



УДК 574.52

**РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА РЕКИ СВАПЫ:
ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ, КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ
ЗООПЛАНКТОНА, ГИДРОХИМИЯ**

**OUTCOMES OF INTEGRATED MONITORING OF THE SVAPA RIVER: HIGHER
WATER PLANTS, QUALITATIVE COMPOSITION OF ZOOPLANKTON,
HYDROCHEMISTRY**

**М.В. Кумани¹, В.В. Руднев¹, Ю.А. Соловьева²
M.V. Kumani¹, V.V. Rudnev¹, Ju.A. Solov'eva²**

¹ Курский государственный университет,
Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33

² ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,
Россия, 305021, г. Курск, ул. К. Маркса, 70-б

¹ Kursk State University, 33 Radischeva st., Kursk, 305000, Russia

² SSI All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control,
70b K. Marksa St, Kursk, 305021, Russia

E-mail: kumanim@yandex.ru

Аннотация

На ключевых участках, расположенных в верхнем, среднем и нижнем течении реки Свапы (Курская область), были проведены исследования гидрохимического состава вод, зоопланктона, высших водных и прибрежно-водных растений. Установлено, что в верхнем течении река имеет максимальное загрязнение соединениями азота и фосфора, взвешенными веществами. Выявлено снижение индекса сапробности от альфамезосапробного класса в верхнем течении (загрязненные воды) до бетамезосапробного класса в устье (слабозагрязненные воды). Вниз по течению реки происходит уменьшение степени зарастания русла макрофитами и увеличение их видового разнообразия, что также указывает на постепенное снижение загрязнения вод вниз по течению реки Свапы.

Abstract

Investigations of hydrochemical composition of water, qualitative composition of zooplankton, species composition of macrophytes and surface area of their protective cover were conducted in index plots, located at upper, middle and lower reaches of the Svapa river (Kursk region). It was found, that at upper reaches the river had the highest pollution by nitrogen and phosphorus compounds, by suspended matters. It is connected with the influence of the wastewater treatment facility of the Zheleznogorsk city and the drainage complex of the Mikhailovsky iron ore processing plant. On the basis of qualitative analysis of zooplankton composition it was obtained that saprobity index reduced from alphamesocaprobic class at the upper reaches (polluted waters) to betamesosaprobic class at the lower reaches (low polluted waters). This points at gradual water self-clarification and water quality improvement at the middle and lower reaches of the Svapa river. Decrease of the rate of the streambed overgrowing with macrophytes and increase of their biodiversity almost twice occurred downstream the Svapa river. That indicates gradual decrease of water pollution down the river as well. Minor-sized tributary streams of the Svapa river and the river itself at the upper reaches need water pollution mitigation and prevention measures for hydroecological situation improvement.

Ключевые слова: загрязнение вод, биоиндикация, индекс сапробности, метод Пантле и Бука в модификации Сладечека, высшие водные растения, макрофиты.

Key words: water pollution, bioindication, saprobity index, Pantle and Buck's method in Sladечek's modificatoion, higher water plants, macrophytes.



Введение

Для комплексного контроля качества поверхностных вод, находящихся под воздействием источников различных загрязняющих веществ, необходимо использовать не только химические методы анализа, но и гидробиологические. В основе гидробиологического мониторинга лежат исследования с применением биоиндикации с целью наблюдения и оценки водных экосистем по общему состоянию зоо- и фитоценозов исследуемого водного объекта.

При определении качества вод зоопланктон является хорошим индикатором условий среды обитания и используется как показатель загрязнения той части водотока, которая лежит выше пункта взятия пробы. В настоящее время зоопланктон широко применяется для биоиндикации изменений экологического состояния пресных экосистем [Филенко, Михеева, 2007].

Макрофиты (высшие водные и прибрежно-водные растения), как и зоопланктон, служат показателем качества природной среды водных объектов. Их видовой состав, встречаемость, репродуктивность, степень покрытия водной поверхности и другие показатели зависят от прозрачности, цвета воды, содержания в ней различных загрязняющих веществ. Хотя макрофиты обладают определенной биологической консервативностью, они реагируют на продолжительное воздействие загрязняющих веществ, попадающих в водные объекты в результате хозяйственной деятельности человека.

