

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ р. КАМЕНКА (Владимирская область) ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОХИМИЧЕСКИМ показателям

Изучены пространственно-временная динамика уровня загрязнения, качества, трофности и сапробности вод экосистемы р. Каменка и корреляционные зависимости между интегральными и гидрохимическими показателями.

Введение

На берегах р. Каменка расположены многочисленные сельские поселения и г. Суздаль – жемчужина Золотого кольца России с его многочисленными памятниками архитектуры, туристическими и гостиничными комплексами, памятниками природы. В планах региона предусматривается превращение г. Суздаль в центр экологического туризма.

Исходя из вышесказанного, исследование состояния экосистемы р. Каменка в настоящее время весьма актуально.

Практически до начала XX века вода в реке была чистой, в реке водились раки и ценные породы рыб (стерлядь, сом и др.), воду использовали в качестве питьевой. В настоящее время река используется только в рекреационных целях.

Каменка является правым притоком р. Нерль, протекает по территории Суздальского района Владимирской области (рис. 1). Свое начало река берет севернее с. Новокаменское, а впадает в р. Нерль возле с. Новоселки. Её длина 41 км, площадь водосбора 312 км². В р. Каменка впадают реки Тумка и Бакалейка, а также многочисленные ручьи, особенно в верхнем течении. Река загрязняется стоками с сельхозугодий СПК «Стародворский», «Гавриловское», «Тарбаево» и Владимирского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ВНИИСХ) и коммунально-бытовыми стоками г. Суздаль и сельских поселений. Такие стоки, как правило, содержат соединения биогенных элементов и органические вещества. Это

О.В. Савельев*,
аспирант, ФГОУ
ВПО Владимирский
государственный
университет
им. А.Г. и Н.Г.
Столетовых

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



вызывает эвтрофикацию водотока, заиливание дна, смену видового состава гидробионтов и деградацию экосистемы водоема. Усугублению этих процессов способствует нарушение гидрологического режима реки. На р. Каменка в начале 80-х годов прошлого столетия были построены две плотины в черте г. Суздаль и две плотины от истока до города, сооруженные с большими нарушениями. С конца 60-х годов XX столетия производится распашка пойменных лугов. В настоящее время происходит интенсивное зарастание и заболачивание берегов реки и подъем уровня грунтовых вод, угрожающие сохранности памятников архитектуры г. Суздаль, поэтому летом 2009 и 2010 гг. были проведены работы по расчистке русла реки в районе города. Однако эти мероприятия не привели к существенному улучшению состояния экосистемы реки.

В силу резкого сокращения финансирования работ по экологическому мониторингу

* Адрес для корреспонденции: olegator86@bk.ru

поверхностных вод в системе регионального мониторинга наблюдения за р. Каменка в конце 20 столетия они прекращены и в настоящее время не проводятся.

