

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ НИТРИФИКАЦИИ В МАЛЫХ ЭВТРОФНЫХ ВОДОТОКАХ

Изучена пространственно-временная динамика загрязнения рек Содышка и Каменка соединениями азота и фосфора, уровня трофности и качества, интенсивности процессов нитрификации и токсичности вод. Рассмотрены корреляционные зависимости между некоторыми гидрохимическими параметрами, интенсивностью процессов нитрификации и токсичностью воды.

Введение

Антропогенному эвтрофированию в настоящее время подвержена значительная часть поверхностных вод РФ [1]. Особенно интенсивно эти процессы протекают в водных объектах урбанизированных территорий, так как во всех городах России, за исключением Москвы и отчасти Санкт-Петербурга, ливневые стоки по загрязнению немногим отличающиеся от канализационных, сбрасываются в реки без всякой очистки.

Эвтрофирование вызывает изменение структуры гидробиоценоза и ухудшение качества воды, что делает водный объект непригодным для любого вида пользования. Кроме того, эвтрофирование способствует дополнительному образованию органических веществ в экосистеме, что приводит к нарушению кислородного режима и создает условия для интенсивного развития патогенной микрофлоры и сине-зеленых водорослей – продуцентов токсичных галогенметанов [2]. Всё это приводит к нарушению кислородного режима, подавлению деятельности микробиоценоза, нарушению процессов трансформации загрязняющих веществ и токсификации водных объектов.

Так как приоритетными загрязнителями эвтрофных водотоков являются соединения биогенных элементов, представляло интерес

исследование зависимостей качества и трофности вод от концентрации различных форм этих элементов, а также исследование процессов самоочищения от данных элементов с участием микробиоценоза и оценка уровня токсичности этих водотоков. Объектом нашего исследования явилась р. Содышка.

Р. Содышка протекает по северо-западной окраине г. Владимир, является правобережным притоком р. Рпень. Длина водотока 22 км, площадь водосбора 82,7 км². Основными источниками загрязнения вод реки являются ОАО «Птицефабрика Центральная», ОАО «Птицефабрика Юрьеvecкая», ОАО «Владимирский моторно-тракторный завод», МУП «Владимирводоканал», канализационные стоки поселка РТС, ливневые стоки с коллективных садов, окрестных деревень, жилого массива и промзоны Октябрьского района г. Владимир, а также стоки с федеральной трассы Москва – Нижний Новгород. В истоке р. Содышка находятся очистные сооружения птицефабрики и промплощадка компостирования птицефабрики «Центральная», а в устье (с. Сновицы) расположено пастбище крупного рогатого скота.

В пятидесятых годах прошлого столетия на реке была построена плотина. Образовалось водохранилище площадью 102 га. В последние годы вода реки интенсивно используется для полива в многочисленных садовых товариществах, расположенных на всем протяжении водотока и водохранилища. Летом водохранилище используется как рекреационный объект.

Приоритетными загрязнителями экосистемы р. Содышка являются соединения азота и фосфора. Исходя из этого, целью данной работы являлась оценка уровня трофности и качества воды по степени насыщения воды кислородом (СНК, %), концентрациям био-

С.М. Чеснокова,
кандидат химических наук, профессор кафедры экологии, ФГБОУ ВПО Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

А.С. Злывко*,
аспирант, ФГБОУ ВПО Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

* Адрес для корреспонденции: alex_zlyvko@mail.ru

генных элементов и исследование процессов нитрификации, как одного из факторов самоочищения экосистемы от ионов аммония, а также изучение корреляционных зависимостей между интенсивностью процессов нитрификации, гидрохимическими параметрами и токсичностью воды.

Материалы и методы исследования

Оценку уровня трофности водотока и качества вод проводили по параметрам, приведенным в работе [3].

Интенсивность процессов нитрификации ($I_{\text{нитр}}$, %) в воде рассчитывали по соотношению концентраций азота нитратного к азоту общему минеральному [4].

$$I_{\text{нитр}} = \text{NNO}_3 / (\text{NNO}_3 + \text{NNO}_2 + \text{N NH}_4^+),$$

где

NNO_3^- – концентрация азота нитратного, мг/дм³;

NNO_2^- – концентрация азота нитритного, мг/дм³;

N NH_4^+ – концентрация азота аммонийного, мг/дм³.

Отбор проб воды в водотоках осуществляли по ГОСТ 51592-2000 в следующих пунктах (створах) р. Содышка: 1 – исток (с. Семеновское), 2 – до птицефабрики «Юрьеvecкая», 3 – после птицефабрики «Юрьеvecкая», 4 – с. Спасское, 5 – п. РТС, 6 – водохранилище (со стороны с. Богослово), 7 – коллективные сады, 8 – устье (с. Сновицы).

