объяснимо имеет относительно большие значения (0,46...0,39 км/км²) в частных бассейнах с пониженной относительной площадью сельскохозяйственных полей (74,95...86,6%); и, наоборот, низкие значения (0,22 км/км²) – в бассейнах с высокой относительной площадью полей (95,1...96,1%).

Табл. 3. Изменения за 1999–2020 гг. длины водотоков и густоты эрозионной сети
Table 3. Changes for 1999–2020 in the length of watercourses and the density of the erosion network

№	Частные бассейны	Длина водотоков, км			Густота эрозионной сети, км/км ²		
		1999 г.	2020 г.	Изменение за 1999–2020 гг., %	1999 г.	2020 г.	Изменение за 1999–2020 гг., %
1	Бейсуг	793,2	730,1	-8,0	0,50	0,46	-8,0
2	Камышеваха	17,5	14,4	-17,7	0,21	0,18	-14,3
3	Тарапанка	28,9	22,7	-21,5	0,28	0,22	-21,4
4	Бейсужек Левый	919,4	738,9	-19,6	0,49	0,39	-20,4
5	Попастая	18,2	15,7	-13,7	0,25	0,22	-12,0
6	Бузинка	46,1	40,7	-11,7	0,27	0,24	-11,1
7	Гаджировка	153,6	119,9	-21,9	0,34	0,27	-20,6
8	Правый Бейсужек	329,9	261,1	-20,9	0,42	0,34	-19,0
9	Балка Зозовская	17,9	14,5	-19,0	0,27	0,22	-18,5
10	Балка без названия	20,7	16,1	-22,2	0,61	0,47	-23,0
11	Незайманка	151,3	121,9	-19,4	0,49	0,40	-18,4
12	Балка Гарбузова	32,9	22,1	-32,8	0,38	0,25	-34,2
13	Балка Солёная	72,4	54,1	-25,3	0,54	0,40	-25,9
14	Балка Жирякова	78,3	49,2	-37,2	0,45	0,28	-37,8
15	Балка Очеретоватая	41,6	31,1	-25,2	0,44	0,33	-25,0
	Весь бассейн	2721,9	2252,5	-17,2	0,45	0,38	-15,6

Известно, что атмосферные осадки, выпадающие на площади бассейнов степных рек Краснодарского края, в формировании речного стока участвуют в малой мере, что подтверждается весьма низкими значениями коэффициентов стока этих рек (около 3–9%). Испарение и эвапотранспирация здесь соизмеримы с количеством выпадающих осадков. Поверхностное и грунтовое питание сосредоточено на локальных элементах рельефа

[Лаврентьев, 1981]. Так, в бассейне р. Бейсуг действующая площадь водосбора оценивается всего в 625 км² [Суслов, 2015], т.е. речной сток формируется лишь на 10% площади бассейна.

На степных реках в условиях существующего дефицита водных ресурсов сокращение длины водотоков и дренажной сети приводит к последующему уменьшению поверхностного и грунтового питания за счет сокращения областей формирования поверхностного и грунтового стока. При развитии подобных процессов следует ожидать дальнейшего уменьшения коэффициента стока и, следовательно, постепенного нелинейного снижения годового стока р. Бейсуг.

