

УДК 504.45

DOI 10.18413/2075-4671-2018-42-3-427-434

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА
АЗОТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК ГОРОДА БЕЛГОРОДА****SPATIAL DYNAMICS OF NITROGEN POLLUTION
OF SMALL RIVERS OF BELGOROD****Е.А. Стороженко, А.Г. Корнилов, С.Н. Марыныч
E.A. Storozhenko, A.G. Kornilov, S.N. Marynych**Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85Belgorod National Research University,
85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: 706230@bsu.edu.ru

Аннотация

В статье приведены результаты полевого исследования содержания соединений азота в сентябре 2017 года в реке Болховец (Везелка) г. Белгород. Рассмотрены данные о содержании нитритов, нитратов и аммонийного азота по мере продвижения от истока к устью на р. Болховец в г. Белгороде. Представлен анализ динамики соединений азота на фоне антропофункционального зонирования водосборной территории реки Болховец. Наблюдается варьирование концентрации нитритов от 0.483 до 1.583 мг/дм³, нитратов от 1.144 до 6.349 мг/дм³, аммонийного азота 0.459 до 0.542 мг/дм³. На участках быстрого течения как в верховьях реки, так и на приустьевом участке вдоль берегов, заросших высшей водной растительностью наблюдаются процессы самоочищения для нитритов – на 30–54 %, для нитратов – 32–82 %, для аммонийного азота 3–5 %. На зарегулированных участках со слабым течением наблюдается тенденция роста уровня загрязнения, для всего каскада прудовых участков рост составляет: для нитратов – 73 %, для нитритов – 80 %, для аммонийного азота – 8 %.

Abstract

The article presents the results of a field study of the content of nitrogen compounds in September 2017 in the river Bolkhovets (Vezelka) Belgorod, Russia. The data about the content of nitrite, nitrate and ammonium concentrations as you move from the source to the mouth of the river Bolkhovets in Belgorod. Presents an analysis of the dynamics of nitrogen compounds in the background anthropogenic zoning of the catchment of the river Bolkhovets. Throughout the watercourse in the city of Belgorod was allocated 14 observation points on the river Bolkhovets (Vezelka) and 2 observation points on the river Seversky Donets (above and below the mouth of the river Bolkhovets). As a result of the analyses of observed variation in the concentration of nitrites from 0.483 to 1.583 mg/l, nitrate from 1.144 to 6.349 mg/l, ammonium nitrogen 0.459 to 0.542 mg/L. In high-flow areas, as in the upper reaches of the river, and on the site of the abutment, along the banks, overgrown with higher aquatic vegetation, self-purification processes are observed for nitrites – by 30–54 %, for nitrates – 32–82 %, for ammonium nitrogen 3–5 %. In regulated areas with a weak current, there is a tendency to increase the level of contamination, for the entire cascade of pond sites growth is: for nitrates – 73 %, for nitrites – 80 %, for ammonium nitrogen – 8 %. The results of the study show that the high residential load in the water-collecting basin of the river Bolkhovets with a large share of non-canalized private sector causes the intense flow of nitrogen compounds into the river. The content of nitrate and ammonium ions, as a whole, does not exceed MPC, and the content of nitrite ions is much higher than the established standards, which is typical for domestic wastewater.



Ключевые слова: поверхностные воды, азотное загрязнение водных объектов, гидрохимия, малые реки, антропофункциональное зонирование.

Key words: surface water, nitrogen contamination of water objects, hydrochemistry, small river, anthropogenic zoning.

Введение

Соединения азота как биогенные компоненты водных экосистем являются важными элементами водной среды, а также индикаторами уровня антропогенной нагрузки [Корнилов и др., 2010; Сыромятникова и др., 2012]. Поэтому показатели содержания нитратов, нитритов и аммонийного азота широко используются при экологической оценке и нормировании качества природных вод.

