



УДК 504.504

DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-3-368-381

Оценка гидрохимического состояния малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий

¹Киселев Вл.В., ²Корнилов А.Г., ²Киселев Вик.В., ²Корнилов А.А.

¹Белгородский университет кооперации, экономики и права
Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: vladislav_kiselev_93@mail.ru, kornilov@bsu.edu.ru, 797146@bsu.edu.ru, 1759204@bsu.edu.ru

Аннотация. В данной статье приведены основные результаты гидрохимического мониторинга (по данным Росгидромета) малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий. На основе комплексного комбинированного показателя степени загрязнённости поверхностных вод (УКИЗВ) выявлен умеренный положительный тренд загрязнённости исследуемых рек (рост до 20 %) в пределах рассматриваемого периода. Определены характерные загрязняющие вещества на каждом из водных участков. В результате установлено, что биогенная нагрузка по азоту и фосфатам дифференцируется в зависимости от источника сельскохозяйственного воздействия на малые реки. Участки исследуемых рек, где преобладает неканализованный сельский сток, как правило, подвержены фосфатному (PO_4^{3-}) и аммонийному (NH_4^+) загрязнению (рост показателей до 35 %). Малые реки, расположенные в зоне функционирования животноводческих площадок агропромышленного комплекса, имеют тенденцию к пиковым концентрациям загрязнения соединениями нитратов (NO_3^-) и нитритов (NO_2^-) в период активного функционирования животноводческого производства. Данная тенденция подтверждает общий тренд формирования гидроэкологической ситуации в Белгородской области на фоне интенсификации сельскохозяйственной отрасли региона.

Ключевые слова: гидрохимические показатели, Белгородская область, малые реки, гидроэкологическая ситуация, сельские территории, показатель УКИЗВ

Для цитирования: Киселев Вл.В., Корнилов А.Г., Киселев Вик.В., Корнилов А.А. 2024. Оценка гидрохимического состояния малых рек Белгородской области в пределах сельских территорий. Региональные геосистемы, 48(3): 368–381. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-368-381

Assessing the Hydrochemical State of Small Rivers within Rural Areas of Belgorod Region

¹Vladislav V. Kiselev, ²Andrey G. Kornilov, ²Viktor V. Kiselev, ²Andrey A. Kornilov

¹Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,
116a Sadovaya St, Belgorod 308023, Russia

²Belgorod State National Research University,
85 Pobedy St, Belgorod 308015, Russia

E-mail: vladislav_kiselev_93@mail.ru, kornilov@bsu.edu.ru, 797146@bsu.edu.ru, 1759204@bsu.edu.ru

Abstract. This article presents the main results of hydrochemical monitoring of small rivers in rural areas of Belgorod region, based on Roshydromet data. Using a specific combinatorial water pollution index (SCWPI), we revealed a moderate positive trend in the pollution of the studied rivers (an increase of up to 20 %) within the period under review. The characteristic pollutants in each of the water areas were identified. As a result, it was found that the biogenic load of nitrogen and phosphates is differentiated depending on the source of agricultural impact on small rivers. The areas of the studied rivers, where non-

channeled rural runoff prevails are usually susceptible to phosphate (PO_4^{3-}) and ammonium (NH_4^+) pollution (an increase of up to 35 %). Small rivers located close to livestock farms—tend to peak concentrations of pollution with nitrate (NO_3^-) and nitrite (NO_2^-) compounds during the operation of livestock production. This trend confirms the general trend in the formation of the hydroecological situation in Belgorod region against the backdrop of the region's agribusiness intensification.

Keywords: hydrochemical indicators, Belgorod region, small rivers, hydroecological situation, rural areas, specific combinatorial water pollution index

For citation: Kiselev V.I., Kornilov A.G, Kiselev Vik.V., Kornilov A.A. 2024. Assessing the Hydrochemical State of Small Rivers within Rural Areas of Belgorod Region. Regional Geosystems, 48(3): 368–381 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-368-381

Введение

Масштабы развития сельскохозяйственного производства в пределах Белгородской области в последние годы приобретают небывалый размах, что не может не сказываться на экологическом состоянии всех компонентов природы. В особенности страдают близлежащие поверхностные водные объекты [Лисецкий и др., 2015; Коронкевич и др., 2018].

Доля сельскохозяйственных земель в общей структуре земельного фонда региона составляет более 70 %, из них практически 80 % занимает пашня. Основными загрязняющими веществами в диффузном стоке с сельскохозяйственных угодий являются остатки органических и минеральных удобрений, ядохимикаты и др. [Buryak et al., 2022].

Отдельно стоит отметить загрязнение малых рек Белгородской области стоками животноводческих комплексов, так как регион является одним из лидеров России по развитию животноводческой отрасли, а по темпам развития свиноводства занимает первое место в стране [Колмыков, 2006; Назаренко и др., 2013; Буряк, 2023].

Как следствие, интенсификация сельскохозяйственного производства близ водных объектов негативно отражается на их гидрохимических характеристиках, что можно рассматривать в качестве основного индикатора отрицательного влияния на водную среду. [Кумани, 2005; Коронкевич и др., 2017; Стоящева, 2018; Ясинский, 2007, 2018].

Также негативное влияние на гидрохимическую ситуацию в районах развития сельского хозяйства Белгородской области оказывают малые населённые пункты с неканализованной сельской застройкой. Общее число сельских населённых пунктов в Белгородской области составляет более 1500 единиц, а численность сельского населения – около 500 тыс. человек, что составляет 1/3 от общей численности населения. В связи с этим можно сделать вывод, что диффузный неканализованный сток сельских населённых пунктов в значительной мере определяет экологическое состояние малых рек региона [Lisetskii et al., 2014; Yermolaev et al., 2015].

Таким образом, целью работы является гидрохимический анализ водных характеристик малых рек Белгородской области в районах сельских территорий.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования рассматривались малые реки Белгородской области в пределах сельских территорий с расположенными на них створами Росгидромета (рис. 1): р. Ворскла, р. Оскол, р. Тихая Сосна, р. Северский Донец, р. Короча, р. Нежеголь. Период исследования составил 15 лет (с 2008 по 2022 г.).