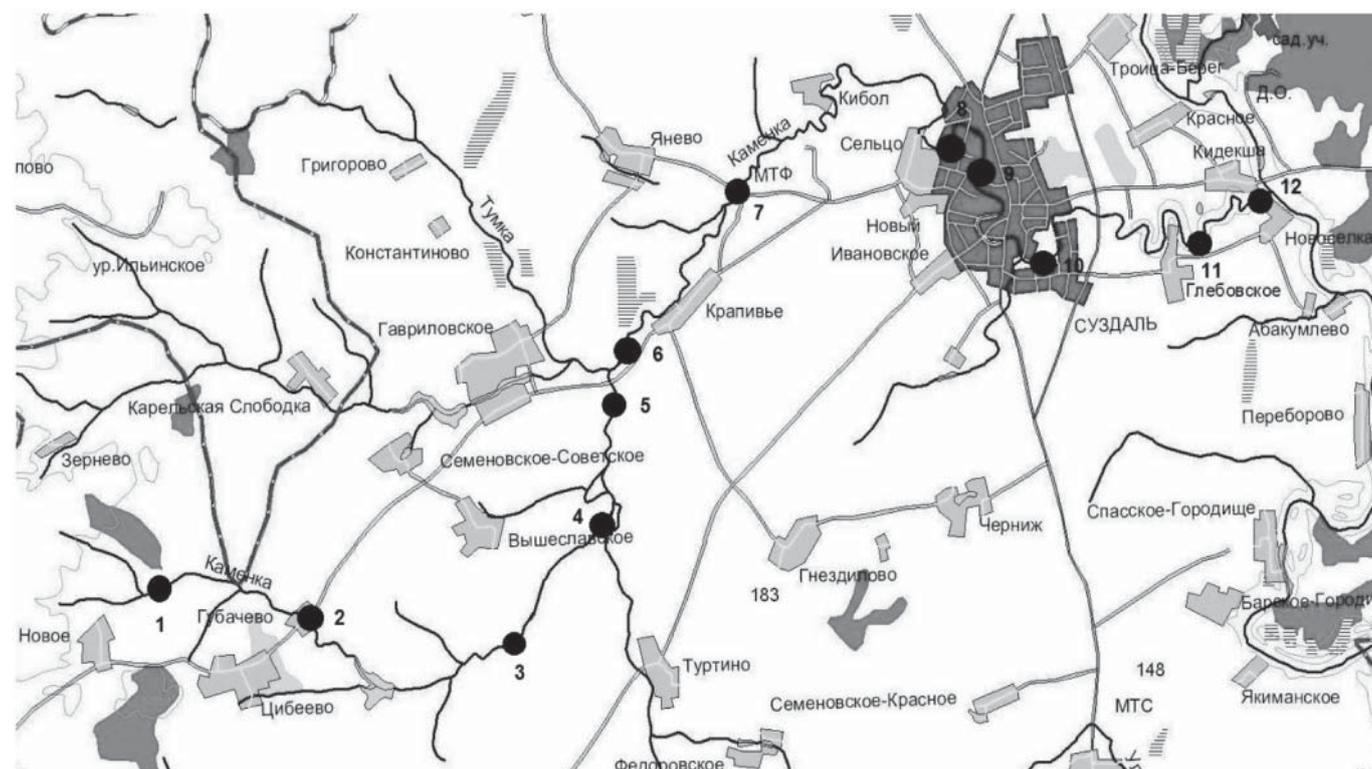
Цель данной работы – оценка экологического состояния экосистемы р. Каменка по сапробности, уровню трофности, качеству воды и ее токсичности.

Материалы и методы исследования

Сапробность вод определяли по структуре сообщества донных беспозвоночных – макрозообентоса, считающегося наиболее удобным и простым объектом при проведении биоиндикационных исследований [1]. Оценку сапробности и трофности водотока по макрозообентосу проводили по методикам [2, 3]. Трофность также оценивали по содержанию соединений минерального азота и фосфора в воде [4].

Качество и уровень загрязнения вод определяли по гидробиологическим [2] и гидрохимическим показателям – степени насыщения воды кислородом (СНК, %) и концентрации в воде соединений азота и фосфора по [4].

Рис. 1. Места отбора проб: 1. Исток (близ с. Новокаменское); 2. с. Губачево; 3. Близ с. Вышеславское; 4. До устья р. Бакалейка; 5. До устья р. Тумка; 6. После устья р. Тумка; 7. Близ с. Янево; 8. До верхней плотины; 9. Около Спасо-Евфимиева монастыря; 10. После нижней плотины; 11. До очистных сооружений г. Суздаль; 12. Устье (с. Новоселка).



Концентрацию минерального азота определяли как сумму азота аммония, нитратов и нитритов;

$$N_{\text{мин}} = \text{NNH}_4^+ + \text{NNO}_3^- + \text{NNO}_2^-;$$

где NNH_4^+ – концентрация азота аммонийного, мг/дм³;

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

NNO_2^- – концентрация азота нитритов, мг/дм³.

Концентрацию нитратного и нитритного азота определяли потенциометрически с использованием нитрат- и нитритселективных электродов (ГОСТ 29270-95) на универсальном иономере «Эксперт-001»; аммонийный азот определяли фотометрически по окраске комплекса с реактивом Несслера на фотометре КФК-3 (природоохранный нормативный документ федерального значения 14.1:2.1-95); фосфаты – фотометрически по окраске восстановленной фосфорномолибденовой кислоты (природоохранный нормативный документ федерального значения 14.1:4.248-07); токсичность вод – по величине изменения биолюминесценции лиофилизированных люминесцентных бактерий «Эколюм» с помощью биолюминометра «Биотокс-10М». Оценка токсичности с этим тест-объектом основана на определении величины изменения биолюминесценции бактерий при действии токсичных веществ, содержащихся в исследуемой воде, по сравнению с контрольной пробой [5].