Особенно актуально исследование пространственной динамики азотного загрязнения малых рек в связи с тем, что на городских территориях азотные загрязнения наряду с некоторыми иными ингредиентами (тяжелые металлы, нефтепродукты и т.п.) являются одним из ведущих индикаторов гидроэкологической ситуации. Данные о пространственной динамике изученного загрязнения позволяют выявить основные объекты и зоны повышенной антропогенной нагрузки на водосборные бассейны, а также могут послужить исходной базой для планирования водоохраных мероприятий.

Исследование, представленное в статье, проводилось ранней осенью 2017 года на примере основных рек Болховец и Северский Донец протекающих по городу Белгороду.

Река Болховец (Везелка) является правым притоком Северского Донца, впадает в него на 989-м км от устья в пределах г. Белгород. Река Болховец относится к категории малых рек. Площадь водосбора 394 км², длина реки – 21 км [Никаноров, 2001; Гусева, 2007; Лебедева и др., 2013].

В верховьях реки Болховец наблюдается типичная сельская местность. Рельеф прилегающей территории холмистый, растительность луговая, местами наблюдаются леса в балках, далее, уже на территории города, представлены городские ландшафты. Долина реки трапецеидальная. Склоны высотой 50–60 м, пологие, плавно сливаются с окружающей местностью, сложены суглинками [Леонтьева, 2014; Реки..., 2015].

Водный режим реки характеризуется достаточно выраженными весенним половодьем и летне-осенне-зимней меженью, нарушаемой дождевыми паводками, а в период зимней межени – иногда значительными оттепелями. Летне-осенняя межень наступает в мае, заканчивается во второй декаде ноября. С середины ноября устанавливается зимняя межень, которая продолжается до начала половодья [Николенко и др. 2000; Алекин, 1970]. Помимо природных условий, на гидрологический и гидрохимический режим реки интенсивно влияют такие антропогенные факторы как трансформация водосборной территории, депрессионная воронка от городских водозаборов, неканализованный частный сектор, городская ливневая канализация без системы очистки сточных вод, зарегулированный сток и т.д. [Дегтярь, 2002; Белеванцев и др., 2011; Лисецкий, 2001; Петин и др., 2014].

Объекты и методы исследования

Полевое обследование реки Болховец проводилось в конце сентября 2017 года в устойчивую сухую погоду: температура воздуха +15.6 °С, температура воды +12 °С. Предшествующий период был без осадков. Наблюдалась первичная стадия осеннего отмирания водной растительности. Для организации системных натурных наблюдений за гидроэкологическим состоянием малых рек были выбраны два пробных участка для наблюдения на территории г. Белгорода (рис. 1).

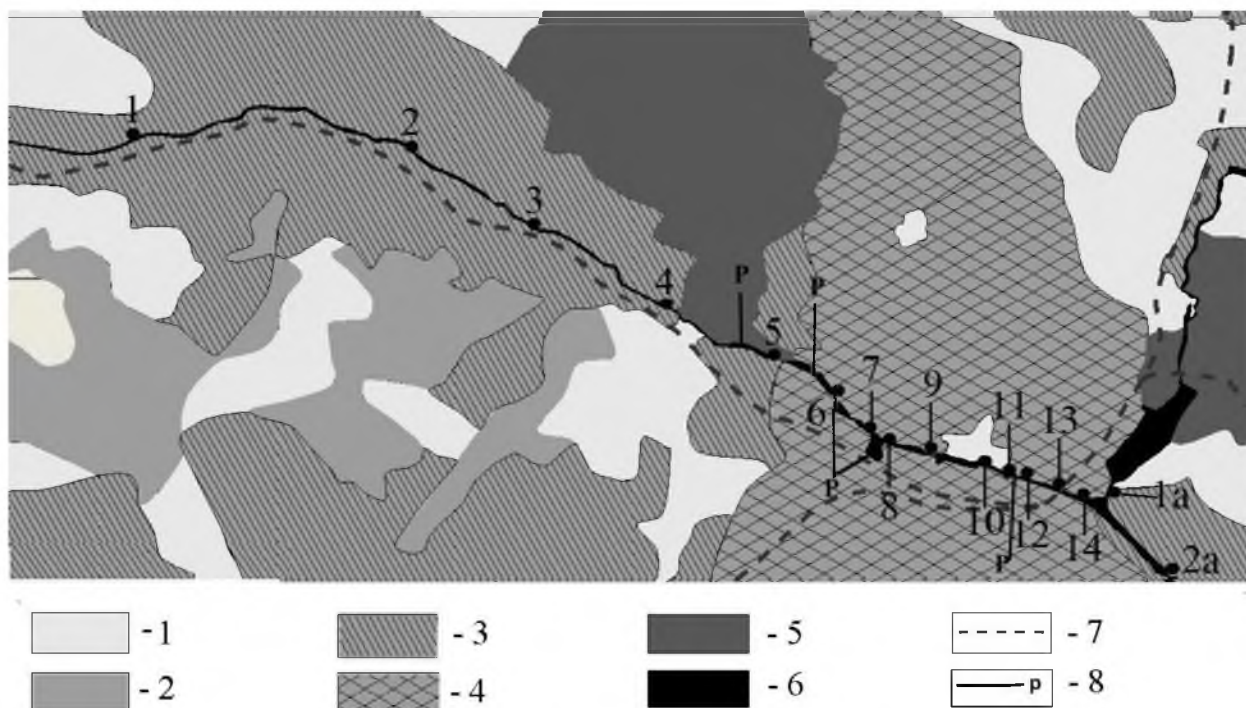


Рис. 1. Фрагмент антропофункционального зонирования водосборного бассейна реки Болховец в пределах городской черты г. Белгорода: 1 – зеленые насаждения, 2 – пашня, 3 – частный сектор, 4 – городская застройка, 5 – промышленная зона, 6 – водные объекты, 7 – ж/д линия, 8 – указано расположение расширений перед контрольными створами

Fig. 1. Fragment anthropogenic zoning of the catchment area of the river Balkovets within the city limits of the city of Belgorod: 1-green spaces, 2-arable land, 3-private sector, 4-urban development, 5-industrial zone, 6 - water objects, 7-railway line, 8-the location of extensions in front of the control gates

1) р. Болховец (Везёлка), пересекающая несколько зон городской территории, составляющих её водосборный бассейн, протяженность участка реки протекающего по сельской местности (в пределах черты города) – 3.89 км, по городской – 8.7 км;

2) Участок р. Северский Донец в пределах городской черты, протяженность исследуемого участка 1.35 км.

В верховьях реки Болховец сток её формируется на водосборной территории, занятой сельскими ландшафтами, и включает овраги, пашни, частный сектор. В верхнем течении реки нами выбрано два пункта наблюдения – № 1, № 2.

Далее река протекает в пределах городской черты, где на водосборной территории находятся отчасти объекты сельскохозяйственных угодий, садовые товарищества и плотные частные застройки. Качество воды для этого участка реки характеризуют наблюдательные пункты № 3 и № 4.

Ниже, в водосборной зоне, расположены типичные городские территории, которые характеризуются плотной городской застройкой с высоким уровнем насыщенности автомобильными дорогами, промышленной зоной и большой долей запечатанных грунтов. В связи с большим количеством контрастных участков воздействия на гидроэкологическое состояние реки и большим количеством подпорных участков, потенциально выполняющих функции как накопления загрязняющих веществ, так и самоочищения, плотность створов наблюдения в пределах городской функциональной зоны увеличена. На данном участке реки располагаются пункты № № 5–14.

Начиная с пункта № 5, река представляет собой чередование подпорных участков (озерных расширений) и коротких участков быстротоков. Пункты № 5 и № 6 – участки быстрого течения, которые находятся ниже расширения 1 и 2. Пункт № 7 находится после расширения № 3. Пункт № 8 – пруд-копань, по краю которого в пределах старого русла



проходит основной водоток. Пункт № 9 соответствует гидрологическому посту сети Росгидромета. Пункты № 10 и № 11 находятся в парковой зоне города. Пункты № 12, № 13 и № 14 находятся в пределах промышленной зоны и полосы железной дороги.

Для определения концентрации нитратов и нитритов применялся потенциометрический метод (ЭКОТЕСТ-2000, по ГОСТ 33045-2014 от 01.01.2016 г.). Для определения соединений аммония применялась методика по РД 52.24.486-95 от 01.09.2009 г. (спектрофотометр UNICO 2804). Отбор проб проводился по ГОСТ 17.1.5.05-85. Гидрохимические анализы проводились в день отбора проб.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 показаны фрагмент антропофункционального зонирования водосборной территории, выполненного по аналогии с известными подходами [Корнилов и др., 2005], а также расположение точек отбора проб воды на реке Болховец: 1 – родник с. Пушкарное, 2 – пер. Юбилейный; 3–5-ый водозабор; 4 – Теплотрасса; 5 – Расширение № 1; 6 – Расширение № 2; 7 – Расширение № 3; 8 – Пруд копань; 9 – Университетская набережная; 10 – Парк Победы; 11 – Диорама; 12 – Расширение № 4; 13 – ж/д мост; 14 – устье; на реке Северский Донец: 1а – выше устья Везелки; 2а – ниже устья Везелки.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Содержание соединений азота в реках Болховец и Северский Донец на 29.09.2017 г.
The content of nitrogen compounds in the rivers Bolkhovets and Seversky Donets on 9.09.2017

Место отбора проб	Содержание соединений азота и значение ПДК _{вр} , мг/дм ³		
	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁻
	(ПДК _{вр} – 0.08)	(ПДК _{вр} – 40.0)	(ПДК _{вр} – 0.5)
Река Болховец (Везелка)			
№ 1 – Родник с. Пушкарное	0.541	6.349	0.482
№ 2 – пер. Юбилейный	0.543	4.251	0.486
№ 3 – водозабор № 5	0.485	3.043	0.471
№ 4 – Теплотрасса	0.483	2.626	0.459
№ 5 – Расширение № 1	0.383	1.144	0.484
№ 6 – Расширение № 2	0.703	1.194	0.493
№ 7 – Расширение № 3	0.645	1.342	0.497
№ 8 – Пруд копань	0.673	1.662	0.498
№ 9 – Университетская набережная	0.983	2.444	0.51
№ 10 – Парк Победы	1.168	2.443	0.513
№ 11 – Диорама	1.067	2.806	0.529
№ 12 – Расширение № 4	1.223	2.774	0.534
№ 13 – ж/д мост	1.583	3.217	0.542
№ 14 – устье	0.725	2.18	0.524
Среднее значение	0.8	2.64	0.5
Река Северский Донец			
№ 1а – выше устья реки Везелка	0.695	1.622	0.484
№ 2а – ниже устья реки Везелка	0.654	1.601	0.486
Среднее значение	0.67	1.61	0.49

По результатам измерений видно, что содержание нитритов и солей аммония значительно превышает рыбохозяйственную ПДК_{вр}, что весьма актуально, так как население города Белгорода активно использует реки Болховец и Северский Донец для спортивного и любительского рыболовства [ГН 2.1.5.689-98, 2008]. В тоже время

нормативы ПДК для водных объектов культурно-бытового назначения менее строгие, чем для рыбохозяйственных водоемов, и составляют для нитритов – 3.3 мг/дм³, для нитратов – 45 мг/дм³. И в отношении водоемов в культурно-бытовой категории превышение установленных нормативов не зафиксировано.

На рисунке 2 представлена динамика содержания нитрат- и нитрит-ионов и ионов аммония на пунктах наблюдения р. Болховец 29.09.2017 года.

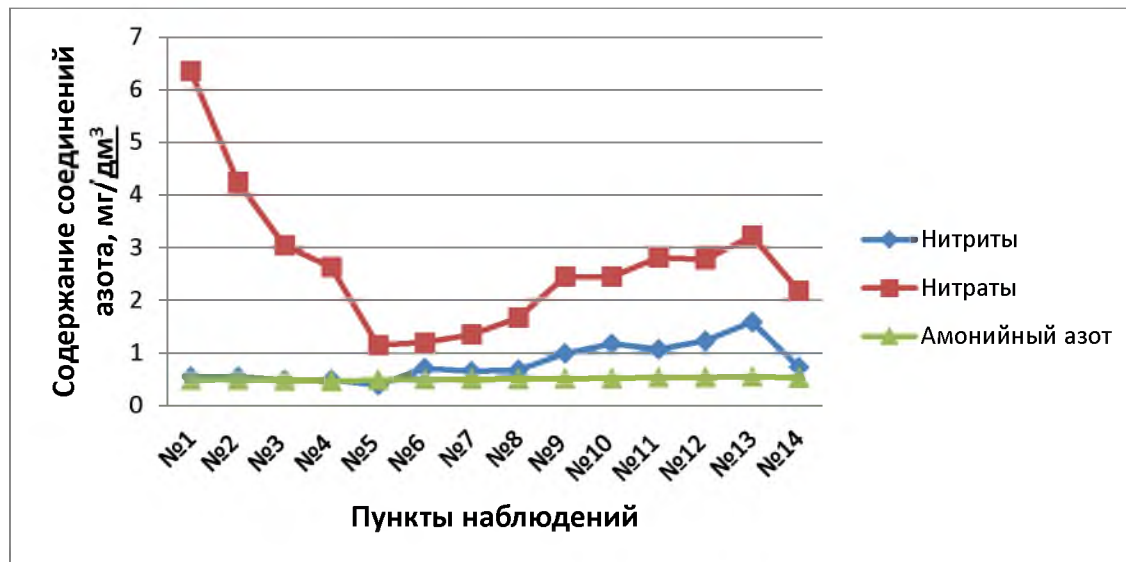


Рис. 2. Динамика содержания нитрат-, нитрит-ионов и ионов аммония на пунктах наблюдения р. Болховец, 29.09.2017 года

Fig. 2. Dynamics of nitrate, nitrite ions and ammonium ions content at observation points of Bolkhovets River, 29.09.2017

По мере продвижения от первого пункта наблюдения к устью первоначально наблюдается значительное снижение концентрации нитратов от пункта № 1 до пункта № 5, затем от пункта № 5 до пункта № 14 отмечается плавное увеличение показателей.

В верховье на участках быстрого течения происходят процессы самоочищения реки. От пункта № 5 (переход реки в зону интенсивной застройки) с высокой долей представленности промышленных зон до пункта № 14 (устье реки Болховец), городские территории вносят свой вклад в азотное загрязнение водной среды, хотя и в меньшей степени, чем плотная не канализованная сельская застройка в верховьях [Колмыков, 2008, Борзенков, 2007].

На реке Северский Донец на пунктах № 1 и № 2 содержание нитратов меньше, чем в реке Болховец, и в целом содержание нитратов не превышает ПДК_в.

Содержание нитритов в реках Болховец и Северский Донец на всем отрезке наблюдений превышает ПДК_{вр} и варьирует от 0.483 до 1.583 мг/дм³. Полученный ряд наблюдений позволяет отметить, что максимальное содержание нитритов наблюдается на пунктах № № 9–13, т.е. на сильно зарегулированном участке реки. Превышение ПДК_{вр}, возможно связано с активностью фитопланктона, способного восстанавливать нитраты до нитритов [Прядко и др., 2012, Чеботарев, 1975].

Содержание иона аммония в реках изменяется не значительно. При продвижении от пункта № 1 к устью наблюдается плавное увеличение содержания ионов аммония в реке Болховец, при впадении в реку Северский Донец значения уменьшаются и не превышают значения ПДК_{вр}.

В верховьях реки Болховец содержание аммония варьируется от 0.459 до 0.486 мг/дм³ (пункты № 1–5), что не превышает ПДК_{вр}. В пределах плотной городской застройки (пункты № 6–8) концентрация ионов аммония увеличивается. На сильно зарегулированном участке реки значения превышают ПДК_{вр} – от пункта № 9 до пункта



№ 14 значения колеблются от 0.51 до 0.542 мг/дм³. В целом содержание концентраций иона аммония увеличивается на 5–6 %, амплитуда динамики соединений азота на исследуемом участке незначительна. Некоторый рост содержания соединения аммония на участке наблюдательных створов 10–14 предположительно связан с началом отмирания водной растительности в реках.

Приустьевой проточный участок реки Болховец по относительно суженому руслу реки с берегами, обрамленными растительностью на протяжении более 500 м, характеризуются заметными процессами самоочищения воды, при этом концентрация соединений азота от пункта № 13 до пункта № 14 значительно сокращается (нитриты на 54 %, нитраты на 32 %, аммонийный азот на 3 %).

При продвижении от первого пункта наблюдения к устью цветность воды менялась от 15 до 140 градусов по хром-кобальтовой шкале. Заметное изменение цвета наблюдалось с пункта № 4, в пунктах № 10–13 цветность воды увеличивалась до 100–140 градусов за счет нарастающей биогенной трансформации гидрохимического комплекса поллютантов в первую очередь за счет распада органического вещества.

Выводы

1. Высокая селитебная нагрузка в водосборном бассейне реки Болховец с большой долей не канализованного частного сектора обуславливает интенсивное поступление соединений азота в реку Болховец. При этом содержание нитратов и ионов аммония, в основном, не превышает ПДК_{вр}, хотя содержание нитрит-ионов значительно превышает установленные нормативы ПДК_{вр}, что характерно для диффузного стока неканализованного частного стока.

2. По мере продвижения от истока к устью наблюдается выраженное сокращение азотных загрязнителей на участках с относительно свободным, не зарегулированным течением реки: в верховьях реки Болховец (пункты № 1–5) концентрации загрязняющих веществ снижаются для нитритов на 30 %, нитратов – на 82 %, аммонийного азота – на 5 %; на приустьевом участке от пункта № 13 до пункта № 14 концентрация загрязняющих веществ снижаются для нитратов на 32 %, для нитритов – на 54 %, для аммонийного азота – на 3 %.

3. На участках расширений наблюдается тенденция роста концентраций соединения азота (от пункта № 5 до пункта № 13) – для нитритов на 75 %, для нитратов на 61 %, для аммонийного азота на 10 % – возможно, за счет начавшихся процессов деструкции летних фитоценозов и соответствующего распада органического вещества лимнической акватории.

4. На исследуемом протяжении реки Северский Донец концентрация соединений азота изменяется незначительно, нитриты уменьшаются на 6 %, нитраты уменьшаются на 1 %, аммонийный азот увеличивается на 0.5 %. При этом впадение более загрязненных вод реки Болховец (по нитритам на 4 %, по нитратам на 25 %, по аммонийному азоту на 8 %) существенно не влияет на азотное загрязнение.

Список литературы

References

1. Алекин, О.А. 1970. Общая гидрохимия. Л. Гидрометеиздат, 442.
Alekin, O. A. 1970. General hydrochemistry. L. Hydrometeoizdat, 442.
2. Белеванцев В.Г., Чендев Ю.Г., Петин А.Н., Королев Э.В., Григорян Л.С. 2011. Изменение речной сети за последние 200 лет и география распространения природных рекреационных ресурсов на территории Среднерусского Белогорья. Проблемы региональной экологии, 2: 31–35.
Belevantsev V.G., Chandev Yu.G., Petin A.N., Korolev E.V., Grigoryan L.S. 2011. Change of the river network for the last 200 years and geography of distribution of natural recreational resources in the territory of the Central Russian Belogorye. Problems of regional ecology, 2: 31–35. (in Russian)

3. Борзенков, А.А. 2007. Влияние урбанизированных территорий г. Курска на поверхностные воды. Автореферат диссертации кандидата географических наук. Курск. 24.
 Borzenkov, A. A. 2007. The influence of urban territories of Kursk on the surface of the water. Abstract of the thesis of the candidate of geographical Sciences. Kursk. 24.
4. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы 2007 / Под ред. Т.В. Гусевой. М., ФОРУМ, ИНФРА-М, 192.
 Hydrochemical indicators of the environment: reference materials 2007 / Ed. by T. V. Guseva. M., FORUM, INFRA-M, 192. (in Russian)
5. ГН 2.1.5.689-98. 2008. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М., 2008.
 HS 2.1.5.689-98. 2008. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in water of water bodies of economic-drinking and cultural-household water use. M., 2008.
6. Дегтярь А.В. 2002. Освоение территорий и деградация рек Белгородской области (на примере бассейнов Ворсклы и Везелки). В кн.: Историческая геоэкология, география и природопользование: новые направления и методы исследования: материалы II международной научной конференции (Санкт-Петербург, 15–18 апреля 2002 г). СПб.: 91–92.
 Degtyar A.V. 2002. The Development of territories and the degradation of rivers in the Belgorod region (on the example of the basins of the Vorskla and Veselka) In: Historical geo-ecology, geography and environmental management: new directions and research methods: proceedings of the II int. science. conf (Saint-Petersburg, 15–18 April, 2002г.). Saint-Petersburg: 91–92. (in Russian)
7. Колмыков С.Н. 2008. Гидрохимический анализ состояния рек, подверженных влиянию горнодобывающей промышленности на территории Белгородской области. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Воронеж, 210.
 Kolmykov S.N. 2008. Hydrochemical analysis of the state of rivers affected by the mining industry in the Belgorod region. Thesis for the degree of candidate of geographical Sciences. Voronezh, 210. (in Russian)
8. Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Кичигин Е.В., Гордеев Л.Ю., 2010. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 6: 134–139.
 Komilov A.G., Kalmykov S.N., Kichigin E.V., Gordeev L.Yu., 2010. Comparative characteristics of the impact of mining enterprises KMA on the environmental situation of the rivers of the Belgorod region. Mining information and analytical Bulletin (scientific and technical journal), 6: 134–139. (in Russian)
9. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Назаренко Н.В., 2005. Антропофункциональный анализ территории как основа эколого-географического районирования Белгородской области. Проблемы региональной экологии, 1: 21–27.
 Komilov A.G., Petin A.N., Nazarenko N.V., 2005. Anthro-po-functional analysis of the territory as a basis of ecological and geographical zoning of the Belgorod region. Problems of regional ecology, 1: 21–27. (in Russian)
10. Лебедева М.Г., Петина М.А., Гончаревич Е.В., Колмыкова О.Н., Новикова Ю.И., Вагурин И.Ю. 2013. Влияние дноуглубительных работ на водный режим малых рек (на примере реки Болховец). Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 7(160): 168–172.
 Lebedeva M.G., Petina M.A., Goncharevich E.V., Kalmykova O.N., Novikov Y. I., Vahurin Y.I. 2013. The impact of dredging on the water regime of small rivers (for example, the Bolkhovets river). Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 7 (160): 168–172. (in Russian)
11. Лисецкий Ф.Н. 2001. Экологические исследования бассейнов малых рек Белгородской области (на примере р. Болховец). В кн.: Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Воронеж, ВГПУ: 171–173.
 Lisetsky F.N. 2001. Ecological researches of basins of small rivers of the Belgorod region (on the example of the Bolkhovets river). In: Ecological and geographical researches in river basins. Voronezh: 171–173. (in Russian)
12. Реки и водные объекты Белогорья / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк. Я.В. Павлюк, А.Г. Нарожняя, А.В. Землякова, О.А. Маринина; ВОО «Русское географическое общество», НИУ «БелГУ», 2015, 362.



Rivers and bodies of water in mountains / F.N. Lisetsky, A.V. Degtyar, Zh.A. Buryak, Ya.V. Pavlyuk, A.G. Narozhnaya, A.V. Zemlyakova, OA Marinina; All-Russian public organization "Russian Geographical Society", BelSU, Belgorod, Constanta, 2015, 362. (in Russian)

13. Никаноров А.М. 2001. Гидрохимия. СПб.: Гидрометеиздат, 444.

Nikanorov, A. M. 2001. Hydrochemistry. SPb.: Hydrometeoizdat, 444.

14. Николенко Е.Н., Дегтярь А.В. 2000. Оценка эколого-гидрологической ситуации бассейна реки Везелка (Болховец). Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI веке. В кн.: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. (Белгород, 10–12 октября 2000 г.). Белгород: 45–49.

Nikolenko E. N., Degtyar A.V. 2000. Assessment of the ecological and hydrological situation of the Veselka river basin (Bolkhovets). In: Environmental safety and health of people in the XXI century. Materials VI all-Russian science-practice conference (Belgorod, 10–12 October, 2000), 45–49. (in Russian)

15. Петин А.Н., Петина М.А., Новикова Ю.И. 2014. Северский Донец: гидрологический режим и экологическое состояние вод. Белгород, ИД "Белгород", 184.

Petin A.N., Petina M.A., Novikov Y.I. 2014. Seversky Donets: hydrological regime and ecological state of waters. Belgorod, publishing house "Belgorod", 184. (in Russian)

16. Петин А.Н., Сердюкова Н.С., Шевченко В.Н. 2005. Малые водные объекты и их экологическое состояние. Белгород, Издательство БелГУ, 240.

Petin A.N., Serdyukov N.S., Shevchenko V.N. 2005. Small water bodies and their ecological state. Belgorod, Publishing house of BelSU, 240. (in Russian)

17. Прядко М.П., Голушов П.В., Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Гордеев Л.Ю. 2012. Анализ пространственно-временных закономерностей изменчивости гидрохимических показателей р. Болховец (притока р. Северский Донец). Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 21 (140): 160–167.

Pryadko M.P., Goleusov P.V., Kornilov A.G., Kalmykov S.N., Gordeev L.Yu. 2012. Analysis of spatio-temporal variability of hydrochemical parameters Balkovec R. (tributary of the Seversky Donets). Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 21 (140): 160–167. (in Russian)

18. Сыромятникова С.Н., Колмыков С.Н., Корнилов А.Г., 2012. Азотное загрязнение водных объектов Белгородской области в сельскохозяйственных и горнопромышленных районах. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 15 (134): 173–177.

Syromyatnikova S.N., Kalmykov S.N., Kornilov A.G. 2012. Nitrogen pollution of water bodies of the Belgorod region in agricultural and mining areas. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences, 15 (134): 173–177. (in Russian)

19. Чеботарев, А.И. 1975. Общая гидрология (воды суши). Л. Гидрометеиздат, 544.

Chebotarev, A. I. 1975. General hydrology (land waters). L. Hydrometeoizdat, 544.

Ссылка для цитирования статьи

Reference to article

Стороженко Е.А., Корнилов А.Г., Марыныч С.Н. Пространственная динамика азотного загрязнения рек города Белгорода // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 42, №3. С. 427-434. doi: 10.18413/2075-4671-2018-42-3-427-434

Storozhenko E.A., Kornilov A.G., Marynych S.N. Spatial Dynamics of Nitrogen Pollution of Small Rivers of Belgorod // Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences series. 2018. V. 42, №3. P. 427-434. doi: 10.18413/2075-4671-2018-42-3-427-434