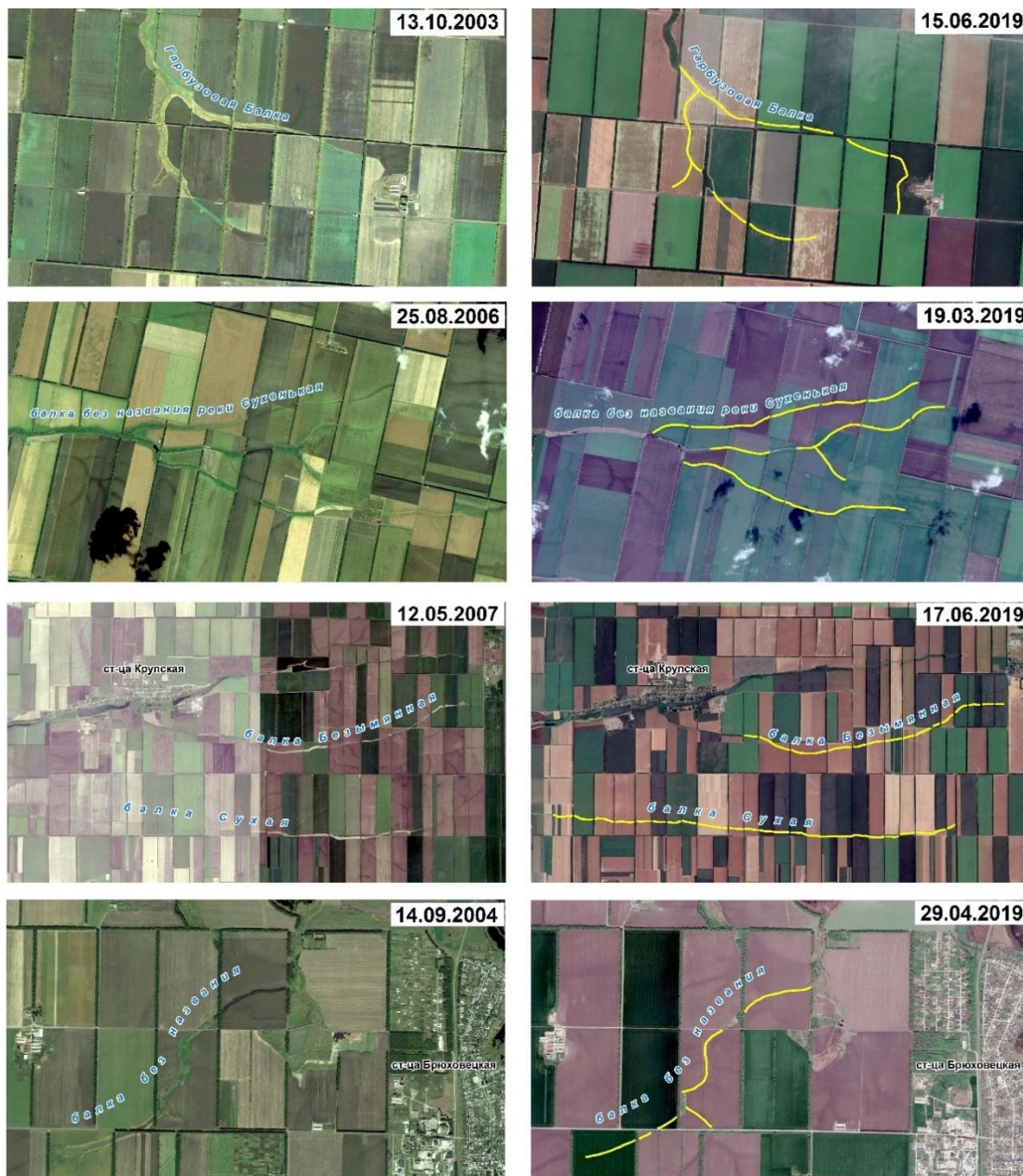


Рис. 5. Наблюдаемые уменьшения длины эрозионной сети в результате распашки и вертикальной планировки поверхности. Уничтоженные водотоки выделены желтым цветом

Fig. 5. Observed 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

ВЫВОДЫ

1. С использованием спутниковых снимков Landsat 7, 8 установлено, что в 2020 г. 85,5% поверхности бассейна занято сельскохозяйственными полями, 10,1% – плавнями и лесополосами, 2,9% – застройкой, 1,5% – водными объектами. В сравнении с 1999 г. в бассейне р. Бейсуг увеличились площади населенных пунктов (в 1,4 раза), плавней и лесополос (в 1,1 раза), сократилась площадь водных объектов (в 1,3 раза), площадь полей практически не изменилась.
2. В границах бассейна р. Бейсуг выделено 15 частных бассейнов, т.е. при анализе динамики землепользования и изменения гидрографических характеристик реализован бассейновый подход. В частных бассейнах доля сельскохозяйственных полей в общей площади варьирует от 74,9 до 96,1%, при этом влияя на густоту эрозионной сети и дренированность земель в зонах активного водообмена. В бассейнах с относительно низкой площадью полей густота эрозионной сети достигает 0,46 км/км², а при относительно высокой площади полей – сокращается до 0,22 км/км².
3. С 1999 г. по 2020 г. в бассейне р. Бейсуг на площади 5994,6 км² зафиксировано сокращение общей длины водотоков на 469,4 км (или на 17,2%) и соответствующее уменьшение густоты эрозионной сети. В каждом из 15 исследуемых частных бассейнов наблюдалось сокращение общей длины водотоков – от 8 до 37,2%. Основная причина – распашка земель, отчетливо определяемая на спутниковых снимках. В агроландшафтах внешние признаки эрозионной сети после распашки и перепланировки поверхности исчезают в течение 12–20 лет. Выявлена асимметрия в сокращении длины водотоков за последние 20 лет: в большей степени общая длина водотоков уменьшилась у правых притоков.
4. Изменения гидрографических характеристик в бассейне р. Бейсуг, показательном для степной части Краснодарского края бассейне, происходят на фоне техногенных воздействий на агроландшафты (массового сооружения плотин и дамб на степных реках, увеличения площади застройки, нарушения естественной дренированности территории и водообменных процессов, перепланировки поверхности и т.п.) и преобразований структуры землепользования. Это приводит к перестройке вещественно-обменных процессов в реках, деградации речных систем.

