



УДК 504.504

DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87

Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области

¹Корнилов А.Г., ²Киселев В.В., ¹Курепина В.А., ¹Лопина Е.М., ¹Боровлев А.Э.

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

² Белгородский университет кооперации, экономики и права
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru, vladislav_kiselev_93@mail.ru, vika.kurepina.97@mail.ru,
borovlev@bsu.edu.ru

Аннотация. В настоящее время изучение гидроэкологического состояния водных экосистем является одной из первостепенных задач. Увеличение объёмов хозяйственной деятельности близ водных объектов обуславливает ухудшение их гидрохимических характеристик, изменение которых можно рассматривать в качестве основного индикатора негативного влияния на водную среду. Работа посвящена мониторингу гидроэкологической ситуации в районах интенсивного сельского хозяйства Белгородской области. Дается общая оценка поступления в окружающую среду отходов животноводческого производства и внесения органических и минеральных удобрений на исследуемой территории. Определена геохимическая нагрузка для водных объектов Корочанского и Алексеевского районов Белгородской области по показателям содержания соединений азота и фосфора. Выявлено, что в пунктах отбора проб воды складывается умеренно напряжённая экологическая ситуация в связи с периодическим сверхнормативным поступлением биогенных загрязняющих веществ в исследуемые водные объекты. Среднегодовые концентрации соединений азота и фосфора часто превышают ПДК_{р.х.} в 2–3 раза. Основными индикаторами сельскохозяйственного загрязнения на исследуемых водных объектах являются соли аммония, а также фосфаты. В пункте отбора проб воды на реке Сухой Корень превышение ПДК_{р.х.} по всем показателям зафиксировано в 70 % случаев, что говорит о высоком биогенном загрязнении на данном участке.

Ключевые слова: гидроэкологическая ситуация, биогенные элементы, азотные и фосфорные соединения, сельскохозяйственные районы, водные объекты

Для цитирования: Корнилов А.Г., Киселев В.В., Курепина В.А., Лопина Е.М., Боровлев А.Э. 2023. Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области. Региональные геосистемы, 47(1) 76–87. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87

Biogenic Pollution of Water Bodies in Agricultural Areas of the Belgorod Region

¹Andrey G. Kornilov, ²Vladislav V. Kiselev, ¹Viktoriya A. Kourepina,

¹Elena M. Lopina, ¹Andrey E. Borovlev

¹ Belgorod National Research University, Russia,
85 Pobeda St, Belgorod 308015, Russia

² Belgorod University of Cooperation, Economics and Law
116a Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru, vladislav_kiselev_93@mail.ru, vika.kurepina.97@mail.ru,
borovlev@bsu.edu.ru

Abstract. Currently, the study of the hydroecological state of aquatic ecosystems is one of the primary tasks. An increase in the volume of economic activity near water bodies causes changes in their

hydrochemical characteristics, the change of which can be considered as the main indicator of a negative impact on the aquatic environment. The work is devoted to the consideration of the hydroecological situation in the areas of intensive agriculture of the Belgorod region. A general assessment of the environmental intake of animal husbandry waste and the application of organic and mineral fertilizers in the study area is given. The geochemical load for the water bodies of the Korochansky and Alekseevsky districts of the Belgorod region was determined by the content of nitrogen and phosphorus compounds. It was revealed that a moderately tense ecological situation develops in the water sampling points due to the periodic excess intake of biogenic pollutants into the studied water bodies. The average annual concentrations of nitrogen and phosphorus compounds often exceed the maximum permissible concentrations by 2–3 times. The main indicators of agricultural pollution in the studied water bodies are ammonium salts, as well as phosphates. At the water sampling point on the Dry Root river, the maximum permissible concentration is exceeded. according to all indicators, it was recorded in 70 % of cases, which indicates high biogenic pollution at this site.

Keywords: hydroecological situation, biogenic elements, nitrogen and phosphorus compounds, agricultural areas, water bodies

For citation: Kornilov A.G., Kiselev V.V., Kurepina V.A., Lopina E.M., Borovlev A.E. 2023. Biogenic Pollution of Water Bodies in Agricultural Areas of the Belgorod Region. *Regional Geosystems*, 47(1) 76–87. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87

Введение

В настоящее время на формирование гидроэкологического состояния водных объектов оказывает влияние большое количество естественных и антропогенных факторов [Коронкевич и др., 2017б; Барабанов и др., 2018; Решетников и др., 2018; Lisetskii, 2021]. Наличие последних связано в первую очередь с негативным воздействием на водные экосистемы хозяйственной деятельности, в особенности сельскохозяйственного производства [Ясинский и др., 2007; Коронкевич и др., 2017а; Стоящева, 2018].

Для территории Белгородской области, как региона с ярко выраженной сельскохозяйственной специализацией, характерно высокое загрязнение водных объектов биогенными компонентами (азот и фосфаты) на фоне интенсификации сельского хозяйства, особенно с развитием животноводческой отрасли [Кумани, Бабкина, 2005; Киселев, Корнилов, 2019; Курепина и др., 2019]. Масштабы развития животноводства в пределах Белгородского региона в последние годы приобретают небывалый размах, что не может не сказываться на экологическом состоянии всех компонентов природы. В особенности страдают близлежащие поверхностные водные объекты [Колмыков, 2006; Васюкин, 2013; Lisetskii et al., 2014; Лисецкий и др., 2015; Yermolaev et al., 2015].