Проведены исследования способов самоочищения водоёмов при участии макрофитов. Так, Л.О. Эйно [1992] установил, что на развитие и распространение группировок водных растений влияют: 1) прозрачность воды, 2) свойства донных грунтов, 3) подвижность водной массы. Д.И. Стом, С.С. Тимофеева, Л. И. Белых [1980] проводили исследования участия растений в самоочищении вод от фенольных соединений. Установлено, что присутствие макрофитов способствует интенсивному снижению концентрации фенолов в загрязнённых ими поверхностных водах. Высшие водные растения также способны очищать воды от биогенных и органических загрязнителей, тяжелых металлов [Борзенков, Кумани, Лукьянчиков, 2010].

Цель данной работы – выявить закономерности распространения видового состава макрофитов, качественного состава зоопланктона, содержания химических веществ в реке Свапе на основе полученных данных ее комплексного мониторинга.

Материалы и методы исследования

Исследования видового состава макрофитов, их проективного покрытия, качественного состава зоопланктона и гидрохимического состава речных вод были проведены на реке Свапе (Курская область). В соответствии с ГОСТ 17.1.1.02–77, эта река относится к «средним» рекам: ее длина 197 км, площадь водосбора – 4990 км².

Макрофиты и зоопланктон были исследованы на четырех ключевых участках р. Свапы: ниже устья р. Чернь (верхнее течение), выше села Михайловка, ниже села Снижа, в устье. Пятый ключевой участок находился на р. Сейм в 30 километрах ниже впадения в него р. Свапы. Исследования зоопланктона и макрофитов были проведены в июле 2014 года.

Для обнаруженных на ключевых участках макрофитов был использован показатель площади проективного покрытия. Степень зарастания участков русла эколого-биологическими группами растений оценена как их суммарное проективное покрытие в процентах, которое определено глазомерно по методу Шенникова [1964]. Виды растений определяли по П.Ф. Маевскому [1964].

Определение класса сапробности в реках проводили на основе анализа видового состава зоопланктонных сообществ, по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека [Sladeček, 1973]. Для определения класса сапробности того или иного ключевого участка реки использовались традиционные для этого метода классы сапробности с одним дополнением (табл. 1). Это дополнение обосновано для условий Центрального Черноземья, так как введение дополнительного алфавитамезосапробного класса позволяет более детально классифицировать водные объекты с наиболее характерным для изучаемого региона уровнем загрязнения [Кумани, Ревкова, 2007].



Таблица 1
Table 1

Классификация водоемов по индексам сапробности
Waterbodies classification by saprobity indexes

Класс качества воды	Название класса	Индекс сапробности	Класс сапробности	Численные обозначения классов сапробности
1	2	3	4	5
1	Очень чистые	<1	Ксеносапробный	0
2	Чистые	1.1–1.5	Олигосапробный	1
3а	Слабо загрязненные	1.5–2.15	Бетамезосапробный	2
3б	Умеренно загрязненные	2.15–2.5	Альфамезосапробный	2.5
4	Загрязненные	2.5–3.5	Альфамезосапробный	3
5	Грязные	3.5–4.0	Полисапробный	4
6	Очень грязные	>4	Гиперсапробный	5

Пункты отбора проб на гидрохимический анализ отличались от ключевых участков, выбранных для биоиндикационных исследований. Чтобы оценить уровень загрязнения притоков, несущих воды в Свапу, были выбраны пункты наблюдений на реке Речица (впадает в р. Чернь) в с. Веретенино и в устье, а также в устье р. Чернь (впадает в р. Свапу). На р. Свапе были использованы пункты наблюдений, расположенные по всей длине реки: выше и ниже с. Михайловка, в черте с. Ратманово и в с. Береза. Установлено, что динамика концентраций многих веществ по гидрологическим сезонам года значительно варьируется [Соловьева, Кумани, 2013]. Поэтому для объективной в многолетнем аспекте оценки изменения гидрохимического состава вод в р. Свапе при практически не изменяющемся уровне антропогенной нагрузки на ее сток, в работе использованы среднееголетние значения концентраций за 2002–2014 гг. Каждое среднегодовое значение было получено из ежемесячных данных. Химические анализы были сделаны аналитической лабораторией водоканала г. Железнодорожска.