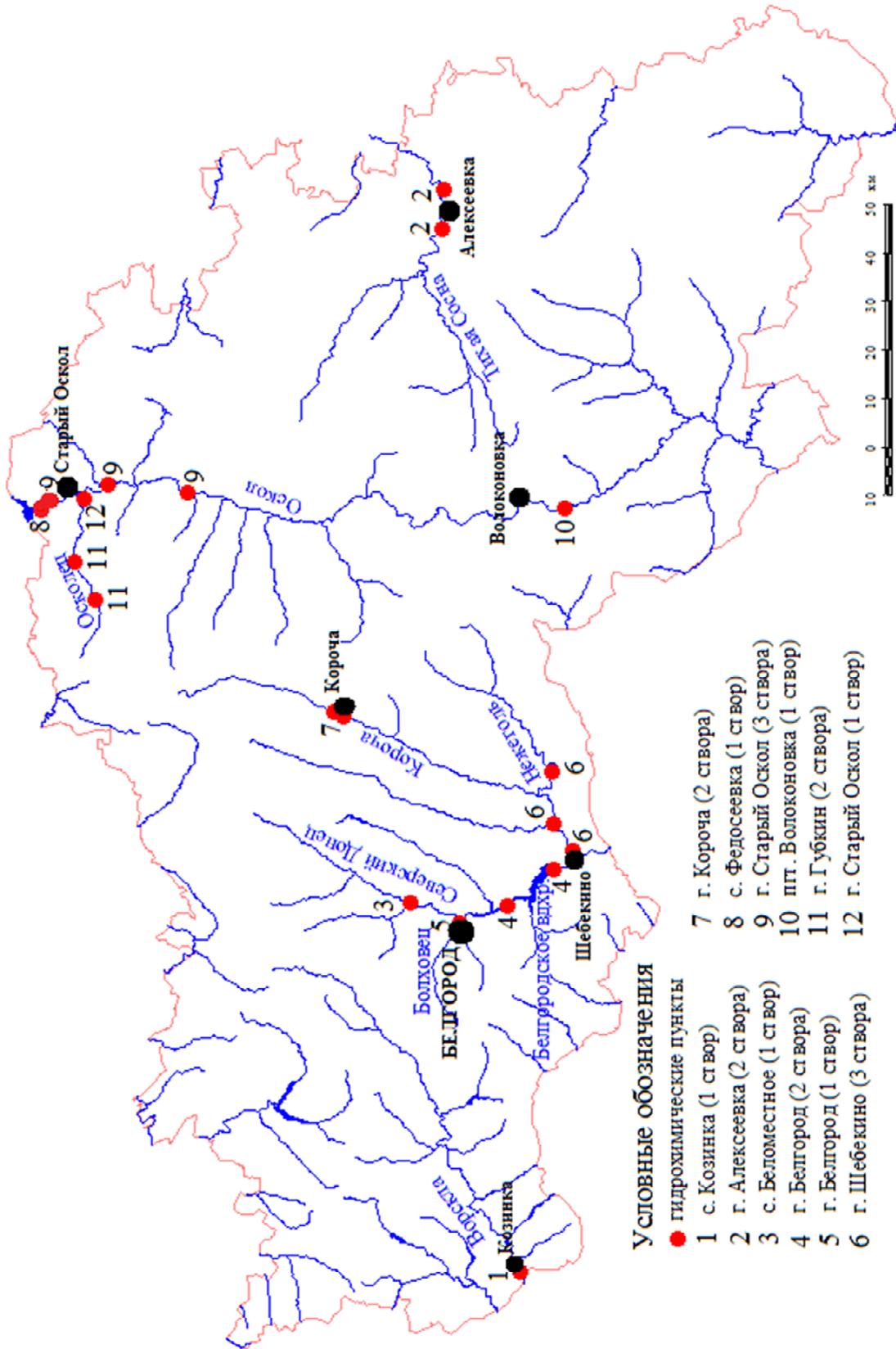


Рис. 1. Размещение анализируемых створов (посты Росгидромета) [Ежегодники качества..., 2023]

Fig. 1. Placement of analyzed doors (Roshydromet posts) [Quality Yearbooks..., 2023]

Для исследования были выбраны следующие участки рек:

р. Оскол – 2 створа:

1) 25,0 км ниже г. Старый Оскол, в черте с. Ивановка (№ 9);

2) 8,0 км ниже пгт. Волоконовка, у с. Пятницкое (№ 10);

р. Тихая Сосна – створ у с. Ильинка, 1 км выше г. Алексеевка (№ 2);

р. Ворскла – створ в пределах с. Козинка (№ 1);

р. Северский Донец – створ у с. Беломестное (№ 3);

р. Нежеголь – створ в 16 км выше г. Шебекино (№ 6);

р. Короча – створ в 1,5 км выше г. Короча (№ 7).

Выбранные участки рек могут служить информационной базой гидрохимического загрязнения в пределах исследуемых сельских территорий.

Оценка антропогенной сельскохозяйственной нагрузки на исследуемые малые реки представлена в табл. 1 и 2. [Географический атлас., 2017; Статистический бюллетень, 2021; Экспертно-аналитический., 2024].

Таблица 1
Table 1

Сельскохозяйственная нагрузка на исследуемые малые реки в зоне интенсивного животноводства
Agricultural load on the studied small rivers in the zone of intensive animal husbandry

Сельскохозяйственная нагрузка		Корочанский район (р. Короча)	Белгородский район (р. Сев. Донец)	Шебекинский район (р. Нежеголь)
Сельскохозяйственные угодья (га)	пашня	91556	89174	104915
	пастбища	20372	17387	18766
Животноводческая нагрузка (шт.)	Свиней	438296	164 985	209 029
	КРС	9 171	9 483	10 812
	Птиц	783 800	2290000	5065600
Внесение органических удобрений, т/га		51	63	15,6
Внесение минеральных удобрений, кг/га	Азотные	790	747	346
	Фосфорные	180	136	89
	Калийные	200	158	112

Таблица 2
Table 2

Антропогенная нагрузка на исследуемые малые реки
со стороны прилегающего неканализованного частного сектора
Anthropogenic pressure on the studied small rivers from the adjacent non-regulated private sector

Сельский населённый пункт	с. Ильинка (р. Тихая Сосна)	с. Козинка (р. Ворскла)	с. Ивановка (р. Оскол)	с. Пятницкое (р. Оскол)
Численность населения, чел.	1367	1352	579	4160
Количество сточных вод, м ³ /год*	7519	7436	3185	22880

*Нормативный показатель сточных вод от 1 человека в сельской местности 5,5 м³/год

Исследуемые гидрохимические створы можно условно разделить по степени влияния на них сельскохозяйственной нагрузки.



Пункты гидрохимического мониторинга на реках Северский Донец, Короча и Нежеголь находятся в районах влияния интенсивной животноводческой отрасли региона.

В свою очередь створы на реках Тихая Сосна, Ворскла и Оскол находятся в пределах малых сельских пунктов, результатом чего может быть негативное воздействие на водную среду неканализованного сельского стока.

