

тить, что для аммонийного N, нитритного N и фосфатов, поступающих в рр. Березину и Свислочь, прослеживается тенденция к сокращению их объёмов (табл. 1–3).

В отношении аммонийного N аналогичная тенденция установлена для рр. Припяти и Мухавца. Для рр. Сожа, Немана, Вилии и Западной Двины характерно увеличение сброса аммонийного N.

Сброс нитриного N в водные объекты в 2004–2014 гг. колебался в достаточно узком диапазоне при некотором снижении его объёмов в конце рассматриваемого периода в 2014 г. (табл. 2).

Ослабление техногенной нагрузки по фосфатам на реки страны отмечается, начиная с 2010 г., практически для всех рассматриваемых водотоков, за исключением р. Сож (табл. 3).

Несмотря на уменьшение химического пресса на реки страны в последние годы, отведение в водные объекты сточных вод, в составе которых содержатся избыточные концентрации биогенных веществ, приводит к загрязнению речных вод аммонийным N, нитритным N и фосфатами. Следовательно, хроническое воздействие техногенных гидрохимических потоков формирует определённый уровень загрязнения речных вод биогенными веществами, который по-разному выражен в пространственно-временном отношении для рек основных бассейнов страны.

Практически для всех рек Беларуси, на которых расположены крупные и средние города, характерно устойчиво выраженное во времени «фосфатное» загрязнение. При этом эффект воздействия техногенного потока фосфатов наиболее отчётливо проявляется в паре «город–малая река».

«Аммонийное» загрязнение рек в последние годы имеет тенденцию к ослаблению. Загрязнение рек нитритным N локализуется, как правило, на отдельных участках рек и выражено слабее [1].

1. Кадацкая О. В., Овчарова Е. П., Санец Е. В. «Аммонийное» и «фосфатное» загрязнение рек Припятского Полесья // Географические аспекты устойчивого развития регионов: матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Гомель, 23–24 апр. 2015 г. В 2 ч. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. Ч. 2. С. 74–77.

2. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень 2014 г. / под ред. В.Ф. Логинова. Мн., 2015. 344 с.

УДК 550.4

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫНОСА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ РЕЧНЫМИ ВОДАМИ В БЕЛОРУССКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА ДНЕПРА**

**В. В. Селицкая, Е. В. Санец**

Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Скорины 10, 220114 Минск, Республика Беларусь; elena-sanets@yandex.ru

Бассейн р. Днепр является самым крупным трансграничным бассейном на территории Республики Беларусь, требующим особого внимания со стороны природоохранного законодательства как Беларуси, так и смежных государств. Основываясь на данных, полученных в Национальной системе мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [6], можно сделать вывод, что существенную угрозу благополучию состояния водотоков бассейна Днепра на территории Беларуси в последнее время представляют биогенные вещества (соединения N и P) [4], поступающие преимущественно из неконтролируемых диффузных источников.

Анализ работ белорусских и российских исследователей в области гидрохимии – О. В. Кадацкой [2], А. А. Хомича [12], В. С. Хомича [3], Е. Г. Кольмаковой [5], Б. Г. Скакальского [10], М. Б. Заславской [1] и др. – показал, что наиболее достоверным методом определения нарушений гидрохимического режима речных вод является графоаналитический метод разностно-интегральных кривых. Для их построения используются среднегодовые или средние за гидрологические фазы значения концентраций химических веществ в речной воде [11–12]. Данный метод был применён для определения периода трансформации режима биогенных веществ для водотоков бассейна Днепра.

В результате проведённого исследования установлено, что начало техногенного периода трансформации режима биогенных веществ под влиянием хозяйственной деятельности человека для различных участков водотоков бассейна р. Днепр составляет существенный временной интервал – с 1966 по 2007 г. С одной стороны, наступление этого периода зависит от объективных факторов – характера и интенсивности хозяйственной деятельности на водосборе. С другой стороны, его выделение может быть несколько субъективным из-за разной длины рядов наблюдений за состоянием водных объектов и методических особенностей выделения условно-фоновых и техногенного периода. На самом деле,

значимость субъективных факторов здесь не столь велика, поскольку статистически подтверждённое выделение техногенного периода независимо от длины ряда наблюдений уже свидетельствует о том, что существенные изменения в динамике концентраций биогенного вещества действительно произошли в определённый период, даже если ранее (до начала регулярных наблюдений) происходили более значимые трансформации гидрохимического режима.

Следовательно, выделенный нами техногенный период в силу ряда причин является лишь современной частью более глобального техногенного периода, начало которого невозможно установить из-за отсутствия гидрохимических данных на более раннем этапе.