В заключение отметим, что системный и всесторонний анализ трансформации степных рек Краснодарского края с оценками изменений водообменных процессов (включая оценки фильтрации и испарения, движения и оттока подземных вод) в их взаимодействии с механизмами ландшафтного функционирования и почвообразования еще предстоит сделать. Полученные нами результаты закладывают основу для дальнейших исследований в этом направлении.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта МФИ-20.1/123.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project МФИ-20.1/123.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антипов А.Н., Фёдоров 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. *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. *Гайдай А.А.* Оценка экологического состояния бассейна реки Бейсуг и предложения по улучшению его функционирования: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Краснодар, 2006. 179 с.
5. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 327 с.
6. *Корытный Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании: монография. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. 63 с.
7. *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.
8. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. М.: Астрей, 2000. 768 с.
9. *Погорелов А.В., Думит Ж.А.* Рельеф бассейна р. Кубани: Морфологический анализ. М.: ГЕОС, 2009. 208 с.
10. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар, 2015. 352 с.
11. *Суслов О.Н.* Степные реки Краснодарского края. Краснодар: Куб ГАУ, 2015. 256 с.
12. Экология речных ландшафтов: сб. статей по материалам I Межд. экол. конф. Отв. за вып. Н.Н. Мамась. Краснодар: КубГАУ, 2017. 267 с.
13. ASTER Global DEM Validation. Summary Report. ASTER GDEM Validation Team: METI/ERSDAC, NASA/LPDAAC, USGS/EROS. 2009. 28 p.
14. *Gura D., Dubenko Y., Dyshkant E., Pavlyukova A., Akopyan G.* 3D laser scanning for monitoring the quality of surface in agricultural sector. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. 403(1). 012184.

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.
2. ASTER Global DEM Validation. Summary Report. ASTER GDEM Validation Team: METI/ERSDAC, NASA/LPDAAC, USGS/EROS. 2009. 28 p.
3. *Belyuchenko I.S.* Ecological state of the Kuban steppe river basins and their development prospects. Ecological Bulletin of the North Caucasus, 2010. V. 6. No 2. P. 5–12.
4. *Belyuchenko I.S.* The functioning of the steppe rivers of the Krasnodar territory and the prospects for their development. 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.
5. 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.
6. *Gaidai A.A.* Assessment of the ecological state of the Beysug river basin and proposals for improving its functioning: Dis. ... Cand. biol. Sciences: 03.00.16. Krasnodar, 2006. 179 p.

7. *Glazovskaya M.A.* Geochemistry of natural and technogenic landscapes of the USSR. M.: Higher school, 1988. 327 p.
 8. *Gura D., Dubenko Y., Dyshkant E., Pavlyukova A., Akopyan G.* 3D laser scanning for monitoring the quality of surface in agricultural sector. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. 403(1). 012184.
 9. *Korytny L.M.* Basin concept in nature management: monograph. Irkutsk: Publishing house of the Institute of Geography SB RAS, 2001.63 p.
 10. *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.
 11. *Perelman A.I., Kasimov N.S.* Landscape geochemistry. M.: Astreya, 2000. 768 p.
 12. *Pogorelov A.V., Dumit J.A.* The relief of the river. Kuban: Morphological analysis. Moscow: GEOS, 2009. 208 p.
 13. *Suslov O.N.* Steppe rivers of the Krasnodar territory. Krasnodar: KubSAU, 2015. 256 p.
 14. The farming system of the Krasnodar territory on an agrolandscape basis. Krasnodar, 2015. 352 p.
-