Результаты и их обсуждение

Основной этап исследования включил изучение гидрохимического состояния исследуемых участков, подверженных влиянию сельскохозяйственного производства.

Данные по загрязнению исследуемых рек брались с ближайших к исследуемым сельским населённым пунктам створов Росгидромета.

В рамках гидрохимического мониторинга была рассмотрена удельная величина комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ). Результат по исследуемым створам рек представлен в виде табл. 3.

В результате анализа таблицы выявлено, что динамика комплексного комбинированного показателя степени загрязнённости поверхностных вод (УКИЗВ) показывает умеренный положительный тренд загрязнённости (рост в пределах 10 %) на всех исследуемых реках. При этом на р. Ворскле (рис. 2) и на обоих створах р. Оскол (рис. 3), расположенных в пределах сельских населённых пунктов, тренд роста УКИЗВ более значителен (до 25 %). Подобный результат говорит о возрастающем влиянии селитебно-сельскохозяйственной нагрузки на водную среду в пределах рассматриваемых сельских территорий.

Таблица 3
Table 3

Показатели УКИЗВ* на исследуемых створах рек
Specific combinatorial water pollution index in the studied riverbeds

№ п/п	Год	р. Оскол		р. Тихая Сосна	р. Ворскла	р. Короча	р. Северский Донец	р. Нежеголь
		створ 25,0 км ниже г. Старый Оскол, в черте с. Ивановка, у моста	створ 8,0 км ниже пгт. Волоконовка, 0,5 км ниже с. Пятницкое, 1,5 км ниже моста	створ г. Алексеевка, 1 км выше города, у моста	створ у с. Козинка	Короча (1,5 км выше г. Короча)	Сев. Донец (7 км выше г. Белгород, с. Беломестное)	Нежеголь (16 км выше г. Шебекино)
1	2008	3,52	3,27	3,32	3,75	3,30	3,13	2,94
2	2009	4,58	2,29	3,29	3,24	2,58	2,76	2,49
3	2010	4,44	2,69	2,27	2,99	2,62	2,62	2,65
4	2011	4,19	3,48	2,18	3,15	3,44	3,11	2,84
5	2012	4,40	3,32	2,72	2,80	2,30	2,88	2,66
6	2013	4,45	2,81	2,31	2,72	2,50	2,10	2,20
7	2014	4,07	3,09	2,19	2,71	3,07	2,51	2,11
8	2015	4,19	2,96	1,70	2,42	2,79	2,31	1,99
9	2016	4,22	2,98	3,10	3,06	2,88	2,02	2,99
10	2017	4,37	3,93	2,38	2,01	2,29	2,45	2,14
11	2018	4,17	3,15	2,67	3,00	4,00	2,78	3,21
12	2019	4,56	3,65	3,48	3,19	3,18	2,98	3,17
13	2020	4,51	3,10	3,12	3,85	3,29	2,68	2,91
14	2021	4,99	3,48	2,56	3,55	3,98	3,09	3,15
15	2022	5,13	3,51	2,25	4,38	2,76	2,58	2,26

*УКИЗВ – удельная величина комбинаторного индекса загрязнённости воды, представляющая комплексный относительный показатель степени загрязнённости поверхностных вод, условно оценивающий в виде безразмерного числа долю загрязняющего эффекта, вносимого в общую степень загрязнённости воды, обусловленную одновременным присутствием ряда загрязняющих веществ.

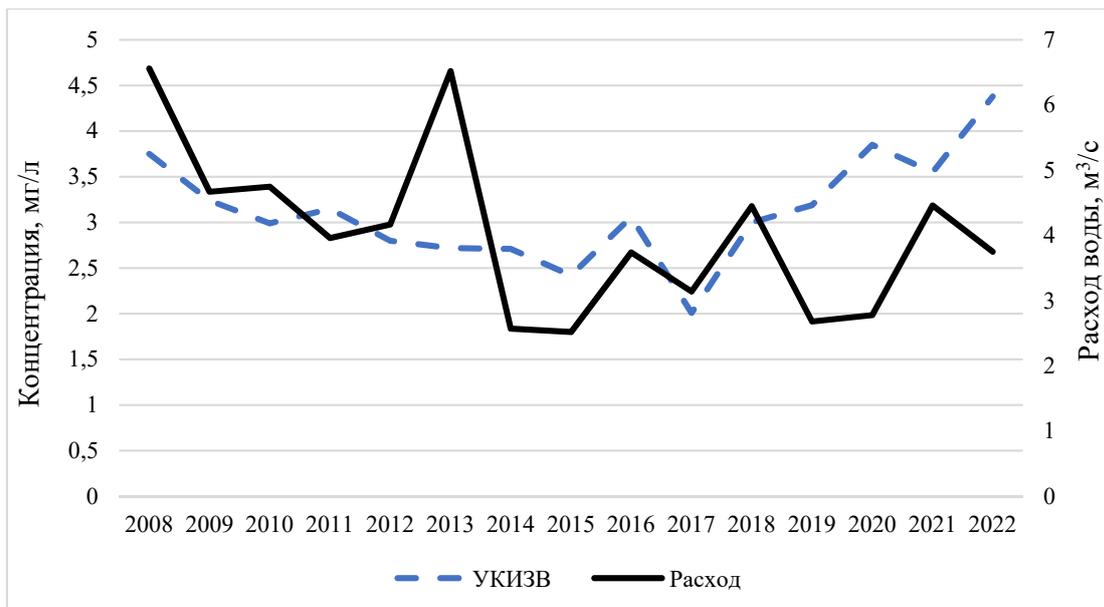


Рис. 2. Динамика УКИЗВ на реке Ворскле (с. Козинка)
Fig. 2. SCWPI dynamic in the Vorskla River (Kozinka village)