Все анализы выполнены в аккредитованной лаборатории физико-химических методов

Таблица 1

Результаты оценки сапробности вод экосистемы р. Каменка

№ створа	Сапробность			
	Метод [2]			Метод [3].
	2003 г.	2008 г.	2011 г.	2011 г.
1	α-мезосапр.	α-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.
2	α-мезосапр.	α-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.
3	α-мезосапр.	α-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.
4	α-β-мезосапр.	α-β-мезосапр.	β-мезосапр.	β-мезосапр.
5	Олиго-β-мезосапр.	α-мезосапр.	α-β-мезосапр.	α-мезосапр.
6	α-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.	β-мезосапр.
7	α-β-мезосапр.	β-мезосапр.	β-мезосапр.	β-мезосапр.
8	α-мезосапр.	α-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.
9	α-β-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.	β-мезосапр.
10	α-мезосапр.	α-мезосапр.	β-мезосапр.	β-мезосапр.
11	β-полисапр.	β-полисапр.	β-полисапр.	β-мезосапр.
12	β-полисапр.	β-полисапр.	β-полисапр.	α-мезосапр.

Таблица 2

Трофность вод экосистемы р. Каменка

№ створа	Трофность по гидробиологическим показателям			Трофность по гидрохимическим показателям (мг/дм ³)					
	2003 г.	2008 г.	2011 г.	2009 г.	Трофность	2010 г.	Трофность	2011 г.	Трофность
				P _{мин}		P _{мин}		P _{мин}	
				NNH ₄ ⁺		NNH ₄ ⁺		NNH ₄ ⁺	
1	эв	эв	эв	-	-	0,08 0,24	мезо мезо	0,07 0,2	мезо мезо
2	эв	эв	эв	-	-	0,13 0,15	мезо мезо	0,10 0,25	мезо мезо
3	эв	эв	эв	-	-	0,12 0,3	мезо мезо	0,08 0,25	мезо мезо
4	α-мезо-эв	α-мезо-эв	α-мезо	-	-	0,11 0,2	мезо мезо	0,06 0,26	мезо мезо
5	α-β-мезо	эв	α-мезо-эв	0,64 0,42	эв. мезо	0,14 0,33	мезо мезо	0,08 0,27	мезо мезо
6	эв	эв	α-мезо	1,1 0,68	эв эв	0,12 0,27	мезо мезо	0,12 0,27	мезо мезо
7	α-мезо-эв	α-мезо.	α-мезо	1,12 0,68	эв эв	0,14 0,15	мезо мезо	0,12 0,26	мезо мезо
8	эв	эв	эв	1,2- 0,68-	эв эв	0,15 0,16	мезо мезо	0,08 0,26	мезо мезо
9	α-мезо-эв	эв	α-мезо	1,16 0,68	эв эв	0,14 0,25	мезо мезо	0,08 0,24	мезо мезо
10	эв	эв	α-мезо	1,2 0,7	эв эв	0,16 0,22	мезо мезо	0,12 0,28	мезо мезо
11	поли	поли	поли	1,2 0,68	эв эв	0,16 0,32	мезо мезо	0,12 0,32	мезо мезо
12	поли	поли	поли	1,3 0,85	эв эв	0,27 0,44	мезо мезо	0,7 0,41	эв мезо

Примечание: «-» – данные отсутствуют

анализа кафедры экологии Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых.

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 представлены результаты определения сапробности вод в экосистеме водотока методами [2] и [3].

Наблюдается совпадение результатов определения сапробности вод экосистемы используемыми методами. Из табл. 1 следует, что сапробность во все наблюдаемые годы возрастает от истока к устью, а в целом с 2008 г. она заметно снижается, что свидетельствует о некотором улучшении экологической ситуации в экосистеме водотока, особенно в черте города после расчистки русла реки в 2009-2010 гг.

В табл. 2 представлены результаты определения уровня трофности вод водотока по гидробиологическим [2] и гидрохимическим показателям [4] за несколько последних лет. Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что гидробиологические показатели являются более чувствительными параметрами при оценке уровня эвтрофикации водотока. Оценки трофности по гидробиологическим показателям за все исследуемые годы хорошо согласуются между собой. Трофность вод в водотоке во все годы возрастает от истока к устью, что свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на водоток, особенно в черте г. Суздаль. Некоторое снижение уровня трофности, наблюдаемое в черте города в 2011 г. по сравнению с предыдущими, связано с расчисткой русла реки. Этот факт свидетельствует о наличии вторичного загрязнения вод донными отложениями.