Объединение водосборов с одинаковыми техногенными периодами позволяет получить информацию о том, для каких участков рек условный «естественный» режим отдельных биогенных веществ был нарушен одновременно, что при условии территориальной близости данных водосборов может указывать на общность причин наблюдаемых трансформаций. Такая типизация водосборов бассейна р. Днепр будет полезна при установлении источников поступления биогенных веществ в речные воды и разработке мер природоохранного характера.

В период 1976–1980 гг. статистически значимый рост концентраций *аммонийного N* фиксировался в верхнем течении – от г. Орши до г. Быхова, а также был отмечен для верхнего течения притоков 1–3 порядка – рр. ихры, Прони, Жадуньки и Сушанки.

Вслед за ростом концентраций в верхнем течении в следующую пятилетку 1981–1985 гг. существенные изменения режима *аммонийного N* распространились на среднее и нижнее течение в пределах Беларуси – от г. Речицы до п. г. т. Лоева, а также притоки нижнего течения – рр. Добысну, Березину в нижнем течении, Беседь, Ипуть и Сож в нижнем течении.

Следующими ощутили на себе антропогенную нагрузку в период 1990–2000 гг. реки Березина и Свислочь с их более мелкими притоками (Гайна, Вяча, Волма), а в 2001–2005 гг. – река Сож в верхнем течении.

Территориально границы наступления техногенных периодов по содержанию *нитритного N* чётко не выделяются, однако следует отметить, что для крупных участков водотоков трансформация режима биогенного вещества проявилась на более ранних этапах – 1970–1985 гг., а с 1986 г. стали подвергаться изменениям водотоки с меньшими водосборами – рр. Березина и Свислочь в верхнем течении, их более мелкие притоки, а также рр. Ведрич, Проня, Жадунька, Вихра и Терюха.

Наиболее ранняя трансформация режима *нитратного N* – в 1981–1995 гг. – отмечена для рр. Березины и Свислочи за исключением участков в их верхнем течении. В 1996–2000 гг. существенный рост концентраций биогенного вещества стал фиксироваться в среднем и нижнем течении р. Днепр, включая все исследуемые притоки на данном участке. Более позднее наступление техногенного периода (2001–2005 гг.) объединило все участки водотоков в верхнем течении.

С точки зрения динамики содержания в поверхностных водах *фосфатного P* самым ранним наступлением техногенного периода (1976–1994 гг.), как и в случае нитратного N, характеризовались рр. Березина и Свислочь, включая притоки на всём их протяжении; к этой же группе водотоков можно отнести рр. Поросицу, Проню, Узу, Жадуньку и Ведрич. С 1991 г. существенный рост концентраций данного биогенного вещества свидетельствовал об интенсивном антропогенном загрязнении непосредственно рр. Днепр и Сож.

Аналогичная ситуация сложилась в отношении режима *общего P*. Первые изменения в 1986–1990 гг. затронули рр. Свислочь и Березину с их притоками и частично распространились на нижнее течение р. Днепр. Вторая волна трансформаций пришлась на 1991–2005 гг. и охватила остальные водотоки бассейна, включая саму р. Днепр.

Более детальный анализ изменений режима биогенных веществ был выполнен на примере различных по величине водосборной площади участков водотоков бассейна р. Днепр – крупного (участок р. Березины 5,0 км выше г. Бобруйска) [7–8] и среднего (участок р. Терюхи у д. Грабовка) [9].

Наряду с существенными различиями в количественном выносе биогенных веществ в составе вод указанных водотоков, для них отмечено схожее распределение стока по фазам гидрологического режима: его минимальная величина для рассматриваемых биогенных веществ (соединений N и P) отмечена в фазу зимней межени, а вклад летне-осеннего сезона относительно соизмерим. Вместе с тем, доля весеннего сезона в годовом режиме стока всех биогенных веществ для р. Терюхи является более существенной, чем для р. Березины. Кроме того, установлено, что для обеих рек суммарный сток соединений N превалирует над стоком соединений P (в 4–6 раза).

В многолетней динамике стока биогенных веществ р. Березиной зафиксированы как положительные, так и отрицательные тенденции: рост показателя отмечен для аммонийного N, нитратного N и фосфатного P, его снижение – для нитритного N и общего P. В то же время, биогенный сток р. Терюхи характеризуется отчётливым ростом показателей как в годовом периоде, так и в каждую из фаз водного режима. Интенсификация данного процесса, как правило, происходит в летне-осеннюю межень и весеннее половодье, реже – в зимнюю межень.