В этой связи необходимость ведения систематического экологического мониторинга обусловлена возрастающей потребностью к сохранению водных экосистем и укладывается в рамки реализации современной политики устойчивого развития региона [Алексеевский и др., 2014; Апухтин и др., 2015; Ясинский, Сидорова, 2018].

Таким образом, целью работы является проверка гидрохимических характеристик водных объектов Белгородской области на наличие биогенных компонентов (азот и фосфор) в районах интенсивного сельскохозяйственного производства.

Объекты и методы исследования

Для исследования процессов биогенного загрязнения водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области были выбраны 2 участка разных малых рек и, соответственно, водосборных территорий в центральных и восточных районах региона – верховья бассейна реки Нежеголь (притоки Корень и Короча) и верховья реки Тихая Сосна, на территории Корочанского и Алексеевского районов, показанные на рис. 1.

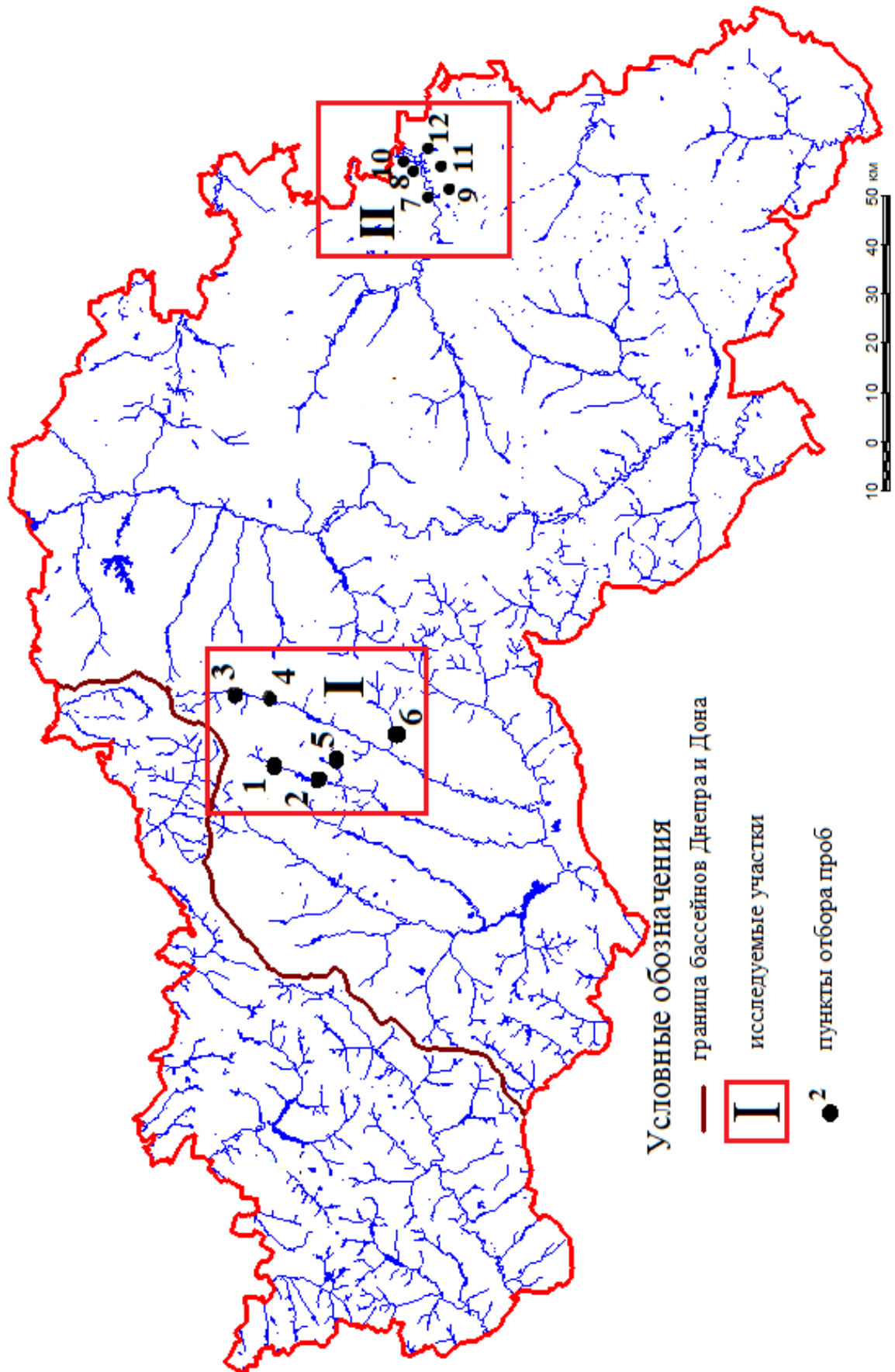


Рис. 1. Расположение объектов исследования на территории Белгородской области
Fig. 1. Location of research objects on the territory of the Belgorod region

Сбор данных с двух ключевых участков со сходной антропофункциональной структурой позволяет повысить достоверность выявленных закономерностей и сделанных выводов; некоторые структурные и климатические различия изучаемых водосборных территорий и водных объектов, предположительно, помогут расширить число выявленных взаимозависимостей показателей и закономерностей формирования гидроэкологических ситуаций. Оба участка характеризуются, с одной стороны, высоким уровнем сельскохозяйственной и животноводческой нагрузки, с другой стороны – некоторыми отличиями в агроклиматических показателях. В частности, согласно Атласу Белгородской области [Лебедева и др., 2021], в районах исследования значения годовых осадков несколько отличаются. Также наблюдаются различия в агроклиматическом районировании исследуемых территорий. При этом, гидротермический коэффициент (ГТК) на участке № 1 равен 1–1,2, а на втором – от 0,8 до 1. Показатель увлажнённости территории на 1 участке – от 0,87 до 0,94, а на 2 участке – от 0,80 до 0,87.

Для участка исследования № 1 характерно преобладание чернозёмов типичных и чернозёмов выщелоченных, а также наличие тёмно-серых лесных почв. Участок № 2 характеризуется преобладанием чернозёмов типичных и тёмно-серых лесных почв.

На первом исследуемом участке эрозия почв выражена слабее. По интенсивности эрозионных процессов он относится к Центральному району среднего смыва и средней заовраженности. Второй участок проходит по границе Северо-восточного района сильного смыва и сильной заовраженности и Юго-восточного района очень сильного смыва и сильной заовраженности. Доля эродированных почв на первом участке составляет 30–50 %. На втором участке эродированные почвы занимают от 50 до 73 %.

По эрозионному расчленению земной поверхности оба исследуемых участка имеют приблизительно равные показатели. Густота эрозионной сети на большей части из них составляет от 0,4 до 0,8 км/км².

В результате ландшафтно-функционального зонирования исследуемой территории было отмечено её обширное сельскохозяйственное использование (табл. 1). Более 60 % территории водосборных бассейнов заняты пашней. 10 % составляют сельские населённые пункты с дополнительной нагрузкой на водные объекты в виде неканализованных диффузных стоков.

Таблица 1
Table 1Ландшафтно-функциональный анализ исследуемой территории
Landscape and functional analysis of the study area

Участок исследования	Функциональные зоны			
	Пашня, %	Лес, %	Лугово-болотная растительность, %	Населённые пункты, %
Участок № 1	63	7	18	12
Участок № 2	62	11	17	10

В виду значительной доли пашни на исследуемых участках наблюдаются большие объёмы внесения органических и минеральных удобрений¹ на сельскохозяйственные угодья (табл. 2), что создаёт потенциально высокий модуль антропогенной нагрузки на близлежащие территории, а также на исследуемые водосборные участки рек Корочанского и Алексеевского районов [Гостищев и др., 2015].

Помимо этого, в бассейнах исследуемых рек наблюдается значительная концентрация площадок животноводческой отрасли с совокупным поголовьем около 900 тыс. голов (табл. 3).

¹ Статистический бюллетень. 2021 г. Сведения о внесении органических и минеральных удобрений под урожай. Белгород, Белгородстат.



Таблица 2
Table 2

Нагрузка органических и минеральных удобрений
на водосборные бассейны исследуемых территорий на начало 2021 года
The load of organic and mineral fertilizers on the catchment basins of the studied territories in 2021 year

Участок исследования	Внесение органики, т/га	Внесение минеральных удобрений		
		Азотные, кг/га	Фосфорные, кг/га	Калийные, кг/га
Участок № 1	51	790	180	200
Участок № 2	11	493	107	122

Таблица 3
Table 3

Животноводческая нагрузка на водную среду исследуемых территорий
Livestock load on the aquatic environment of the studied territories

Участок исследования	Общее поголовье, голов		Количество отходов, т/сут*
	Свиней	КРС	
Участок № 1	438295	1012	2103
Участок № 2	334000	120000	1603
	17	17	17

* Рассчитано на основе выхода отходов от одной условной головы: для свиньи – 4,8 кг, для крупного рогатого скота (КРС) – 16,8 кг, для птицы – 120 г.

При общем ландшафтно-функциональном сходстве участков 1 и 2 животноводческая нагрузка на первый участок выше, чем на второй в 1,3 раза, а суммарный расход воды по нижним наблюдаемым створам в 1,8 раза меньше, в то же время селитебная нагрузка значительно выше на втором участке.

Для изучения гидрохимического состояния водных объектов в период с марта 2018 по сентябрь 2020 г. осуществлялся отбор проб для химического анализа воды. Проведение анализа выполнялось в день сбора проб. Значения показателей концентрации нитратов и нитрит-ионов в составе исследуемых водных объектов определялись методом количественного и качественного анализа с помощью прибора ЭКОТЕСТ-2000. В качестве измеряющих электродов использовались: электрод «ЭКОМ-NO3» и Электрод «ЭЛИТ-071».

Анализ показателей концентрации аммонийного азота и фосфатов проводился в сертифицированных аккредитованных лабораториях г. Белгород.

Результаты и их обсуждение

Итогом ежесезонного мониторинга стало создание банка гидрохимических данных в части азотного и фосфатного загрязнения водных объектов на территории Корочанского и Алексеевского районов. Отбор проб осуществлялся на 12 створах в десятикратной повторяемости в течение 3 лет. Результат представлен в табл. 4 в виде среднегодовых значений.

Исходя из анализа таблицы, можно говорить о довольно серьёзном воздействии сельскохозяйственного производства на исследуемые водные объекты на участке исследования № 1 в Корочанском районе, что отражается на их гидрохимическом составе.

При этом стоит отметить, что в пункте отбора проб воды на реке Сухой Корень превышение ПДК_{р.х.} по всем среднегодовым показателям зафиксировано в 70 % случаев, что говорит о высоком биогенном загрязнении на данном участке. Среднегодовые показатели по нитритам и нитратам превышают ПДК в 1,5 раза, соли аммония – в 3 раза, фосфаты – в 5–10 раз.

Таблица 4
Table 4

Среднегодовое содержание биогенных элементов в исследуемых водных объектах
The average annual content of biogenic elements in the studied water bodies

№ на рис. 1	Водный объект, (расход, м ³ /с)	Год исследования	Содержание биогенных элементов, мг/л			
			Нитриты (NO ₂ ⁻)	Нитраты (NO ₃ ⁻)	Аммоний (NH ₄ ⁺)	Фосфаты (PO ₄ ²⁻)
1	р. Корень – с. Коломыцево (0,5 м ³ /с)	2018	0,028	3,6	0,25	0,10
		2019	0,070	5,8	0,84	0,22
		2020	0,080	9,0	0,30	0,21
2	р. Корень – с. Долгий Бордок (0,7 м ³ /с)	2018	0,044	1,3	0,45	0,03
		2019	0,070	4,0	0,77	0,13
		2020	0,041	3,3	0,34	0,10
3	р. Короча – хутор Ивановка (0,9 м ³ /с)	2018	0,027	2,4	0,24	0,14
		2019	0,060	4,5	1,00	0,30
		2020	0,030	3,7	0,30	0,40
4	р. Короча – село Белый Колодец (1 м ³ /с)	2018	0,020	3,5	0,30	0,08
		2019	0,050	12,0	0,81	0,18
		2020	0,040	20,9	0,21	0,16
5	р. Сухой Корень (0,3 м ³ /с)	2019	1,100	31,0	1,70	1,00
		2020	0,080	67,0	0,37	2,10
6	р. Мокрая Ивица (0,8 м ³ /с)	2019	0,080	11,4	1,10	0,18
		2020	0,090	8,0	0,53	0,17
7	р. Тихая Сосна Кр.Хуторок (4,5 м ³ /с)	2018	0,026	7,4	0,89	–
		2019	0,020	11,6	2,81	–
		2020	0,230	3,7	0,05	0,46
8	р. Тихая Сосна с. Колтуновка (6 м ³ /с)	2018	0,026	6,8	0,91	–
		2019	0,102	10,3	0,93	–
		2020	0,030	4,9	0,05	0,54
9	Родник по ул. Чапаева	2018	0,033	2,6	0,32	–
		2019	0,091	42,3	0,12	–
		2020	0,240	23,5	0,19	0,19
10	Родник «Мазневская криница»	2018	0,0205	0,6	0,31	–
		2019	0,024	5,4	0,17	–
		2020	0,060	21,3	0,05	0,10
11	Пруд Лебяжка	2018	0,036	1,7	1,64	–
		2019	0,021	1,6	1,78	–
		2020	0,100	0,9	2,83	0,10
12	Пруд Ольминский	2018	0,029	2,4	0,81	–
		2019	0,022	0,9	0,63	–
		2020	0,210	0,6	1,00	0,10

*полу жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК р.х.

Подобные высокие значения по всем биогенным элементам здесь можно объяснить наличием в бассейне Сухого Корня 4 производственных площадок животноводческих комплексов, а также маловодностью реки. Значительное негативное воздействие испытывает река Мокрая Ивица, где в пункте отбора проб воды индикаторами негативного сельскохозяйственного воздействия являются нитриты и соли аммония (превышение ПДК в 1,5–2



раза). На характер биогенного загрязнения водных объектов здесь значительное влияние могут оказывать органические и минеральные удобрения, которые попадают в них вместе с грунтовыми водами или в результате водной эрозии с полей сельхозугодий. Это актуально для района исследования в связи с большой долей пашни (более 60 %). В остальных пунктах отбора проб (реки Короча и Корень) участка исследования № 1 превышение ПДК по всем биогенным элементам носит менее систематический характер. Индикаторами сельскохозяйственной нагрузки выступают здесь соли аммония и фосфаты, среднегодовые показатели которых не превышают 1,5–2 ПДК.

В целом условный участок исследования № 2 отличается менее высокими показателями биогенного загрязнения относительно первого. Его отличительной чертой является более выраженная форма загрязнения нитритной и нитратной формами в пунктах отбора проб № 7 (р. Тихая Сосна Кр. Хуторок) и № 9 (Родник по ул. Чапаева) в черте города Алексеевка, что позволяет считать неканализованную селитящую нагрузку основным источником гидрохимического загрязнения на этом участке исследования. При этом в пунктах отбора проб в сельской местности № 8 (р. Тихая Сосна с. Колтуновка), № 10 (Родник «Мазневская криница»), № 11 (Пруд Лебяжка) и № 12 (Пруд Ольминский) нитратная и нитритная формы биогенного загрязнения носят менее выраженный характер, что можно объяснить оттоком сельского населения и уменьшением неканализованного стока на этом участке [Курепина, 2019]. Также стоит отметить высокие уровни загрязнения аммонийным азотом в пунктах № 8 (р. Тихая Сосна с. Колтуновка), № 11 (Пруд Лебяжка) и № 12 (Пруд Ольминский), расположенных в сельской местности, куда традиционно поступает большое количество органического вещества и сопутствующих ему биогенов с полей сельскохозяйственных угодий. Превышение ПДК по показателям аммония в 2–5 раз наблюдается здесь в 85 % случаев.

Таким образом, не смотря на определённое сходство ряда условий формирования гидроэкологической обстановки на участках № 1 и № 2 (высокая доля пашни, сельскохозяйственная нагрузка, малый уровень облесённости) можно отметить некоторые существенные отличия. В частности, участок № 2 содержит значительную долю городской неканализованной селитящей компоненты, участок № 1 имеет более высокие удельные показатели по совокупной антропогенной нагрузке на водосборных территориях в отношении применения органических и минеральных удобрений (в 1,5–5 раз), по удельной животноводческой нагрузке – на 30 %. Вследствие этого показатели содержания загрязняющих веществ в воде на участке № 1 превышают таковые на участке № 2 по нитратам в 2 раза, фосфатам – в 2–4 раза, нитритами – в 1,5 раза. В то же время содержание аммония (индикатор свежего загрязнения) в 3–5 раз больше для 2-го участка.

При корреляционном анализе совокупной выборки показателей загрязнения водных объектов Корочанского и Алексеевского районов тесной связи между данными либо вовсе не наблюдается, либо, в случае пары нитраты-фосфаты $r = 0,75$, она значительно снижается (табл. 5) относительно показателей только для рек Корочанского района.

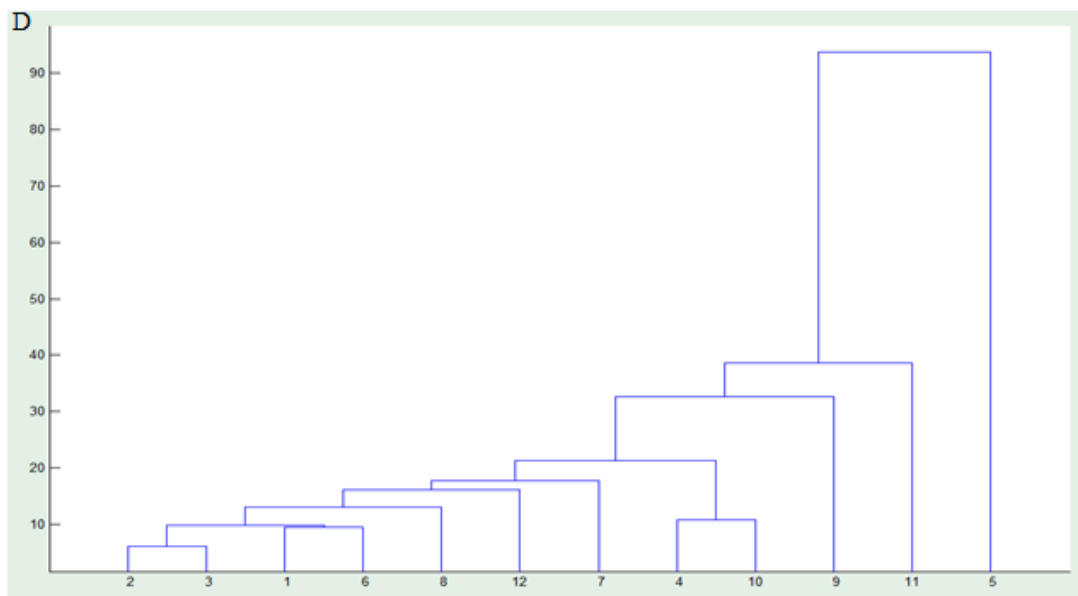
Таблица 5
Table 5

Корреляционная взаимосвязь между биогенными элементами во всех пунктах отбора проб воды
 Correlation relationship between biogenic elements in all water sampling points

	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{2-}
NO_2^-	1,00	0,32	0,22	0,38
NO_3^-	0,32	1,00	-0,09	0,75*
NH_4^+	0,22	-0,09	1,00	-0,05
PO_4^{2-}	0,38	0,75*	-0,05	1,00

*сильная взаимосвязь.

Для определения классификационного сходства объектов по гидрохимическому составу воды была построена дендрограмма (метод Уорда, Евклидово расстояние) на основании показателей гидрохимических элементов (рис. 2).



1 – р. Корень (К1); 2 – р. Корень (КО); 3 – р. Короча (К2); 4 – р. Короча (К3);
5 – р. Сухой Корень (СУ); 6 – р. Мокрая Ивица (МИ); 7 – р. Тихая Сосна (ТС1);
8 – р. Тихая Сосна (ТС2); 9 – Родник Чапаева (Р1); 10 – Родник «Мазневская криница» (Р2);
11 – Пруд Лебяжка (П1); 12 – Пруд Ольмяжский (П2)

Рис. 2. Группировка среднегодовых гидрохимических ситуаций на исследуемых водных объектах, соответствующих № 1–12, в части загрязнения биогенными элементами
Fig. 2. Grouping of average annual hydrochemical situations on the studied water bodies corresponding to № 1–12 in terms of pollution with biogenic elements

Результаты кластерного анализа показали, что все створы по уровню загрязнения, за исключением реки Сухой Корень, группируются в слабо дифференцированный кластер, что в определённой степени обусловлено условиями формирования гидроэкологической и гидрохимической обстановки (водностью, структурой водосборной территории, гидрологическим режимом). При этом река Сухой Корень выделяется в качестве существенно обособленного объекта, что обусловлено её малой водностью и повышенной животноводческой нагрузкой (4 производственных площадки свинокомплексов в бассейне) по сравнению с остальными объектами.

При корреляционном анализе выборки показателей для Корочанского района нитриты имеют тесную связь с аммонием $r = 0,73$, что закономерно, если рассматривать его как предшественника в биохимических трансформациях (табл. 6).

Таблица 6
Table 6

Корреляционная взаимосвязь между биогенными элементами на участке № 1
Correlation relationship between biogenic elements at the first site

	NO_2^-	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{2-}
NO_2^-	1,00	0,35	0,73*	0,38
NO_3^-	0,35	1,00	0,21	0,95*
NH_4^+	0,73*	0,21	1,00	0,22
PO_4^{2-}	0,38	0,95*	0,22	1,00

* сильная взаимосвязь.



Нитраты имеют тесную связь с фосфатами $r = 0,94$, что может объясняться доминированием общих процессов формирования и протекания (в части переноса) геохимических потоков в районах сосредоточения животноводческих комплексов, когда азот и фосфор активно вносятся на территорию сельскохозяйственных угодий и затем происходит их постепенное вымывание в грунтовые воды и далее в реки, причём за время такого транзита аммоний навозных стоков успевает трансформироваться в нитратную форму. Попадание «свежих» стоков от проливов навозных стоков непосредственно в реки или разгрузки сточных вод от неканализованного селитебного сектора, расположенного непосредственно в пойме рек, имеет явно менее выраженное значение вследствие отсутствия тесной связи между показателями фосфаты-аммоний $r = 0,22$ и фосфаты-нитриты $r = 0,38$.

В отличие от участка № 1, по р. Тихая Сосна аммонийный азот и нитраты имеют положительную связь $r = 0,87$, что, возможно, обусловлено общностью происхождения как со стороны животноводческого сектора, так и со стороны селитебных территорий, в первую очередь от г. Алексеевка. В отличие от участка № 1, фосфаты и с аммонием $r = -0,66$, и с нитратами $r = -0,74$ имеют умеренную отрицательную связь, что пока трудно интерпретировать. Возможно, для достоверных результатов требуются значительно большие ряды наблюдений.

Заключение

На основании проведённого исследования сделаны следующие выводы:

1. Наблюдается напряжённая экологическая обстановка на исследуемых водных объектах ввиду наличия значительной доли пашни, а также концентрации большого количества площадок животноводческих комплексов, что становится важным фактором формирования гидроэкологической ситуации в районах исследования.

2. Результаты гидрохимического анализа в пунктах отбора проб воды на исследуемых ключевых участках показали существенные превышения показателей по загрязнению биогенными компонентами. Среднегодовые показатели по нитритам и нитратам систематически превышают ПДК_{р.х.} здесь в 1,5 раза, соли аммония – в 2–5 раз, фосфаты – в 3–10 раз. В пункте отбора проб воды № 5 на р. Сухой Корень превышение ПДК_{р.х.} по всем среднегодовым показателям зафиксировано в 70 % случаев. В пунктах отбора проб воды № 8, 11 и 12 на втором ключевом участке исследования превышение ПДК_{р.х.} по аммонийному азоту наблюдается в 85 % случаев.

3. Результаты корреляционного и кластерного анализа показывают в основном умеренную дифференциацию гидрохимической обстановки на ключевых участках исследования в связи со схожими климатическими условиями, гидрологическим режимом рек, структурой водосборной территории. Существенные отличия реки Сухой Корень обусловлены её малой водностью и повышенной животноводческой нагрузкой по сравнению с остальными объектами.

4. На первом участке подтверждена ключевая роль животноводческой отрасли в формировании гидрохимической ситуации. На втором участке гидрохимическая ситуация формируется как под влиянием животноводческого сектора, так и со стороны неканализованных селитебных территорий, в первую очередь от г. Алексеевка, который обеспечен канализационными сетями не более чем на 50 %.

Список литературы

- Алексеевский Н.И., Кузьмина Е.О., Базелюк А.А. 2014. Термический режим рек на юге европейской территории России. Известия Российской академии Наук. Серия Географическая, 5: 55–66.
- Апухтин А.В., Кумани М.В. 2015. Многолетняя динамика основных элементов весеннего стока малых и средних рек Центрального Черноземья. Научные ведомости Белгородского научного университета. Серия Естественные науки, 21(218): 114–120.
- Барабанов А.Т., Долгов С.В., Коронкевич Н.И. 2018. Влияние современных изменений климата и сельскохозяйственной деятельности на весенний поверхностный склоновый сток в лесостепных и степных районах русской равнины. Водные ресурсы, 45(4): 332–340. DOI: 10.1134/S0321059618040053

- Васюкин О.С. 2013. Прогрессивное развитие свинокомплексов Белгородской области. М., Россельхозиздат, 41 с.
- Гостищев Д.П., Вершинин В.В., Хватыш Н.В. 2015. Утилизация сточных вод и животноводческих стоков на полях орошения. Евразийский союз ученых, 7–7(16): 7–12.
- Киселев В.В., Корнилов А.Г. 2019. Геоэкологические аспекты развития современного интенсивного свиноводства на территории Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(1): 98–108. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108
- Колмыков С.Н. 2006. Краткий анализ воздействия животноводческих комплексов на речные бассейны Белгородской области. В кн.: Регион – 2006: стратегия оптимального развития. Материалы международной научно-практической конференции. Харьков, 15–16 мая 2006. Харьков, ИРО Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина: 214–216.
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутина Е.А., Мельник К.С. 2017а. Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2: 8–23. DOI: 10.15356/0373-2444-2017-2-8-23
- Коронкевич Н.И., Бибилова Т.С., Долгов С.В., Кашутина Е.А., Мельник К.С., Ясинский С.В. 2017б. Гидрологические последствия хозяйственной деятельности на водосборах. В кн.: Водные ресурсы: новые вызовы и пути решения. Сборник научных трудов, посвящённый году экологии в России и 50-летию Института водных проблем РАН. Сочи, 02–07 октября 2017. Сочи, ООО «Лик»: 78–84.
- Кумани М.В., Бабкина О.П. 2005. Изучение трансформации гидрологического режима рек Курской области под влиянием сельскохозяйственного производства. В кн.: Геоэкологические исследования Курской области. Курск, Курский Государственный Университет: 101–111.
- Курепина В.А., Киселев В.В., Корнилов А.Г. 2019. Геоэкологические аспекты развития современного животноводства на территории Алексеевского и Красногвардейского районов Белгородской области. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 43(4): 425–437. DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437
- Лебедева М.Г., Корнилов А.Г., Петина М.А., Вендина Т.Н. 2021. «Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство» как информационная основа реализации политики устойчивого развития региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(2): 75–88. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-75-88
- Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Буряк Ж.А., Павлюк Я.В., Нарожняя А.Г., Землякова А.В., Маринина О.А. 2015. Реки и водные объекты Белогорья. Белгород, Константа, 362 с.
- Решетников В.С., Корнилов А.Г., Лебедева М.Г. 2018. Изменчивость водного режима малых рек (на примере Белгородской области). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 42(1): 71–79. DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79
- Стоящева Н.В. 2018. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Верхней Оби в разные по водности периоды. Известия Алтайского отделения Русского Географического Общества, 4(51): 17–26.
- Ясинский С.В., Гуров Ф.Н., Шилькрот Г.С. 2007. Метод оценки выноса биогенных элементов в овражно-балочную и речную сеть малой реки. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 4: 44–53.
- Ясинский С.В., Сидорова М.В. 2018. Динамика водоёмкости в России и её регионах. Вопросы географии, 145: 406–413.
- Lisetskii F. 2021. Rivers in the Focus of Natural-Anthropogenic Situations at Catchments. Geosciences (Switzerland), 11(2): 1–6. DOI: 10.3390/geosciences11020063
- Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. 2014. Basin Organizations of Nature Use, Belgorod Region. Biogeosystem Technique, 2(2): 163–173. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.163
- Yermolaev O.P., Lisetskii F.N., Marinina O.A., Buryak Z.A. 2015. Basin and Eco-Regional Approach to Optimize the Use of Water and Land Resources. Biosciences Biotechnology, 12: 145–158. DOI: 10.13005/bbra/2021



References

- Alekseevsky N.I., Kuzmina Ye.O., Bazelyuk A.A. 2014. Thermal Regime of the Rivers in the South of European Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 5: 55–66 (in Russian).
- Apukhtin A.V., Kumani M.V. 2015. Longstandig Dynamics of Basic Elements of the Spring Drain of the Small and Middle Rivers of the Central Chernozem Region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 21(218): 114–120 (in Russian).
- Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I. 2018. Effect of Present-Day Climate Changes and Agricultural Activities on Spring Overland Runoff in Forest-Steppe and Steppe Regions of the Russian Plain. *Water Resources*, 45(4): 447–454 (in Russian). DOI: 10.1134/S009780781804005X
- Vasykin O.S. 2013. *Progressivnoye razvitiye svinokompleksov Belgorodskoy oblasti [Progressive Development of Pig Farms of the Belgorod Region]*. Moscow, Publ. Rosselkhozizdat, 41 p.
- Gostishchev D.P., Vershinin V.V., Khvatish N.V. 2015. Disposal of Sewage and Livestock Wastewater Irrigation Fields. *Eurasian Union of Scientists*, 7–7(16): 7–12 (in Russian).
- Kiselev V.V., Kornilov A.G. 2019. Geocological Aspects of Development of Modern Intensive Pig Farming in the Belgorod Region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 43(1): 98–108 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108
- Kalmykov S.N. 2006. *Gidrologicheskiye posledstviya khozyaystvennoy deyatel'nosti na vodosborakh [A Brief Analysis of the Impact of Livestock Complexes on the River Basins of the Belgorod Region]*. In: *Vodnyye resursy: novyye vyzovy i puti resheniya [Region – 2006: Strategy of Optimal Development]*. Materials of the international scientific-practical conference. Kharkiv, 15–16 May 2006. Kharkov, Publ. IRO of Kharkiv National University. V.N. Karazin: 214–216.
- Koronkevich N.I., Barabanova E.A., Georgiadi A.G., Dolgov S.V., Zaitseva I.S., Kashutina E.A., Mel'nik K.S. 2017. Anthropogenic Hydrology: Formation, Methods, Results. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 2: 8–23 (in Russian). DOI: 10.15356/0373-2444-2017-2-8-23
- Koronkevich N.I., Bibikova T.S., Dolgov S.V., Kashutina E.A., Melnik K.S., Yasinskiy S.V. 2017. *Gidrologicheskiye posledstviya khozyaystvennoy deyatel'nosti na vodosborakh [Hydrological Consequences of Watershed Management Activities]*. In: *Vodnyye resursy: novyye vyzovy i puti resheniya [Water Resources: New Challenges and Solutions]*. Collection of Scientific Papers on the Year of Ecology in Russia and the 50th Anniversary of the Institute of Water Problems. Sochi, 02–07 October 2017. Sochi, Publ. OOO «Lik»: 78–84.
- Kumani M.V., Babkina O.P. 2005. *Izucheniye transformatsii gidrologicheskogo rezhima rek Kurskoy oblasti pod vliyaniyem selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Study of the transformation of the hydrological regime of the rivers of the Kursk region under the influence of agricultural production]*. In: *Geoekologicheskiye issledovaniya Kurskoy oblasti [Geocological studies of the Kursk region]*. Kursk, Publ. Kursk State University: 101–111.
- Kurepina V.A., Kiselev V.V., Kornilov A.G. 2019. Geocological Aspects of Development of Modern Livestock on the Territory of Alekseevsky and Krasnogvardeysky Area of Belgorod Region. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series*, 43(4): 425–437 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437
- Lebedeva M.G., Kornilov A.G., Petina M.A., Vendina T.N. 2021. "Geographical Atlas of the Belgorod Region: Nature, Society, Economy" as an Information Basis for the Implementation of the Sustainable Development Policy of the Region. *InterCarto. InterGIS*, 27(2): 75–88 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-75-88
- Lisetskii F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A., Pavlyuk Ya.V., Narozhnyaya A.G., Zemlyakova A.V., Marinina O.A. 2015. *Reki i vodnyye obyekt'y Belogoria [Rivers and Water Bodies of Belogorye]*. Belgorod, Publ. Konstanta, 362 p.
- Reshetnikov V.S., Kornilov A.G., Lebedeva M.G. 2018. Variability of the Water Regime of Small Rivers (on the Example of the Belgorod Region). *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series*, 42(1): 71–79 (in Russian). DOI: 10.18413/2075-4671-2018-42-1-71-79
- Stoyashcheva N.V. 2018. Assessment of Anthropogenic Load on Water Bodies of the Upper Ob Basin in Different Water Content Periods. *Bulletin of the Altay Branch of the Russian Geographical Society*, 4(51): 17–26 (in Russian).
- Easinsky S.V., Goorov F.N., Shilkrot G.S. 2007. *Metod otsenki vynosa biogennykh elementov v ovrazhno-balochnyuyu i rechnuyu set maloy reki [Method of Drifted-Over Evaluation of Biogenic Elements to Ravine-Balka and River System by Small River]*. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, 4: 44–53.

- Easinsky S.V., Sidorova M.V. 2018. Dynamics of Water Intensity of the Economy in Russia and Its Regions. Questions of geography, 145: 406–413 (in Russian).
- Lisetskii F. 2021. Rivers in the Focus of Natural-Anthropogenic Situations at Catchments. Geosciences (Switzerland), 11(2): 1–6. DOI: 10.3390/geosciences11020063
- Lisetskii F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. 2014. Basin Organizations of Nature Use, Belgorod Region. Biogeosystem Technique, 2(2): 163–173. DOI: 10.13187/bgt.2014.2.163
- Yermolaev O.P., Lisetskii F.N., Marinina O.A., Buryak Z.A. 2015. Basin and Eco-Regional Approach to Optimize the Use of Water and Land Resources. Biosciences Biotechnology, 12: 145–158. DOI: 10.13005/bbra/2021

*Поступила в редакцию 20.12.2022;
поступила после рецензирования 18.01.2023;
принята к публикации 06.02.2023*

*Received December 02, 2022;
Revised January 18, 2023;
Accepted February 06, 2023*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Корнилов Андрей Геннадьевич, доктор географических наук, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Киселев Владислав Викторович, кандидат географических наук, преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин, Белгородский университет кооперации, экономики и права г. Белгород, Россия

Курепина Виктория Александровна, аспирант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Лопина Елена Михайловна, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Боровлев Андрей Эдуардович, кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrey G. Kornilov, Doctor of Geography, Head of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Vladislav V. Kiselev, Candidate of Geographical Sciences, Lecturer of the Chair of Natural Sciences of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

Viktoria A. Kurepina, Postgraduate Student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Elena M. Lopina, Candidate of Geographical Sciences, docent of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia

Andrey E. Borovlev, Candidate of Geographical Sciences, docent of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russia