Обнаруженное постоянство гидробиологических параметров в последние годы в наблюдаемых пунктах свидетельствует о стабилизации экосистемы водотока и относительной ее устойчивости к существующему уровню антропогенного воздействия. Стабилизации экосистемы способствовали также многочисленные макрофиты прибрежной зоны, активно поглощающие соединения биогенных элементов

Показатели трофности вод экосистемы р. Каменка, определенные по гидрохимическим показателям, также хорошо согласуются между собой, но они несколько ниже оценок, полученных методом биоиндикации. В целом они возрастают от истока к устью и уменьшаются с 2009 по 2011 гг., особенно это уменьшение заметно в черте г. Суздаль, что связано с расчисткой русла на этом участке водотока.

В табл. 3 и 4 представлены результаты оценки уровня загрязнения и классов качества вод экосистемы р. Каменка биологическими и физико-химическими методами. Как и следовало ожидать из результатов оценок трофности и сапробности, уровень загрязнения возрастает от истока к устью и незначительно уменьшается с 2008 к 2011 г.

Уровни загрязнения, определенные методами [2] и [3], хорошо согласуются между собой и весьма удовлетворительно – с данными, полученными по гидрохимическим показателям. Наиболее чувствительным из гидрохимических показателей качества и уровня загрязнения вод оказался фосфор минеральный.

В табл. 5 представлены результаты интегральной оценки экосистемы водотока по индексу сапробности ($I_{\text{сапр.}}$), индексу токсичности ($I_{\text{токс.}}$) и агрегационному индексу ($I_{\text{агр.}}$), характеризующему токсичность для экосистемы минеральных соединений азота [6, 7]:

$$I_{\text{агр.}} = \sum C_i / \text{ПДК}_i$$

Таблица 3

Класс качества и уровень загрязнения вод экосистемы р. Каменка по гидробиологическим показателям

№ створа	Метод [2]			Метод [3]
	Класс качества и уровень загрязнения			Класс качества и уровень загрязнения
	2003 г.	2008 г.	2011 г.	2011 г.
1	4 загр.	4 загр.	4 загр.	3 умер. загр.
2	4 загр.	4 загр.	4 загр.	3 умер. загр.
3	4 загр.	4 загр.	4 загр.	3 умер. загр.
4	3-4 умер. загр.	3-4 умер. загр.	3 умер. загр.	3 умер. загр.
5	2-3 умер. загр.	4 загр.	3-4 умер. загр.	4 загр.
6	4 загр.	4 загр.	3 умер. загр.	3 умер. загр.
7	3-4 умер. загр.	3 умер. загр.	3 умер. загр.	3 умер. загр.
8	4 загр.	4 загр.	4 загр.	3 умер. загр.
9	3-4 умер. загр.	4 загр.	3 умер. загр.	3 умер. загр.
10	4 загр.	4 загр.	3 умер. загр.	3 умер. загр.
11	5 грязные	5 грязные	5 грязные	3 умер. загр.
12	5 грязные	5 грязные	5 грязные	4 загр.

Таблица 4

Класс качества и уровень загрязнения вод экосистемы
р. Каменка по гидрохимическим параметрам (2011 г.)

№ створа	СНК, %	Кл. качест. и уровень загряз.	NH_4^+ , мг/дм ³	Кл. качест. и уровень загряз.	NO_3^- , мг/дм ³	Кл. качест. и уровень загряз.	PO_4^{3-} , мг/дм ³	Кл. качест. и уровень загряз.
1	83,3	2 чист.	0,20	2 чист.	0,31	3 ум. загр.	0,21	5 гряз.
2	70,0	3 умер. загр.	0,25	3 умер. загр.	0,29	3 умер. загр.	0,29	5 гряз.
3	67,9	4 загр.	0,25	3 умер. загр.	0,31	3 умер. загр.	0,24	5 гряз.
4	75,5	3 умер. загр.	0,26	3 умер. загр.	0,28	3 умер. загр.	0,19	5 гряз.
5	76,1	3 умер. загр.	0,27	3 умер. загр.	0,14	2 чист.	0,24	5 гряз.
6	70,0	3 умер. загр.	0,27	3 умер. загр.	0,31	3 умер. загр.	0,35	6 оч. гряз.
7	67,9	4 загр.	0,26	3 умер. загр.	1,55	4 загр.	0,34	6 оч. гряз.
8	64,8	4 загр.	0,26	3 умер. загр.	0,39	3 умер. загр.	0,24	5 гряз.
9	66,9	4 загр.	0,24	3 умер. загр.	0,39	3 умер. загр.	0,26	5 гряз.
10	75,5	3 умер. загр.	0,28	3 умер. загр.	1,1	5 гряз.	0,37	6 оч. гряз.
11	70,0	3 умер. загр.	0,32	3 умер. загр.	1,96	6 оч. гряз.	0,35	6 оч. гряз.
12	40,1	5 гряз.	0,41	4 загр.	0,78	4 загр.	2,13	6 оч. гряз.