1. Заславская М. Б., Стародубов В. В., Вырбанов М. С. Оценка влияния хозяйственной деятельности на химический состав речных вод // Водные ресурсы. 1991. № 3. С. 76–82.
2. Кадацкая О. В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов. Мн.: Наука и техника, 1987. 135 с.
3. Кадацкая О. В., Санец Е. В., Хомич В. С., Тищиков Г. М. Пространственно-временная динамика содержания сульфатов в воде реки Березина // Докл. НАН Беларуси. 2003. Т. 47, № 5. С. 98–101.
4. Кадацкая О. В., Санец Е. В., Селицкая В. В., Русая И. Е. Содержание минерального фосфора в речных водах бассейна Днепра: пространственно-временной анализ // Природопользование. 2009. Вып. 16. С. 49–56.
5. Кольмакова Е. Г. Антропогенные изменения стока растворённых веществ рек бассейна Немана. Мн.: БГУ, 2009. 123 с.
6. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2015 / Под общей ред. М.А. Ереско. Минск: БелНИЦ «Экология». 2016. 357 с.
7. Селицкая В. В., Санец Е. В. Вынос биогенных веществ рекой Березиной (бассейн Днепра) и его антропогенная и условно-природная составляющие // Природопользование. 2016. Вып. 29. С. 57–64.
8. Селицкая В. В., Санец Е. В., Русая И. Е. Выявление фонового содержания азота нитратного в речной воде (на примере р. Березины (бассейн Днепра)) // Природопользование. 2013. Вып. 23. С. 63–68.
9. Селицкая В. В. Трансформация режима фосфора фосфатного в воде малой реки (на примере р. Терюхи бассейна Днепра) // Природопользование. 2013. Вып. 24. С. 52–62.
10. Скакальский Б. Г. Антропогенные изменения химического состава воды и донных отложений в загрязняемых водных объектах. СПб.: Гос. гидрол. ин-т, 1996. 68 с.
11. Фрумин Г. Т., Степанова Е. В. Природная и антропогенная составляющие биогенного стока р. Невы в Невскую губу // Геология, геоэкология, эволюционная география. СПб.: Эпиграф, 2008. С. 142–145.
12. Хомич А. А., Красуцкая Е. П., Кадацкая О. В. Оценка современного гидрохимического фона Белоруссии // Докл. АН БССР. 1983. Т. 27, № 12. С. 1102–1105.

УДК 550.4

## СВИНЕЦ В РАЗРЕЗЕ СОВРЕМЕННЫХ ОЗЁРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (САПРОПЕЛЕЙ) УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИИ

З. И. Слуковский<sup>1</sup>, А. С. Медведев<sup>1</sup>, Д. Г. Новицкий<sup>1, 2</sup>, Е. В. Сыроежко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии Карельского научного центра РАН, ул. Пушкинская 11, 185910 Петрозаводск, Российская Федерация; slukovsky87@gmail.com

<sup>2</sup> Петрозаводский государственный университет, Институт биологии, экологии и агротехнологий, пр. Ленина 33, 185910 Петрозаводск, Российская Федерация

<sup>3</sup> Петрозаводский государственный университет, Институт лесных, горных и строительных наук, пр. Ленина 33, 185910 Петрозаводск, Российская Федерация

Свинец (Pb) – элемент 14-й группы шестого периода периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева с атомным номером 82. Среднее содержание этого металла в литосфере Земли составляет 16 мг/кг. Pb входит в состав 80 различных минералов, важнейшие из них: галенит PbS, церуссит PbCO<sub>3</sub>, англезит PbSO<sub>4</sub>. Pb применяется в широком диапазоне областей человеческой деятельности (в производстве, в сельском хозяйстве, в медицине, в геологии и др.), при этом Pb и его соединения токсичны. Особенно ядовиты водорастворимые и летучие соединения этого металла, например, ацетат свинца Pb(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>4</sub> и тетраэтилсвинец (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>Pb. Согласно принятой в Российской Федерации классификации химических загрязнителей окружающей среды, Pb относится к тяжёлым металлам (ТМ) первого класса опасности наряду с такими элементами, как Cd, As и Hg. Таким образом, при проведении эколого-геохимических исследований различных территорий, в том числе районов крупных городов и промышленных зон, оценка уровня содержания Pb в поверхностных и подземных водах, почвах, донных отложениях (ДО) водных объектов и живых организмах, связанных с перечисленными компонентами гидро- и литосферы, является первоочередной задачей специалистов, работающих в области охраны окружающей среды.