Результаты и их обсуждение

В верхнем течении р. Свапы испытывает влияние сточных вод очистных сооружений г. Железнодорожска и дренажного комплекса Михайловского горно-обогатительного комбината (МГОК). Сброс сточных вод с очистных сооружений и неканализованных ливневых стоков г. Железнодорожска и МГОКа производится в р.р. Речицу и Чернь (притоки р. Свапы). В среднем и нижнем течении на р. Свапу оказывает фоновое воздействие, формируемое сельским хозяйством. Из-за водной эрозии на пахотных угодьях (распаханность водосбора составляет 70%) и выпаса сельскохозяйственных животных в пойме река и ее притоки загрязняются биогенными веществами [Кумани, 2004; Соловьева и др., 2015].

Первый ключевой участок р. Свапы расположен ниже устья р. Чернь. Впадающая выше по течению река Чернь и её приток Речица несут в Свапу загрязненные воды. В устье р. Черни преобладают загрязнители-биогены: нитритная и аммонийная формы азота (3 и 2 ПДК соответственно) при низком содержании нитратов, фосфаты (3 ПДК); велико содержание взвешенных веществ. Превышена ПДК по биохимическому потреблению кислорода (БПК) (табл. 2).

Ширина русла р. Свапы на данном ключевом участке составляет 10–15 м, глубина до 2 м, прозрачность воды – 0.5 м, степень зарастания русла высшими водными растениями – 80–90%. Индекс сапробности равен 2.52 – альфамезосапробный класс, т. е. воды загрязненные.

На первом ключевом участке наибольшее распространение получили такие виды макрофитов, как тростник обыкновенный, осока вздутая, стрелолист стрелолистный. Проективное покрытие каждого из них составляет от 13 до 43.5%. Чуть меньшее значение имеют виды: аир обыкновенный, кубышка желтая, которые характеризуются



проективным покрытием от 6.5 до 12%. Совсем редко встречаются: кувшинка белая, водокрас обыкновенный, ряска малая, проективное покрытие которых от 2 до 4.8%. На первом ключевом участке встречается 11 видов водных растений. Также здесь наблюдается повышенное содержание фитомассы нитчатых водорослей, препятствующих проникновению света на глубину. Их чрезмерное развитие – один из показателей загрязнения органическими и биогенными веществами. Вследствие этого свет становится лимитирующим фактором для погруженных макрофитов и происходит сокращение биомассы высших водных растений. В результате сокращается и перехват биогенного стока с водосбора макрофитами.

Таблица 2

Table 2

Среднегодовое значения концентраций веществ и показателей в р. Свапе и ее притоках за 2002–2014 гг.

Annual values of element concentrations and indexes in the Svapa river and its tributary streams during 2002–2014 years

Вещества и показатели, единицы измерения	Пункты отбора проб							
	Речица, с. Веретенино	Речица, устье	Чернь, устье	Свапа, выше с. Михайловка	Свапа, ниже с. Михайловка	Свапа, с. Рагманово	Свапа, с. Береза	Рыбохозяйственная ПДК
$N-NH_4$, мг/л	1.27	0.46	0.84	0.32	0.29	0.26	0.30	0.40
$N-NO_2$, мг/л	0.142	0.077	0.058	0.044	0.045	0.039	0.026	0.020
$N-NO_3$, мг/л	6.4	2.0	0.5	1.9	2.0	1.8	1.4	9.1
$P-P_2O_5$, мг/л	0.60	0.35	0.63	0.20	0.19	0.19	0.15	0.20
Взвешенные вещества, мг/л	16.03	19.05	35.50	8.02	5.50	4.65	4.37	+0.25 к фону
ХПК, мг O_2 /л	19.6	9.4	11.5	14.4	13.7	12.7	13.3	15.0
БПК ₅ , мг O_2 /л	2.5	3.7	2.3	2.5	2.3	2.2	2.0	2.0
Fe общее, мг/л	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.16	0.1
Cu^{2+} , мг/л	0.005	0.005	0.002	0.005	0.005	0.006	0.005	0.001
СПАВ анионоакт., мг/л	0.04	0.04	0.02	0.04	0.05	0.03	0.03	0.10
Нефтепродукты, мг/л	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.05