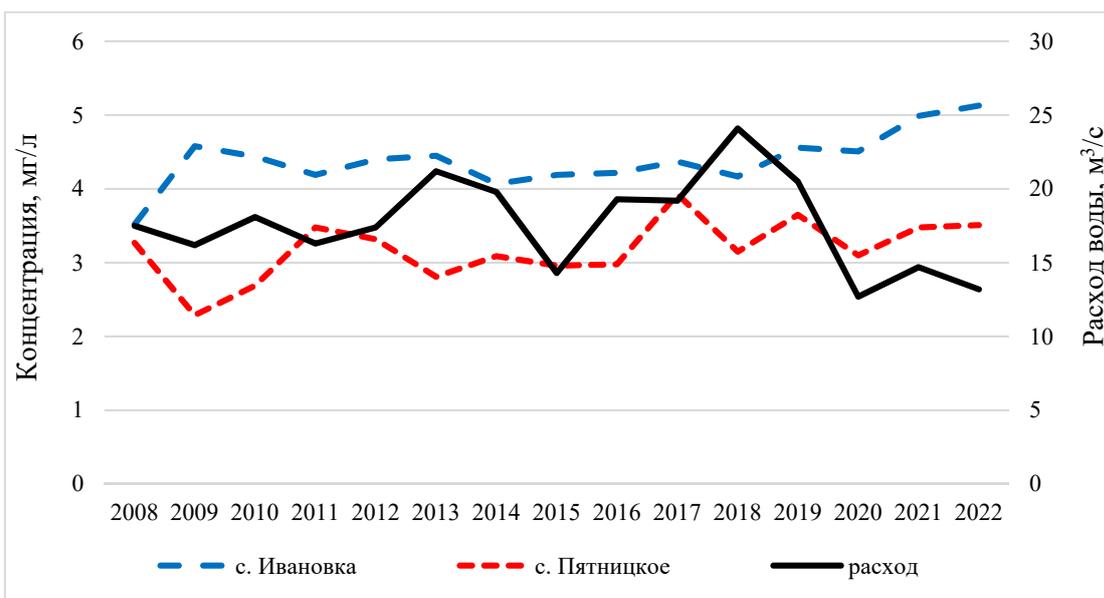


Рис. 3. Динамика УКИЗВ на реке Оскол
Fig. 3. SCWPI dynamic in the Oskol River

В табл. 4 отображены гидрохимические показатели класса качества воды в створах исследуемых рек в 2022 году.

Как видно из таблицы, экологическое состояние исследуемых участков малых рек в целом неудовлетворительно. В большинстве случаев качество вод оценивается как «загрязнённая» или «грязная». Характерными загрязняющими веществами во всех реках, как правило, являются сульфаты, азот нитритный, соединения меди, соединения фосфатов.

Также наблюдаются стабильные концентрации активного кислорода в воде (БПК₅), что говорит о повышенном содержании здесь органического вещества.



Таблица 4
Table 4

Гидрохимические показатели класса качества воды в створах исследуемых рек (Росгидромет)
Hydrochemical indicators of the water quality class in the channels of the studied rivers (Roshydromet)

№ п/п	Река (створ)	УКИЗВ	Класс качества воды	Качество вод	Характерные загрязняющие вещества
1	Северский Донец (с. Беломестное)	2,58	3а	загрязнённая	NO ₂ ⁻ , Cu, Mn, Fe, SO ₄ ²⁻ , БПК ₅
2	Тихая Сосна (1 км выше г. Алексеевка, близ с. Ильинка)	2,25	3а	загрязнённая	NO ₂ ⁻ , Mn, SO ₄ ²⁻ , БПК ₅
3	Ворскла (с. Козинка)	4,38	4а	грязная	Fe, NO ₂ ⁻ , Cu, PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻ , БПК ₅ , Mg
4	Оскол (с. Пятницкое)	3,51	3б	очень загрязнённая	NO ₂ ⁻ , Cu, PO ₄ ³⁻ , Zn, БПК ₅ , NH ₄ ⁺
5	Оскол (с. Ивановка)	5,13	4б	грязная	NO ₂ ⁻ , Cu, PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻ , БПК ₅ , Mn, Fe, NH ₄ ⁺
6	Нежеголь (16 км выше г. Шебекино)	2,13	3а	загрязнённая	Cu, БПК ₅ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻
7	Короча (1,5 км выше г. Короча)	2,76	3а	загрязнённая	Cu, БПК ₅ , SO ₄ ²⁻ , NH ₄ ⁺

На всех исследуемых створах основными источниками антропогенного воздействия являются сельские населённые пункты, поля сельскохозяйственных угодий, а также предприятия животноводческой отрасли.

Проведённые ранее исследования [Киселев, Корнилов, 2019; Курепина, 2019] показали, что формирование гидроэкологической ситуации в пределах Белгородского региона складывается под влиянием 2 факторов, связанных:

- А) с оттоком населения из малых сельских поселений;
- Б) с интенсификацией животноводческого комплекса региона.

Данная тенденция коррелирует с динамикой поступления биогенных веществ в малые реки региона, выявленной при полевых гидрохимических исследованиях [Корнилов и др., 2023].

Мы решили проверить данную гипотезу на основе мониторинговых данных Росгидромета в части биогенного загрязнения (азот и фосфаты) применительно к исследуемым участкам малых рек в пределах сельских агроландшафтов.

В результате дифференциации исследуемых участков малых рек по степени сельскохозяйственного воздействия можно выявить следующие закономерности:

- 1) На участках рек в зоне влияния интенсивного животноводства на примере нитратов (рис. 4) и отчасти нитритов (рис. 5) выявлен определённый рост концентраций загрязняющих веществ в 2011–2015 гг., что связано с началом активной деятельности свинокомплексов, при ещё недостаточно отрегулированной системе обращения с отходами. В дальнейшем на постах наблюдений ситуация в отношении нитратов и нитритов улучшилась.