Концентрацию нитратного и нитритного азота определяли потенциометрически с использованием нитрат- и нитрит-селективных электродов (ГОСТ 29270-95) на универсальном иономере «Эксперт-001», аммонийный азот определяли фотометрически по окраске комплекса с реактивом Несслера на

Ключевые слова:
эвтрофные водотоки,
интенсивность
нитрификации,
уровень загрязнения
и качество вод,
токсичность,
корреляционные
зависимости

фотометре КФК-3 (ПНД Ф 14.1:2.1-95), фосфаты – фотометрически по окраске восстановленной фосфорномолибденовой кислоты на фотометре КФК-3 (ПНД Ф 14.1:4.248-07 11.07.2007), токсичность вод – по величине изменения биоломинесценции лиофилизированных люминесцентных бактерий «Эколюм» с помощью биоломинометра «Биотокс-10М». Оценка токсичности с этим тест-объектом основана на определении величины изменения биоломинесценции бактерий при действии токсичных веществ, содержащихся в исследуемой воде, по сравнению с контрольной пробой [5].

Все анализы выполнены в аккредитованной лаборатории физико-химических методов анализа кафедры экологии Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1-3 представлена пространственно-временная динамика качества и трофности экосистемы р. Содышка в зависимости от СНК, уровня загрязнения соединениями азота и фосфора

Анализ данных табл. 1 и 2 свидетельствует о том, что:

- ♦ оценки качества вод по величине СНК и концентрациям минеральных форм азота и фосфора удовлетворительно совпадают;
- ♦ уровень загрязнения вод по всем используемым параметрам возрастает от истока к устью во все исследуемые годы;
- ♦ наибольший уровень загрязнения вод во всех створах наблюдался в 2010 г., что связано с резким уменьшением водности реки во время длительного жаркого и сухого лета 2010 г.;

Таблица 1

Пространственно-временная динамика СНК, уровня загрязнения и класса качества вод экосистемы р. Содышка

Места отбора проб	2009			2010			2011		
	СНК, %	Уровень загр.	Класс кач-ва	СНК, %	Уровень загр.	Класс кач-ва	СНК, %	Уровень загр.	Класс кач-ва
1	64	Загр	IV	74	Умер загр	III	77	Умер загр	III
2	69	Загр	IV	60	Загр	IV	73	Загр	IV
3	52	Гряз	V	54	Гряз	V	48	Гряз	V
4	59	Гряз	V	46	Гряз	V	58	Гряз	V
5	60	Гряз	V	51	Гряз	V	65	Загр	IV
6	80	Умер загр	III	80	Умер загр	III	80	Умер загр	III
7	65	Загр	IV	62	Загр	IV	73	Умер загр	III
8	52	Грязн	V	57	гряз	V	43	Грязн	V



Таблица 2

Пространственно-временная динамика содержания минерального азота и минерального фосфора, уровня загрязнения и класса качества вод экосистемы р. Содышка

Места отбора проб	2009			2010			2011		
	$N_{\text{мин}}$	Уровень загр.	Класс кач-ва	$N_{\text{мин}}$	Уровень загр.	Класс кач-ва	$N_{\text{мин}}$	Уровень загр.	Класс кач-ва
	$P_{\text{мин}}$			$P_{\text{мин}}$			$P_{\text{мин}}$		
1	0,67	Загрязн	IV	3,28	Оч. гряз	VI	0,085	Чист	II
	0,06	Загрязн	IV	0,25	Грязн	V	0,07	Загр	IV
2	0,75	Загрязн	IV	2,19	Грязн	VI	0,14	Чист	II
	0,07	Загрязн	IV	0,23	Грязн	V	0,07	Загр	IV
3	1,34	Грязн	V	7,8	Оч. гряз	VI	0,73	Загрязн	IV
	0,18	Грязн	V	1,37	Оч. гряз.	VI	0,2	Грязн	V
4	1,1	Грязн	V	4,6	Оч. гряз	VI	0,42	Загрязн	IV
	0,15	Грязн	V	0,19	Грязн	V	0,12	Грязн	V
5	1,35	Грязн	V	6,05	Оч. гряз	VI	0,58	Загрязн	IV
	0,13	Грязн	V	0,15	Грязн	V	0,18	Грязн	V
6	0,46	Загрязн	IV	1,04	Грязн	V	0,22	Умер загр	III
	0,08	Загр	IV	0,12	Грязн	V	0,11	Грязн	V
7	0,53	Загрязн	IV	1,4	Грязн	V	0,53	Загрязн	IV
	0,22	Грязн	V	0,17	Грязн	V	0,24	Грязн	V
8	1,32	Грязн	V	7,28	Оч. гряз	VI	1,03	Грязн	V
	0,29	Грязн	V	0,46	Оч. гряз	VI	0,38	Оч. гряз	VI