Второй ключевой участок характеризует состояние биоценозов реки Свапы после воздействия на неё всех объектов Железнодорожного промышленного узла при удалении от них на 19 км. Здесь ширина реки – 50–60 м, глубина – более 4 м, прозрачность – 0.8 м, зарастание русла – 60–70%. На протяжении реки от первого до второго ключевого участка вода становится заметно прозрачнее, русло значительно шире, увеличивается водность реки. Индекс сапробности в этом пункте исследования равен 2.41 – альфатамезосапробный класс, т. е. вода умеренно загрязнена. По сравнению с устьем р. Чернь, содержание аммонийной и нитритной форм азота здесь снижается (почти в 3 и в 1.5 раза соответственно), возрастает содержание его наиболее безопасной в экологическом отношении нитратной формы, в 3 раза снижается концентрация фосфатов, взвешенных веществ – почти в 6.5 раз (см. табл. 2). С увеличением водности реки происходит разбавление загрязняющих веществ, поступающих из притоков; вместе с этим происходит самоочищение реки макрофитами, образующими своеобразное биоплато перед с. Михайловка.

На втором ключевом участке большую роль в проективном покрытии (35–40%) занимают виды рдестов: рдест блестящий, рдест плавающий. При этом доминирующее положение различных видов рдестов переходит от одного к другому. До 15% достигает доля тростника обыкновенного, столько же процентов рогаза широколистственного.



На протяжении реки до третьего ключевого участка (с. Снижа) становится заметно больше различных видов водных растений. Там, где река более широкая и течение слабее, на плесах, встречаются ассоциации кувшинки белой (до 10 м²), цветущий рдест плавающий (до 50 м²).

Третий ключевой участок Свапы расположен за селом Снижа, в 65 км ниже по течению от устья реки Чернь. Ширина русла реки – 40 м, глубина – 2 м, прозрачность – 1 м, зарастание русла – 45%. Индекс сапробности равен 2.05 – бетамезосапробный класс, т. е. вода здесь уже слабо загрязнена по сравнению с вышележащими пунктами исследования.

На территории этого ключевого участка не проводились гидрохимические наблюдения. Однако имеется возможность проанализировать среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в следующих пунктах наблюдений: в 20-и км выше по течению (с. Ратманово) и в 17-и км ниже (с. Береза) от данного ключевого участка. Концентрации аммонийного азота остаются приблизительно на одном уровне (по сравнению с другими пунктами наблюдений на р. Свапы), и уже не превышают рыбохозяйственную ПДК. Содержание нитритов продолжает снижаться, но ПДК по ним по-прежнему превышена; наблюдается снижение нитратной формы азота, фосфатов, взвешенных веществ (см. табл. 2). Это связано как с процессами самоочищения речной воды, так и с интенсивной подпиткой, разбавлением подземными водами, дренируемыми рекой [Смолянинов, 2003]. Причем следует учитывать, что распределение поллютантов в донных отложениях рек подчиняется закономерным изменениям на отдельных участках (от истоков к устью) [Кумани, Лисецкий, 2011].

На третьем ключевом участке р. Свапы повсеместно встречается по берегам паслен сладко-горький (10%), появляется ежеголовник прямой. Из высших водных растений преобладают рдестовые ассоциации, занимающие до 50% проективного покрытия (рдест пронзеннолистный, блестящий). Большое количество стрелолиста стрелолистного, рогоза широколистного и камыша лесного, по 15%. Кувшинка белая встречается небольшими группами из нескольких растений, но часто. Появляется частуха подорожниковая. После деревни Снижа встречается хвостник обыкновенный, уруть колосистая и элодея канадская, занимающие до 30% проективного покрытия. Таким образом, можно отметить тенденцию увеличения числа видов до 13 на участке реки у села Снижа. На данном участке, как и по всей длине реки, сохраняется антропогенная нагрузка от объектов сельскохозяйственного производства.

Проявляется следующая закономерность: с увеличением разнообразия видов на ключевых участках уменьшается проективное покрытие каждого из них.

Четвёртый ключевой участок расположен в месте впадения р. Свапы в р. Сейм и находится в 118 км от устья р. Чернь. Ширина русла здесь 30–40 м, глубина – 4–5 м, прозрачность – 0.9 м, степень зарастания русла – 45%. Индекс сапробности равен 1.82 – бетамезосапробный класс. По классу качества и сапробности вода в этом пункте исследования, также как и в предыдущем, слабо загрязненная, но численное значение индекса сапробности здесь ниже по сравнению с предыдущим участком.