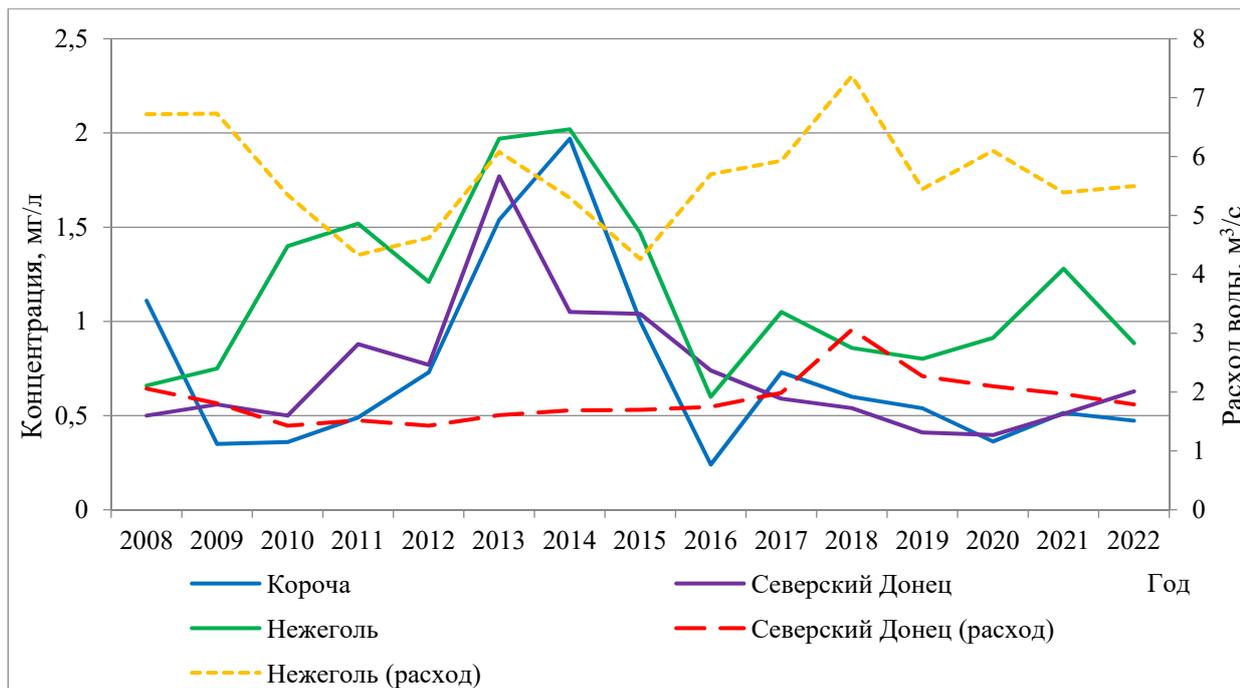


Рис. 4. Содержание нитратов в исследуемых реках (Росгидромет)
Fig. 4. Nitrate content in the rivers under study (Roshydromet)

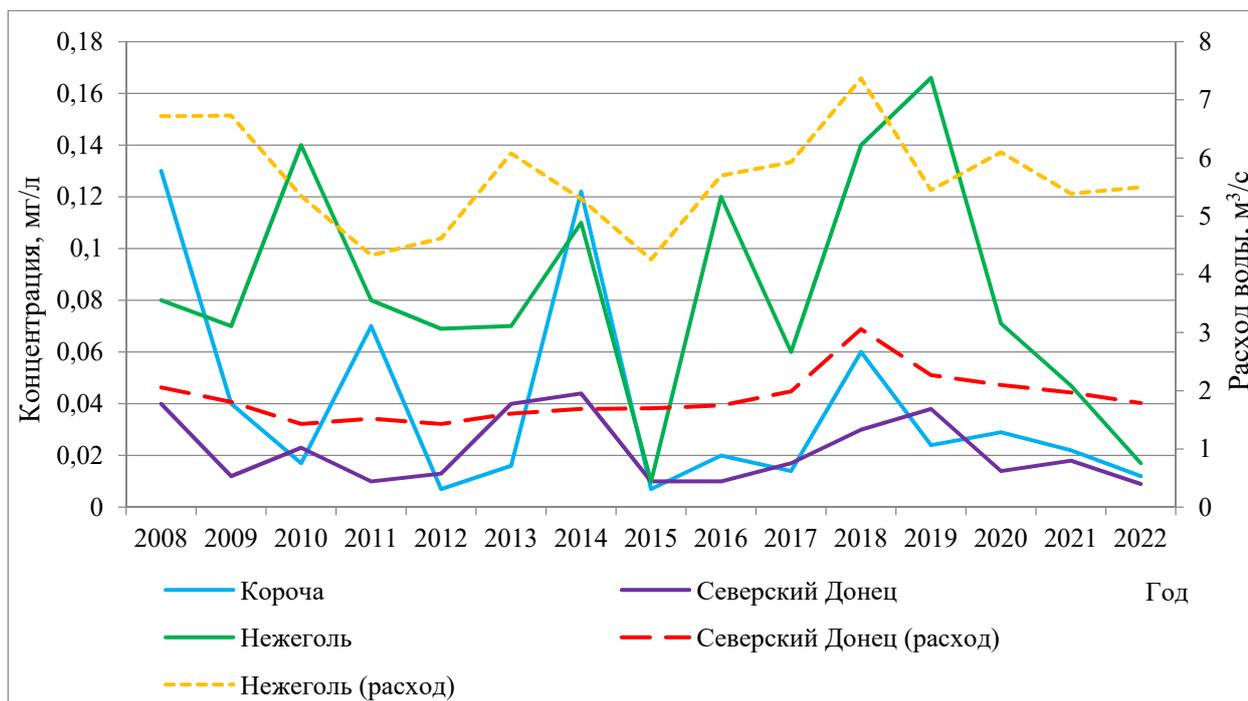


Рис. 5. Содержание нитритов в исследуемых реках (Росгидромет)
Fig. 5. Nitrite content in the rivers under study (Roshydromet)

Подобной тенденции увеличения соединений фосфатов в реках в связи с массовым строительством животноводческих комплексов не наблюдается вследствие присутствия большого количества соединений кальция в почвах и подстилающих породах на территории Белгородской области, что замедляет их почвенно-грунтовую диффузию и, как следствие, – попадание в водные объекты.

Условно стабильный уровень содержания аммония в исследуемых водных объектах в период интенсивного развития свиноводческого производства можно объяснить значительной трансформацией первичных солей аммония в составе навозных стоков в нитратную форму, которую обуславливает опосредованное поступление загрязняющих веществ в реки через предварительную стадию внесения навоза на поля сельскохозяйственных угодий.

2) Гидрохимическая ситуация в части биогенного загрязнения на участках исследуемых рек преимущественно с селитренным неканализованным воздействием показывает тренд последовательного сокращения нитратного и нитритного загрязнения, что является индикатором уменьшения селитренной нагрузки в результате оттока сельского населения в районах исследования. В тоже время, наблюдается стабильный рост содержания солей аммония (за исключением р. Тихая Сосна) (рис. 6, 7) и в особенности фосфатов (рис. 8–10) в рассматриваемых реках на протяжении всего исследуемого периода. Наибольших значений эти показатели достигают в сельских створах р. Оскол (рост до 35 %). Это может объясняться, помимо воздействия сельских агроландшафтов, опосредованным влиянием сточных вод селитренно-промышленных территорий г. Старый Оскол, а также комплексом промышленных предприятий Стойленского горно-обогатительного комбината (для створа в с. Ивановка, что в 25 км ниже по течению от г. Старый Оскол), а также близостью пгт. Волоконовка к гидрохимическому створу в с. Пятницкое.

Также стабильный рост аммонийно-фосфатного загрязнения характерен для исследуемого сельского створа на реке Ворскле (близ села Козинка). Стоит отметить, что на всём протяжении река Ворскла испытывает воздействие неорганизованного стока с селитренно-промышленной территории (п. Яковлево, п. Томаровка, п. Борисовка, г. Грайворон), с территории сельскохозяйственных угодий, населённых пунктов сельского типа, а также организованного сброса сточных вод Яковлевского рудника.