Таблица 3

Пространственно-временная динамика содержания минерального азота и минерального фосфора и трофности вод экосистемы р. Содышка

Места отбора проб	2009		2010		2011	
	$N_{\text{мин}}$	Трофность	$N_{\text{мин}}$	Трофность	$N_{\text{мин}}$	Трофность
	$P_{\text{мин}}$		$P_{\text{мин}}$		$P_{\text{мин}}$	
1	0,67	мезотр.	3,28	эвтр.	0,21	мезотр.
	0,056	мезотр.	0,25	мезотр.	0,07	мезотр.
2	0,75	мезотр.	2,19	эвтр.	0,24	мезотр.
	0,07	мезотр.	0,23	мезотр.	0,07	мезотр.
3	1,34	эвтр.	7,8	эвтр.	0,73	эвтр.
	0,18	мезотр.	1,37	эвтр.	0,2	мезотр.
4	1,1	эвтр.	4,6	эвтр.	0,42	мезотр.
	0,15	мезотр.	0,19	мезотр.	0,12	мезотр.
5	1,35	эвтр.	6,05	эвтр.	0,58	мезотр.
	0,13	мезотр.	0,15	мезотр.	0,18	мезотр.
6	0,46	мезотр.	1,04	эвтр.	0,22	мезотр.
	0,08	мезотр.	0,12	мезотр.	0,11	мезотр.
7	0,53	мезотр.	1,4	эвтр.	0,53	мезотр.
	0,11	мезотр.	0,17	мезотр.	0,24	мезотр.
8	1,32	эвтр.	7,28	эвтр.	1,03	эвтр.
	0,29	эвтр.	0,46	эвтр.	0,38	эвтр.

- наиболее чистой во все годы явилась вода в водохранилище, что связано с большим разбавлением вод в нем;
- наибольшее совпадение оценок качества вод обнаружено по СНК и концентрации минерального фосфора;
- наиболее чувствительным параметром при оценке уровня загрязнения и качества вод оказалась концентрация минерального фосфора.

Данные табл. 3 показывают, что:

- уровень трофности вод во все годы возрастает от истока к устью;
- в устье реки вода во все рассматриваемые годы эвтрофна;
- наименьший уровень трофии вода имеет в истоке и в водохранилище;
- наиболее высокий уровень трофности во всех створах обнаружен в 2010 г., что связано с резким уменьшением водности реки;
- уровень трофности вод во всех створах в 2009 и 2011 гг. совпадает, что свидетельствует об относительной стабильности экосистемы р. Содышка и устойчивости к загрязнению соединениями биогенных элементов;
- концентрация минерального азота является более чувствительным параметром при оценке трофности вод экосистемы р. Содышка.
- как и следовало ожидать исходя из качества вод и уровня их трофности, во всех исследованных створах реки вода оказалась токсичной (табл. 4). Высокую токсичность проявили воды в наиболее загрязненных участках водотока (после птицефабрики и в устье реки). Токсичность исследованных вод в 2010 г. оказалась более значимой, чем в 2011 г., что связано с более высоким уровнем загрязнения водотока в 2010 г. в силу значительного снижения его водности.

Оценка интенсивности процессов нитрификации ($I_{\text{нитр}}$) в 2009-2011 гг. (рис. 1) и изучение корреляционных зависимостей между $I_{\text{нитр}}$ и гидрохимическими параметрами вод в различных створах (табл. 5) показали, что

Таблица 4

Динамика токсичности вод экосистемы р. Содышка

Места отбора проб	2010		2011	
	Индекс токсичности	Степень токсичности	Индекс токсичности	Степень токсичности
1	37	Токсич.	34	Токсич.
2	75	Высоко токс.	48	Токсич.
3	83	Высоко токс.	61	Высоко токс.
4	48	Токсич.	42	Токсич.
5	54	Высоко токс.	48	Токсич.
6	30	Токсич.	36	Токсич.
7	67	Высоко токс.	72	Высоко токс.
8	78	Высоко токс.	88	Высоко токс.