На четвертом ключевом участке до 40% увеличивается значение таких видов, как кубышка желтая, стрелолист стрелолистный. До 2% снижается проективное покрытие кувшинки белой, до 15–20% рдеста блестящего, рдеста продырявленного. Отмечено появление новых видов. Например, местами встречается мята полевая, водокрас обыкновенный, ряска маленькая, частуха подорожниковая, манник большой, наяда большая, занимающие около 30–35%.

Между ключевыми участками стрелолист стрелолистный сменяется на два вида роголистника, которые занимают до 90% площади. Кувшинки находятся лишь в заводях со стоячей водой. По берегам начинает преобладать камыш озерный. Местами встречается рдест блестящий. Ежеголовник чередуется с айром обыкновенным – 10–15%.

Благодаря не высоким концентрациям меди, железа, органических загрязнителей (СПАВ и нефтепродуктов) в с. Береза, что находится выше по течению



от данного ключевого участка, уменьшения биоразнообразия макрофитов и увеличения индекса сапробности не наблюдается.

Пятый участок расположен на реке Сейм, в 150 км от устья реки Чернь и ниже впадения р. Свапы. Ширина русла – 40–50 м, глубина – более 5 м, прозрачность воды – 1.5 м, степень зарастания русла – 30%. Индекс сапробности равен 1.58 – бетамезосапробный класс. Исследуемый участок реки находится на границе олигосапробного и бетамезосапробного класса воды, т. е. вода переходит от слабо загрязненной к чистой.

На этом участке процент суммарного проективного покрытия высших водных растений составляет 30%. Доминирующие виды: камыш лесной, камыш озерный, аир обыкновенный. Их сменяет сусак зонтичный (60–65%). Возле деревни Капыстичи отмечена малая площадь зарастания реки Сейм прибрежными растениями. Повсеместно доминирует кубышка желтая и стрелолист стрелолистный (65–70%). Местами доминируют рдест блестящий и рдест пронзеннолистный; 2–3% занимают ряска малая, водокрас обыкновенный и кувшинка белая. 10–15% занимает роголистник светло-зеленый, аир обыкновенный, сусак зонтичный, 5–7% частуха подорожниковая, наяда большая. Увеличение количества видов водных растений до 19 говорит о лучших условиях их существования по сравнению с предыдущими участками, то есть о продолжающемся снижении концентраций загрязняющих веществ в воде за счет возрастания водности реки и возможности самоочищения.

На исследованных ключевых участках также происходит постепенное снижение класса сапробности, и водоток из альфамезосапробного состояния в верхнем течении переходит в бетамезосапробное состояние в устье, т. е. от загрязнённых вод к слабо загрязнённым (рис. 1).