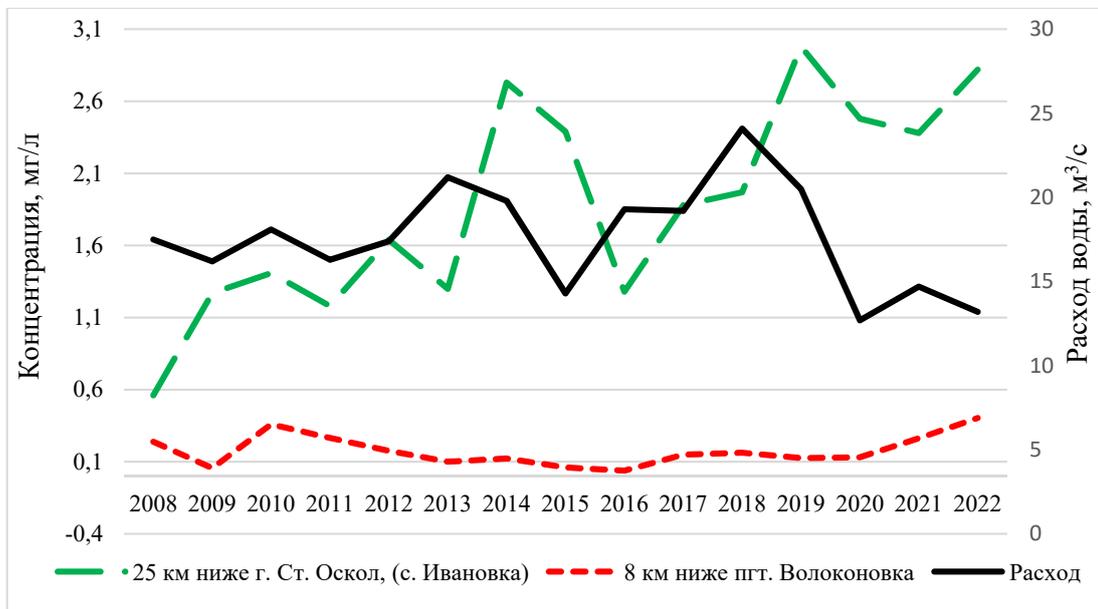


Рис. 6. Содержания солей аммония (NH_4^+) в р. Оскол
 Fig. 6. Content of ammonium salts (NH_4^+) in the Oskol River

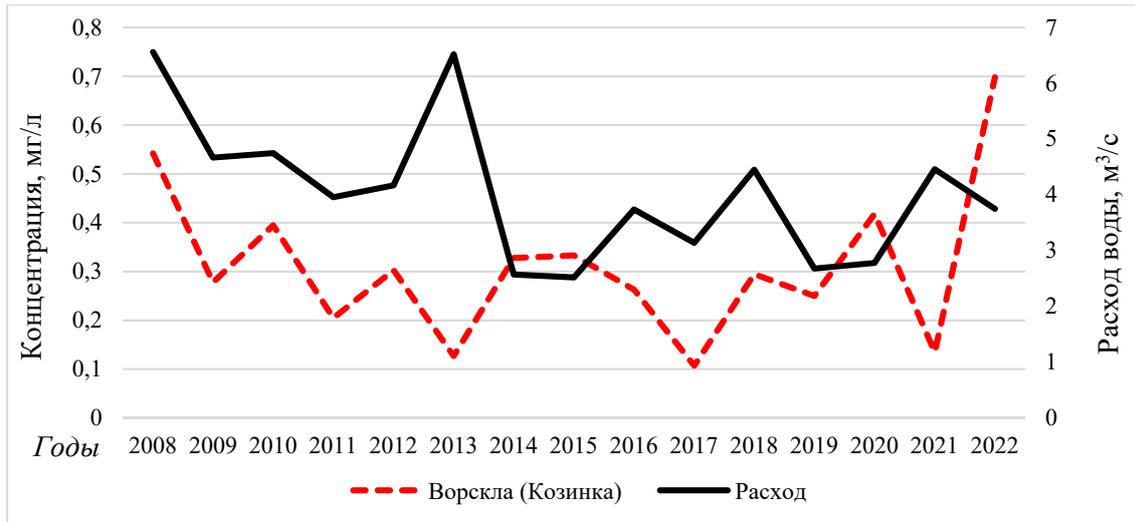


Рис. 7. Содержания солей аммония (NH_4^+) в р. Ворскле
Fig. 7. Content of ammonium salts (NH_4^+) in the Vorskla River

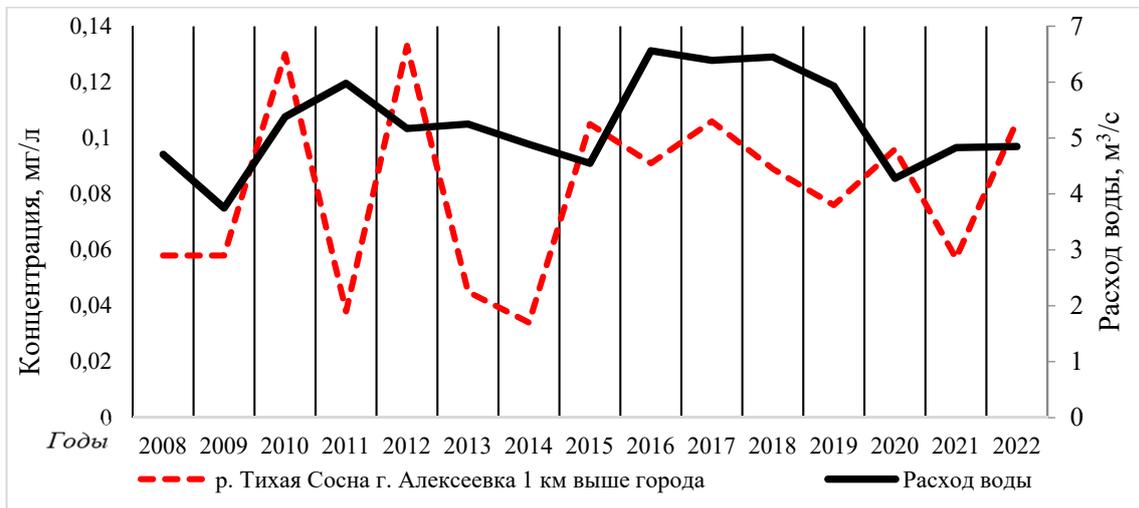


Рис. 8. Содержания фосфатов (PO_4^{3-}) в р. Тихая Сосна
Fig. 8. Phosphate (PO_4^{3-}) content in the Tikhaya Sosna River