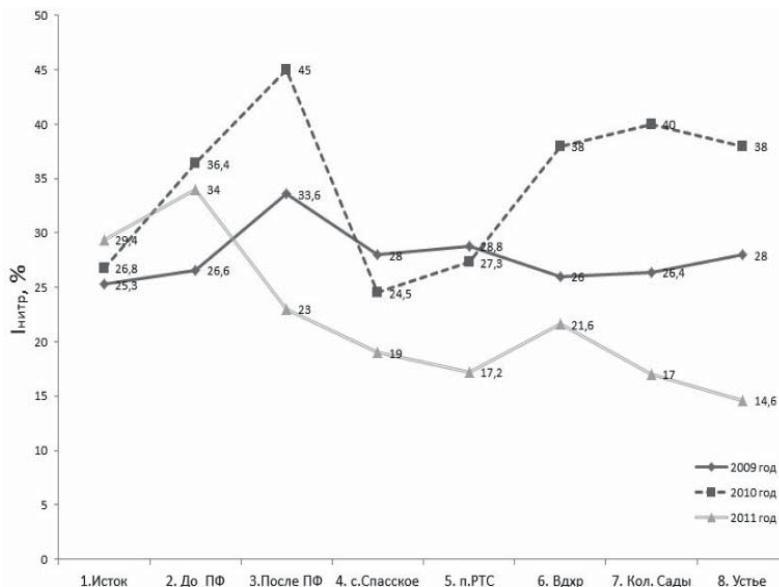


Рис. 1. Пространственно-временная динамика интенсивности процессов нитрификации в экосистеме р. Содышка.

Таблица 5

Корреляционные зависимости между различными гидрохимическими параметрами вод экосистемы р. Содышка

Коррелируемые параметры	2010	2011
$\text{СНК} - I_{\text{нитр}}$	0,18	0,43
$P_{\text{мин}} - I_{\text{нитр}}$	0,60	0,75
$N \text{ NH}_4^+ - I_{\text{нитр}}$	0,72	0,77
$I_{\text{нитр}} - \text{Токс}$	0,61	0,60
$P_{\text{мин}} - \text{Токс}$	0,60	0,91
$N_{\text{мин}} - \text{Токс}$	0,57	0,79
$\text{СНК} - \text{Токс}$	-0,55	-0,48

интенсивность процессов нитрификации главным образом зависит от концентрации аммонийного азота в воде, минеральных форм фосфора и токсичности воды и незначительно от степени насыщения воды кислородом.

Заключение

Таким образом, результаты оценки качества, уровня загрязнения и трофности вод экосистемы р. Содышка по СНК, содержанию минеральных форм азота и фосфора удовлетворительно согласуются между собой.

Наиболее чувствительным параметром при оценке уровня загрязнения и качества вод экосистемы р. Содышка оказалась концентрация минерального фосфора, а при оценке уровня трофности – концентрация минерального азота.

Установлено, что интенсивность процессов нитрификации в наибольшей степени зависит от содержания в воде аммонийного азота и минерального фосфора и незначительно от СНК.

Токсичность хорошо коррелирует с концентрациями в воде минеральных форм азота и фосфора, т.е. она связана с загрязнением воды метаболитами сине-зеленых водорослей – индикаторов процессов эвтрофикации водных объектов.

Интенсивность процесса нитрификации и степени токсичности вод можно использовать для оценки предельно допустимой антропогенной нагрузки по аммонийному азоту на экосистемы малых эвтрофных водотоков. Большое влияние на уровень загрязнения и

трофности малых рек оказывает их водность. Значительное снижение водности реки при неизменной антропогенной нагрузке приводит к существенному ухудшению качества экосистемы и её токсификации.

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки, ГК № П622 от 18 мая 2010 г.

Литература

1. Экологическое состояние территорий России / Под ред. С.А. Ушакова, Я.Г. Каца. М.: Изд. Центр «Академия», 2002. 128 с.
2. Филенко О.В. Водная токсикология. М.: 1983. 154 с.
3. Гальцова В.В. Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных экосистем / В.В. Гальцова, В.В. Дмитриев. СПб.: 2004. 364 с.
4. Савельев О.В. Оценка допустимой антропогенной нагрузки на малые реки по их самоочищающей способности / О.В. Савельев, С.М. Чеснокова // Проблемы региональной экологии. 2011. № 1. С. 6-11.
5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04, ПНД Ф Т16.1:2.3:3.8-04.



S.M. Chesnokova, A.S. Zlyvko

WATER QUALITY ASSESSMENT OF NITRIFICATION OF SMALL EUTROPHIC STREAMS

Time-space dynamics of Sodyshka and Kamenka rivers pollution by nitrogen and phosphorus compounds has been studied. The trophic level as well as quality, and intensity of nitrification processes has been estimated. Correlations between hydro chemical parameters, nitrification intensity and toxicity of water has been analyzed.

Key words: eutrophic streams, nitrification intensity, pollution, waterquality, toxicity, correlations