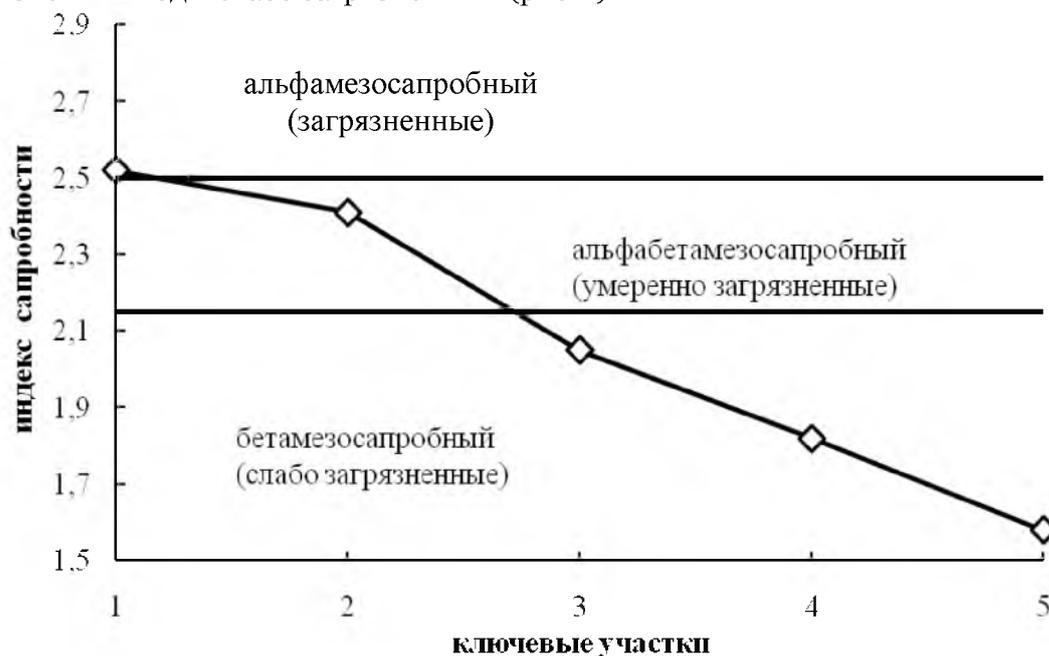


Рис. 1. Индексы сапробности на ключевых участках р. Свапы: 1 – Свапа, устье р. Чернь; 2 – Свапа, с. Михайловка; 3 – Свапа, с. Снижа; 4 – Свапа, устье; 5 – Сейм, с. Березники
 Fig. 1. Saprobity indexes in the index plots of the Svapa river: 1 – Svapa, estuary of the Chern' river; 2 – Svapa, vill. Mikhaylovka; 3 – Svapa, vill. Snizha; 4 – Svapa, estuary; 5 – Seym, vill. Berezniki

В результате исследования макрофитов р. Свапы выявлен 31 вид растений (табл. 3). По длине реки от верхнего течения к нижнему происходит смена видов макрофитов, увеличение их количества при уменьшении степени зарастания русла (рис. 2). При этом имеются виды-индикаторы, проявляющие жизненную активность в ограниченных рамках условий окружающей среды. Наряду с ними существуют виды,



приспособленные к широкому диапазону условий существования. На реке Свапе к ним относятся: стрелолист обыкновенный, рдест блестящий, кувшинка чисто-белая.

Таблица 3
Table 3

Видовое разнообразие макрофитов на ключевых участках реки Свапы
Biodiversity of macrophytes in the index plots of the Svapa river

№	Название вида	Ключевые участки				
		1 Свапа, устье р. Чернь	2 Свапа, с. Михайловка	3 Свапа, с. Снижа	4 Свапа, устье	5 Сейм, с. Березники
1	Тростник обыкновенный	+				
2	Ожика волосистая	+				
3	Рдест плавающий	+	+			
4	Рогоз широколистный	+	+			
5	Кувшинка белая	+	+	+		+
6	Рдест блестящий	+	+	+		+
7	Стрелолист стрелолистный	+	+	+		+
8	Лютик круглолистный	+		+		
9	Рогоз узколистный	+		+		
10	Рдест продырявленный	+		+		+
11	Вех ядовитый	+				+
12	Паслён сладко-горький		+			
13	Рдест пронзеннолистный		+			
14	Частуха подорожниковая		+			
15	Ежеголовник прямой		+		+	+
16	Кубышка жёлтая		+	+	+	+
17	Камыш лесной		+	+	+	+
18	Мята водная			+	+	
19	Элодея канадская			+	+	
20	Водокрас обыкновенный			+	+	+
21	Аир обыкновенный			+	+	+
22	Роголистник светло-зеленый				+	+
23	Ряска малая				+	+
24	Осока вздутая				+	+
25	Уруть колосистая				+	+
26	Камыш озёрный				+	+
27	Сусак зонтичный				+	
28	Манник большой					+
29	Наяда большая					+
30	Роголистник тёмно-зеленый					+
31	Уруть мутовчатая					+
Число видов:		11	11	12	13	19

Примечание: * – знаком «+» обозначено наличие вида на ключевом участке.

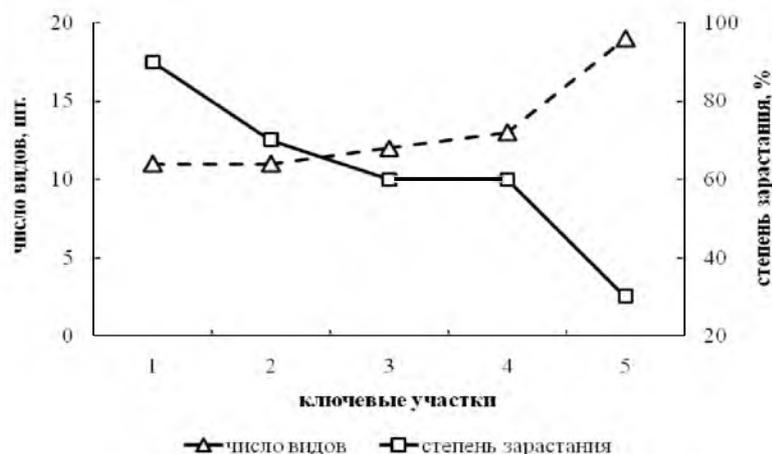


Рис. 2. Динамика изменения числа видов макрофитов и степени зарастания на ключевых участках реки Свапы: 1 – Свапа, устье р. Чернь; 2 – Свапа, с. Михайловка; 3 – Свапа, с. Снижа; 4 – Свапа, устье; 5 – Сейм, с. Березники

Fig. 2. Dynamic pattern of macrophytes' species number and rate of the river overgrowing with macrophytes in the index plots of the Svapa river: 1 – Svapa, estuary of the Chern' river; 2 – Svapa, vill. Mikhaylovka; 3 – Svapa, vill. Snizha; 4 – Svapa, estuary; 5 – Seym, vill. Berezniki

Заключение

В результате комплексного мониторинга р. Свапы были выявлены следующие закономерности в изменении гидрохимического состава вод, видового состава и проективного покрытия макрофитов, качественного состава зоопланктона (по индексам сапробности):

1. Наибольшее загрязнение Свапы, как и большинство рек Центрального Черноземья, испытывает в верхнем течении в силу высокого уровня антропогенной нагрузки, малой водности и низкой способности к самоочищению. Основные загрязнители реки в верхнем течении – биогенные вещества, концентрации которых постепенно снижаются на всем ее протяжении. В среднем течении наблюдается снижение концентрации железа и меди, органических загрязнителей, связанное с геохимическими особенностями подземных вод и процессами самоочищения. Это влияет на увеличение разнообразия видового состава макрофитов и снижение индексов сапробности вниз по течению реки Свапы.

2. Вслед за снижением концентраций биогенных веществ на протяжении всей реки происходит постепенное снижение индексов сапробности: от альфамезосапробного класса (2.52) до бетамезосапробного (1.82), то есть класс качества воды по значениям индексов сапробности меняется от загрязненных вод в верхнем течении до слабо загрязненных – в устье.

3. На исследованных ключевых участках вниз по течению реки происходит изменение видов-индикаторов высших водных и прибрежно-водных растений, уменьшение степени зарастания русла и увеличение видового разнообразия макрофитов.

4. Для оздоровления сложившейся гидроэкологической ситуации на р. Свапе в мероприятиях по снижению и предупреждению загрязнения речных вод нуждаются в первую очередь небольшие по длине притоки Свапы и сама река в верхнем течении.

Список литературы References

1. Борзенков А.А., Кумани М.В., Лукьянчиков Д.И. 2010. Применение биологических прудов для доочистки сточных вод в Курской области. *Ученые записки: Электронный научный журнал Курского государственного университета*, (1). URL: <http://scientific-notes.ru/pdf/013-12.pdf> (2 марта 2017).

Borzenkov A.A., Kumani M.V., Luk'yanchikov D.I. 2010. The use of biological ponds for the post-treatment of waste waters in the Kursk region. *Scientific Notes: the online academic journal of Kursk State University*, (1). Available at: <http://scientific-notes.ru/pdf/013-12.pdf> (accessed 2 March 2017). (in Russian)