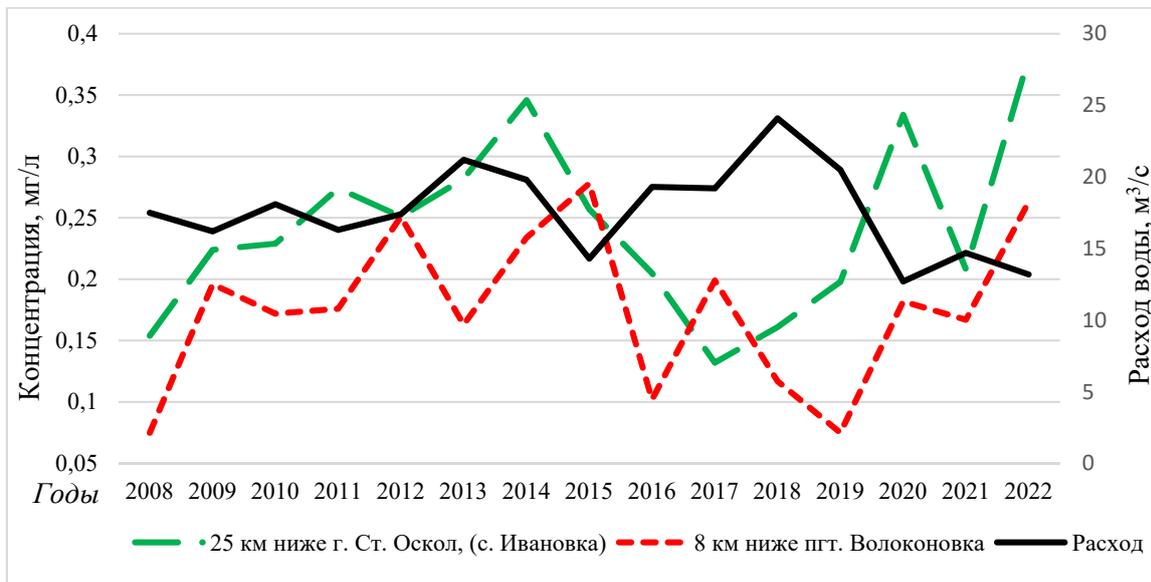


Рис. 9. Содержание фосфатов (PO_4^{3-}) в р. Оскол
Fig. 9. Phosphate (PO_4^{3-}) content in the Oskol River

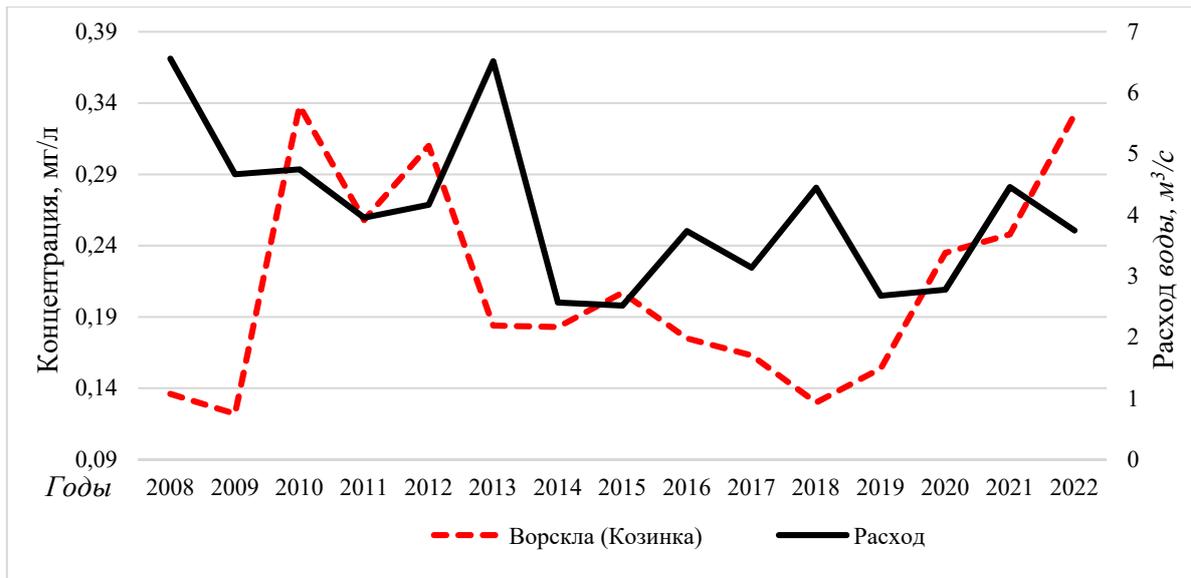


Рис. 10. Содержание фосфатов (PO_4^{3-}) в р. Ворскле (Козинка)
Fig. 10. Phosphate content (PO_4^{3-}) in the Vorskla (Kozinka) river

Заклучение

Исследуемые сельскохозяйственные территории оказывают существенное влияние на формирование экологического состояния малых рек в районах рассматриваемых створов Росгидромета. При этом ассимиляционные возможности рек ещё не исчерпаны, что создаёт относительно стабильную гидрохимическую ситуацию по всем загрязняющим элементам.

Удельная величина комбинаторного индекса загрязнённости воды (УКИЗВ) по исследуемым створам рек отражает последовательно возрастающую динамику загрязнения на всех реках (в пределах 20 %) за исследуемый период, что говорит о возрастающем влиянии сельскохозяйственной нагрузки на водную среду в пределах рассматриваемых сельских территорий.

Ряд ключевых индикаторов исследуемых малых рек, таких как нитраты и нитриты, имеет отрицательный тренд загрязнения на протяжении рассматриваемого периода, что является следствием тенденции заметного сокращения численности сельского населения в малых населённых пунктах, характерного для всей Белгородской области. При этом здесь рост показателей по содержанию солей аммония и фосфатам (до 35 %) связан с другими источниками антропогенного воздействия, что требует дополнительного изучения.

Малые реки, расположенные в зоне функционирования животноводческих площадок агропромышленного комплекса, имеют тенденцию к пиковым концентрациям загрязнения соединениями нитратов и нитритов в период активного функционирования животноводческого производства. В дальнейшем ситуация по этим показателям на постах Росгидромета несколько улучшилась, что может быть связано с усовершенствованием системы переработки и утилизации отходов на животноводческих предприятиях.