Таблица 5

Интегральная характеристика экосистемы р. Каменка

№ створа	$I_{\text{сапр.}}$	$I_{\text{агр.}}$	Индекс токсичности, Т	Степень токсичности
1	2,35	0,68	38	токсич.
2	2,35	0,91	48	токсич.
3	2,35	0,90	43	токсич.
4	2,31	0,90	55	выс. токсич.
5	2,54	0,92	57	выс. токсич.
6	2,34	0,90	61	выс. токсич.
7	2,44	0,94	33	токсич.
8	2,47	0,93	40	токсич.
9	2,25	0,92	50	токсич.
10	2,44	0,98	56	выс. токсич.
11	2,44	1,17	68	выс. токсич.
12	2,73	1,37	74	выс. токсич.

Обнаружена удовлетворительная корреляция между интегральными показателями состояния экосистемы (индексом сапробности, индексом токсичности и агрегационным индексом) и основными гидрохимическими параметрами вод (табл. 6).

Заключение

Данные пространственно-временной динамики уровня загрязнения, качества, трофности и сапробности вод экосистемы р. Каменка свидетельствуют о ее стабилизации и относительной устойчивости к существующему уровню антропогенной нагрузки.

Таким образом, результаты оценки экологического состояния экосистемы р. Каменка

Таблица 6

Корреляционные зависимости интегральных показателей состояния экосистемы и некоторыми гидрохимическими параметрами вод

Параметры	Коэф. корреляции
$I_{\text{агр.}} - I_{\text{токс.}}$	0,75
$I_{\text{сапр.}} - I_{\text{токс.}}$	0,47
$P_{\text{мин.}} - I_{\text{токс.}}$	0,60
$I_{\text{агр.}} - I_{\text{сапр.}}$	0,73
$P_{\text{мин.}} - I_{\text{сапр.}}$	0,79
$P_{\text{мин.}} - I_{\text{агр.}}$	0,81
$N_{\text{мин.}} - I_{\text{сапр.}}$	0,47
$N_{\text{мин.}} - I_{\text{токс.}}$	0,41
$N_{\text{мин.}} - I_{\text{агр.}}$	0,73
$СНК - I_{\text{сапр.}}$	0,66
$СНК - I_{\text{агр.}}$	0,83
$СНК - I_{\text{токс.}}$	-0,46

с использованием гидробиологических и гидрохимических показателей хорошо согласуются между собой.

Обнаружена удовлетворительная корреляционная зависимость между интегральными показателями и основными гидрохимическими параметрами вод экосистемы водотока.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки, ГК № 02.740.11.0734 от 5 апреля 2010 г.

Ключевые слова:

уровень загрязнения,
класс качества,
сапробность,
трофность,
токсичность

Литература

1. Биоиндикация экологического состояния равнинных рек / Под ред. О.В. Бухарина, Г.С. Розенберга. М.: Наука, 2007. 403 с.
2. Биоиндикация уровня загрязнения рек Владимирской области. Методические указания / Сост. Николаев С.Г., Извекова Э.И., Смирнова Л.А. М.: НТО ТОО Институт пресноводных культур. 1993. 57 с.
3. Чернопруд М.В. Модификация метода Пантле Бука для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макрозообентоса // Водные ресурсы. 2002. № 3. С. 337-342.
4. Гальцова В.В. Практикум по водной экологии мониторингу состояния водных экосистем / В.В. Гальцова, В.В. Дмитриев СПб.: Изд. Наука, 2007. – 364 с.
5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой "ЭКОЛИУМ".
6. Воробейчик Е.Л. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем / Е.Л. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарафонов. Екатеринбург: УИФ, Наука, 1994. 240 с.
7. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: Теоретические и прикладные аспекты. М.: Наука, 2009. 400 с.

O.V. Saveliev, S.M. Chesnokova

EVALUATION OF ECOSYSTEM OF RIVER KAMENKA (VLADIMIR REGION) BY HYDROBIOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS

The spatial and temporal dynamics of the pollution level, quality, trophic and saprobic water ecosystems of the river Kamenka and the correlations between the integral and hydrochemical parameters have been studied.

Key words: pollution, quality grade, saprobity, trophicity, toxicity