2. Кроткевич П.Г. 1982. Роль растений в охране водоёмов. *Новое в жизни, науке, технике. Биология*, (3): 64–69.
- Krotkevich, P. G. 1982. The role of plants in the protection of water bodies. *Novoe v zhizni, nauke, tekhnike. Biologiya*, (3): 64–69. (in Russian)
3. Кумани М.В., Ревкова Е.В. 2007. Оценка экологического состояния рек Курской области гидробиологическими методами. *Вестник Воронежского государственного технического университета*, 3 (2): 50–54.
- Kumani M.V., Revkova E.V. 2007. Assessment of the ecological state of rivers in the Kursk region by hydrobiological methods. *Proceedings of Voronezh State University*, 3 (2): 50–54. (in Russian)
4. Кумани М.В., Соловьева Ю.А., Корнилов А.Г. 2011. Особенности фенольного загрязнения рек Курской и Белгородской областей. *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки*, 16 (15): 193–198.
- Kumani M. V., Solov'eva Yu. A., Kornilov A. G. 2011. Peculiarities of phenol contamination of the rivers of Kursk and Belgorod regions. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 16 (15): 193–198. (in Russian)
5. Кумани М.В., Лисецкий Ф.Н. 2011. Изучение транспорта и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях рек агропромышленных регионов. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 13(1-6): 1443-1448.
- Kumani M. V., Lisetskiy F. N. Studying the transport and accumulation of polluting substances in river bottom deposits in agroindustrial regions. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 13 (1-6): 1443–1448. (in Russian)
6. Маевский П.Ф. 1964. Флора средней полосы европейской части России. М., 356.
- Maevskiy P.F. 2006. Flora sredney polosu evropeyskoy chasti Rossii [Flora of the midland by the European part of Russia]. Moscow, 356. (in Russian)
7. Смольянинов В.М. 2003. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование. Монография. Воронеж, 250.
- Smol'yaninov V.M. 2003. Podzemnye vody Tsentral'no-Chernozemnogo regiona: usloviya ikh formirovaniya, ispol'zovanie. Monografiya. [Ground waters by Central Black Earth region: conditions of formation, their usage. The monograph]. Voronezh, 250. (in Russian)
8. Соловьева Ю.А., Кумани М.В. 2013. Особенности сезонной динамики растворенных форм азота в малых и средних реках Центрального Черноземья. *Вода: химия и экология*, (3): 16–22.
- Solov'eva Yu. A., Kumani M.V. Seasonal dynamics features of dissolved nitrogen forms in minor and mid-size rivers of the Central Black Earth region. *Water: chemistry and ecology*, (3): 16–22. (in Russian)
9. Соловьева Ю.А., Кумани М.В., Павлюк Я.В., Буряк Ж.А. 2015. Анализ влияния эрозионно-гидрологических процессов на гидрохимический режим рек агроландшафтов. *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки*, 30 (3): 133–140.
- Solov'eva Yu.A., Kumani M.V., Pavlyuk Ya.V., Buryak Zh.A. 2015. Analysis of the impact of erosion and hydrological processes on the hydrochemical regime of cultivated land rivers. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences*, 30 (3): 133–140. (in Russian with English summary)
10. Стом Д.И., Тимофеева С.С., Белых Л.И. 1980. Роль растений в самоочищении вод от фенольных соединений. В кн.: Самоочищение и биоиндикация загрязнённых вод. М., Наука: 56–62.
- Stom D.I., Timofeeva S.S., Belykh L.I. 1980. The role of plants in the self-clarification of waters from phenolic compounds. In: *Samoochishchenie i bioindikatsiya zagryaznennykh vod* [Self-clarification and bioindication of polluted waters]. Moscow, Nauka: 56–62. (in Russian)
11. Филенко О.Ф., Михеева И.В. 2007. Основы водной токсикологии. М., Колос, 144.
- Filenko O.F., Mikheeva I.V. 2007. Osnovy vodnoy toksikologii [The elements of hydrotoxicology]. Moscow, Kolos, 144. (in Russian)
12. Шенников А.П. 1964. Введение в геоботанику. Л., ЛГУ, 448.
- Shennikov A.P. 1964. Vvedenie v geobotaniku [Introduction to geobotanics]. Leningrad, LGU, 448. (in Russian)
13. Эйноор Л.О. 1992. Макрофиты в экологии водоёма. М., 256.
- Eynor L.O. 1992. Makrofity v ekologii vodoema [Macrophytes in the ecology of the waterbody]. Moscow, 256. (in Russian)
14. Sladeček V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol., Beiheft., Ergebnisse der Limnol.*, (7): 1–218.
15. Кумани М.В. 2004. Assessing the effect of agricultural production on the organic and biogenic matter runoff into the Psel river. *Water resources*, 31 (1): 79–84.