Список источников

- Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство. 2017. Отв. ред. А.Г. Корнилов. Белгород, БелГУ, 200 с.
- Ежегодники качества поверхностных вод и эффективности проведенных водоохранных мероприятий по территории деятельности ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» за 2008–2022 г. 2023. Курск, Министерство природных ресурсов Российской Федерации Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Статистический бюллетень. 2021 г. Сведения о внесении органических и минеральных удобрений под урожай. Белгород, Белгородстат.
Экспертно-аналитический центр агробизнеса. Электронный ресурс. URL: <http://www.ab-centre.ru>
(дата обращения: 25 мая 2024).

Список литературы

- Буряк Ж.А. 2023. Анализ угрозы загрязнения рек Белгородской области от свиноводческих комплексов с использованием цифровой модели рельефа. В кн.: Актуальные проблемы математики и естественных наук. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения к.п.н., доцента В.Л. Рабиновича, Петропавловск-Баку-Сургут, 23 мая 2023. Петропавловск-Баку-Сургут, Некоммерческое акционерное общество «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»: 92–97.
- 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. <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108>.
- 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. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87>
- Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., Георгиади А.Г., Долгов С.В., Зайцева И.С., Кашутин Е.А., Мельник К.С. 2017. Гидрология антропогенного направления: становление, методы, результаты. Известия Российской академии наук. Серия географическая, 2: 8–23. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-2-8-23>
- Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Ясинский С.В. 2018. О гидрологических изменениях. Вопросы географии, 145: 15–34.
- Колмыков С.Н., Корнилов А.Г. 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.
- 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. <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437>.
- 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.
- Назаренко В.Н., Кожуховская Е.А., Костенко Т.В. 2013. Развитие свиноводства в Белгородской области. В кн.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Материалы V международной научной конференции, Белгород, 28–31 октября 2013. Белгород, НИУ БелГУ: 294–296.
- 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.
- Buryak Z., Lisetskii F., Gusarov A., Narozhnyaya A., Kitov M. 2022. Basin-Scale Approach to Integration of Agro- and Hydroecological Monitoring for Sustainable Environmental Management: A Case Study of Belgorod Oblast, European Russia. Sustainability, 14(2): 927. <https://doi.org/10.3390/su14020927>



- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.13005/bbra/2021>

References

- Buryak Zh.A. 2023. Analiz ugrozy zagryazneniya rek Belgorodskoy oblasti ot svinovodcheskikh kompleksov s ispolzovaniyem tsifrovoy modeli relyefa [Analysis of the Threat of Pollution of Rivers in the Belgorod Region from Pig-Breeding Complexes Using a Digital Elevation Model]. In: Aktualnyye problemy matematiki i estestvennykh nauk [Actual Problems of Mathematics and Natural Sciences]. Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Ph.D., associate professor V.L. Rabinovich, Petropavlovsk-Baku-Surgut, 23 May 2023. Petropavlovsk-Baku-Surgut, Publ. Nekommercheskoye aktsionernoye obshchestvo «Severo-Kazakhstanskiy universitet imeni Manasha Kozybayeva»: 92–97.
- 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). <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-1-98-108>
- 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 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87>
- 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. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-2-8-23>
- Koronkevich N.I., Georgiadi A.G., Yasinsky S.V. 2018. On Hydrological Changes. Questions of geography, 145: 15–34 (in Russian).
- Kolmykov S.N., Kornilov A.G. 2006. Kratkiy analiz vozdeystviya zhitovnovodcheskikh kompleksov na rechnyye basseyny Belgorodskoy oblasti [A Brief Analysis of the Impact of Livestock Complexes on the River Basins of the Belgorod Region]. In: Region – 2006: strategiya optimalnogo razvitiya [Region 2006: Strategy for Optimal Development]. Materials of the international scientific and practical conference, Kharkiv, 15–16 May 2006. Kharkiv, Publ. IRO of V.N. Karazin Kharkiv National University: 214–216.
- Kumani M.V., Babkina O.P. 2005. Izucheniye transformatsii gidrologicheskogo rezhima rek Kurskoy oblasti pod vliyaniem selskokhozyaystvennogo proizvodstva [Studying the Transformation of the Hydrological Regime of Rivers Kursk Region Under the Influence of Agricultural Production]. In: Geoekologicheskiye issledovaniya Kurskoy oblasti [Geoecological 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). <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-4-425-437>.
- Lisetskiy F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A., Pavlyuk Ya.V., Narozhnaya A.G., Zemlyakova A.V., Marinina O.A. 2015. Reki i vodnyye obyektory Belogoria [Rivers and Water Bodies of Belogorye]. Belgorod, Publ. Constanta, 362 p.
- Nazarenko V.N., Kozhukhovskaya E.A., Kostenko T.V. 2013. Razvitiye svinovodstva v Belgorodskoy oblasti [Development of Pig Farming in the Belgorod Region]. In: Problemy prirodopolzovaniya i ekologicheskaya situatsiya v Evropeyskoy Rossii i sopredelnykh stranakh [Problems of Nature Management and the Environmental Situation in European Russia and Adjacent Countries]. Proceedings of the V international scientific conference, Belgorod, 28–31 October 2013. Belgorod, Publ. Belgorod State University: 294–296.
- 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).

- Yasinsky S.V., Gurov F.N., Shilkrot G.S. 2007. Metod otsenki vynosa biogennykh elementov v ovrazhno-balochnyuyu i rechnuyu set maloy reki [Method for Assessing the Removal of Biogenic Elements into the Gully-Ravine and River Network of a Small River]. Regional Research of Russia. Geographic series, 4: 44–53.
- Yasinsky S.V., Sidorova M.V. 2018. Dynamics of Water Intensity of the Economy in Russia and Its Regions. Problems of geography, 145: 406–413 (in Russian).
- Buryak Z., Lisetskii F., Gusarov A., Narozhnyaya A., Kitov M. 2022. Basin-Scale Approach to Integration of Agro- and Hydroecological Monitoring for Sustainable Environmental Management: A Case Study of Belgorod Oblast, European Russia. Sustainability, 14(2): 927. <https://doi.org/10.3390/su14020927>
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.13005/bbra/2021>

*Поступила в редакцию 14.07.2024;
поступила после рецензирования 16.08.2024;
принята к публикации 04.09.2024*

*Received July 14, 2024;
Revised August 16, 2024;
Accepted September 04, 2024*

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

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

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 Виктор Викторович, магистрант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Корнилов Андрей Андреевич, магистрант кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladislav V. Kiselev, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Department of Natural Sciences, Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russia

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

Viktor V. Kiselev, Master Student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Andrey A. Kornilov, Master Student of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia