

## Динамика изменения сапробности водных объектов Курской области

В. В. Руднев<sup>1</sup>✉, М. В. Кумани<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Российская Федерация (305021, г. Курск, ул. К. Маркса, 76)

<sup>2</sup>Курский государственный университет, Российская Федерация (305000, г. Курск, ул. Радищева, 33)

**Аннотация:** Целью настоящего исследования является сравнительная характеристика сапробности и оценка качества воды по индикаторным видам зоопланктона водоемов и водотоков Курской области за 1996, 2004 и 2014 год, выявление динамики изменений.

**Материалы и методы.** Проанализированы гидробиологические показатели сапробности по зоопланктонным сообществам. Определение качества воды в водоёмах и водотоках Курской области проводилось по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека с 1996 по 2014 годы. Доказано, что этот метод дает надежные качественные результаты в условиях Курской области.

**Результаты и обсуждение.** Выявлена динамика увеличения индексов сапробности на всех исследуемых водоемах и водотоках Курской области. На некоторых пунктах мониторинга выявлено изменение класса сапробности в большую сторону, т.е. изменилась экологическая обстановка в худшую сторону.

**Выводы.** В целом река Свапа отнесена к водоёмам с фоновой сапробностью – бетамезосапробная. Река Тускарь относится к альфаметамезосапробному классу. На реке Сейм зоопланктонное сообщество соответствует бетамезосапробным условиям. На исследуемых крупных водоёмах – Копёнковское водохранилище и хвостохранилище Михайловского ГОКа за годы мониторинга значительно возросли индексы сапробности. На малых водоёмах – два пруда на реке Рясник – за годы исследования изменился класс сапробности – от слабо загрязненного стал умеренно загрязненным.

**Ключевые слова:** метод Пантле и Бука в модификации Сладечека, зоопланктон, биоиндикация, сапробность.

**Для цитирования:** Руднев В. В., Кумани М. В. Динамика изменения сапробности водных объектов Курской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 1, с. 122-134. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/122-134>

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день одной из актуальных задач общества является поддержание экологического состояния водных объектов на должном уровне, не представляющем опасности для жизни и здоровья населения. При этом важным моментом является контроль качества поверхностных вод.

Для всестороннего контроля качества воды поверхностных водотоков и водоемов необходимо использовать как общепринятые методы (химический анализ), так и методы, широко не применяющиеся (биологические методы).

Под биологическим (гидробиологическим) методом контроля качества воды в водоемах подразумевается мониторинг общего состояния животного и растительного мира, населяющего водный объект. В РФ контроль за качеством поверхностных вод гидробиологическим методом был введен в 1972 году и на сегодняшний день осуществляется в основном Росгидрометслужбой [8, 9].

В основе гидробиологического мониторинга находятся исследования с применением биоиндикации. Хорошо изученным биоиндикационным элементом, по сравнению с другими группами организмов, яв-

© Руднев В. В., Кумани М. В., 2023

✉ Руднев Вячеслав Валерьевич, e-mail: [rudnev-vyacheslav@yandex.ru](mailto:rudnev-vyacheslav@yandex.ru)



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

ляется зоопланктон. В применяемой практике для определения качества вод зоопланктон является надежным индикатором условий среды обитания.

Существует несколько успешно применяемых методов для оценки степени загрязнения поверхностных вод водоемов по показательным организмам зоопланктонных сообществ. Это первая работа Кольвитца и Марсона для условий средней Европы начала XX века. [17]. Много усовершенствований и дополнений имеют системы Кнеппа [15, 16], Зелинке и Марвана [19, 20], Пантле и Бука [18], Сладечека [13].

Современными учеными зоопланктонные группы организмов широко используются в целях биоиндикации изменений экологического состояния пресных экосистем [5, 11]. Перечень показателей для системы биомониторинга на основе зоопланктонных сообществ и опыт их использования приведен в работах Д. М. Безматерных [2] и И. Н. Андронниковой [1].

На водоёмах Курской области в 2014 году проводилась оценка качества воды по сапробности зоопланктонного состава. Также имеются данные за 1996 и 2004 год.

Цель работы – сравнительная характеристика сапробности и оценка качества воды по индикаторным видам зоопланктона водоемов и водотоков Курской области за 1996, 2004 и 2014 годы, выявление динамики изменений.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В гидробиологическое исследование 1996, 2004, 2014 годов вошли водные объекты всех типов классификации, характерные для Курской области. Это средние реки – Свапа, Сейм, Тускарь, малые – Песочная, Снова, Усожа. Береза (рис. 1). Реки Курской области в своем течении испытывают антропогенную нагрузку от бытовых и промышленных стоков до отходов сельскохозяйственного производства. Имеется ряд пунктов наблюдений на реках, на которых можно проследить процесс биологической самоочистки. Кроме водотоков, обследованы и водоемы различных типов – от пруда до водохранилища, и с разным уровнем загрязнения – от техногенного до фонового.

Данные мониторинга получены авторами при обследовании водотоков и водоемов Курской области. Пробы на анализ для определения зоопланктонных сообществ отбирались в летний период 1996, 2004, 2014 годов, когда среднемесячная температура воздуха варьировала от +22 °С до +26 °С, температура воды составляла +20...+26 °С. Т.е. про-

бы отбирались, когда происходило максимальное развитие зоопланктона.

Пробы планктонных сообществ отбирались на качественный и количественный анализ. Сбор проб на качественный анализ проводился при помощи конической планктонной сети Апштейна. Сбор проб на количественный анализ происходил методом фильтрации воды (около 100 л). Сбор проб производился в прибрежной зоне – на границе макрофитов и открытого русла. Отобранные пробы помещались в специальную посуду с плотно закрывающимися крышками и фиксировались 97% спиртом.

Камеральная обработка проб заключалась в определении видового состава зоопланктона по качественным пробам, по количественным пробам определялось соотношение их численности. В работе были использованы пособия: определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР [10], определитель зоопланктонных сообществ Мамаева Б.М. [3, 7], унифицированные методы исследования качества воды [14].

Определение экологического состояния водного объекта проводилось по методу Пантле и Бука в модификации Сладечека, который основан на чувствительности зоопланктонных сообществ к загрязняющим веществам в воде. Этот метод базируется на определении сапробности (способности организмов обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ, то есть с той или иной степенью загрязнения), разработанный в 1908 году М. Марсоном и Р. Кольвитцем [17]. По этому методу все водные объекты в зависимости от степени загрязнения органическими соединениями делятся на олиго-, мезо- и полисапробные. Виды планктона, которые развиваются в воде с определенными концентрациями органических веществ, являются видами-индикаторами. Виды-индикаторы подразделены на пять сапробиологических групп: ксеносапробионты – «живущие» в очень чистых водах, олигосапробионты – в практически чистых водах, бетамезосапробионты – выдерживающие минимальное органическое загрязнение и при этом ведущие привычный образ жизнедеятельности, альфамезосапробионты – выдерживающие повышенную степень органического загрязнения, полисапробионты – продолжающие свою обычную жизнедеятельность в сильнозагрязненных и сточных водах. Каждый вид-индикатор имеет свою степень сапробности (s). Индексы сапробности (s) обнаруженного зоопланктона определялись нами по Атласу сапробных организмов [14].

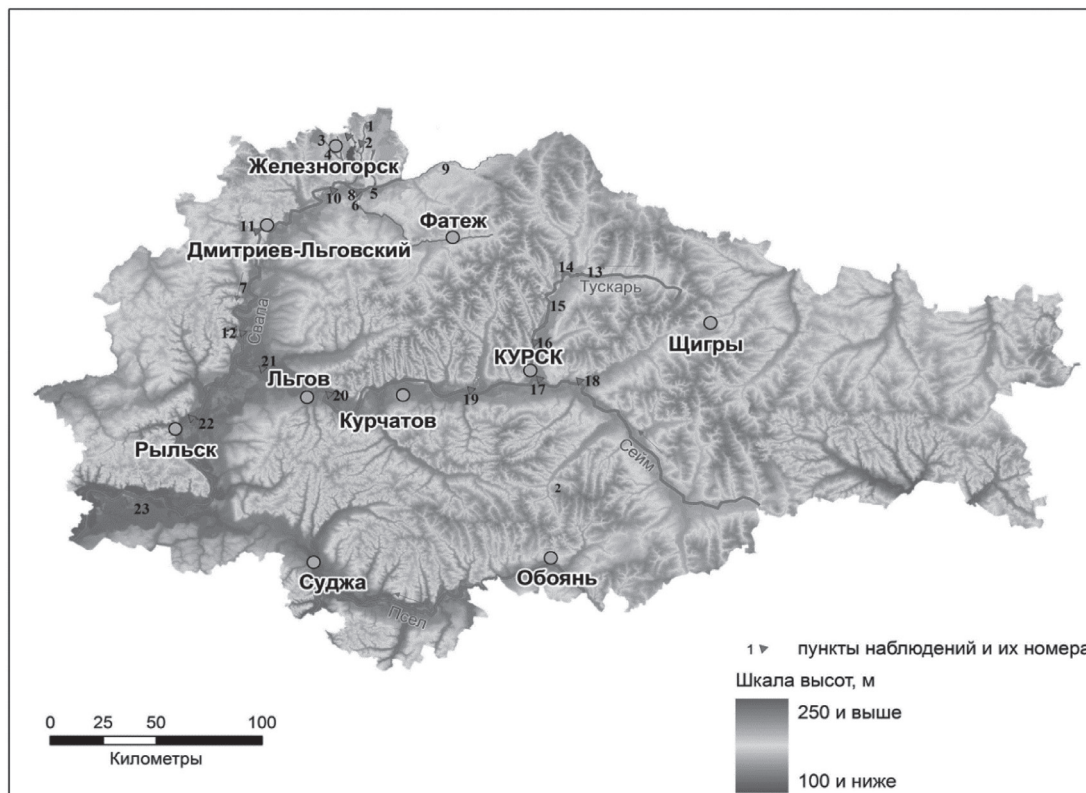


Рис. 1. Пункты мониторинга на водотоках и водоёмах Курской области  
 [Fig. 1. Monitoring points on watercourses and reservoirs of the Kursk region]

По методу Пантле и Бука подразумевается, что каждый вид-индикатор обитает строго в определенной зоне загрязнения, но в действительности – виды могут выдерживать разную степень загрязненности. Поэтому Сладечек модифицировал методику Пантле и Бука, заменив индексы сапробности для большинства видов-индикаторов на дробные числа (в то время как по методу Пантле и Бука значения индексов были целочисленные). Для вида, встречающегося, кроме основной для него зоны, в более загрязненной, индекс  $s$  был увеличен, а для вида, встречающегося в основной и менее загрязненной зоне, был уменьшен.

Индекс сапробности водоема или его участка – это среднее арифметическое значение индексов сапробности всех качественных проб, которые вычислялись по формуле:

$$S = \frac{\sum sh}{\sum h}$$

где  $S$  – индекс сапробности пробы;  $s$  – индекс сапробности индикаторного вида;  $h$  – частота встречаемости сапробионта в пробе по шестибальной шкале Кордэ [8].

В Атласе сапробных организмов [17] приводится еще один важный показатель – индикаторное значение вида по Сладечку ( $I$ ). Индикатор-

ное значение вида показывает ценность сапробиологического анализа данной пробы.

Организмам, обитающим в двух классах сапробности, при условии, что 90 % видов встречается только в одном классе, а 10 % особей встречается в другом классе сапробности, присваивается индикаторное значение  $I=5$ . Видам-индикаторам, которые встречаются в двух классах сапробности, но при этом в основном классе обитает 70% особей или организмы, встречающиеся в трех классах сапробности, но в основном для них классе находится не менее 80% особей, присваивается индикаторное значение  $I=4$ . Видам-индикаторам, распространенным в двух классах сапробности с одинаковым процентным соотношением или в трех классах, но больший процент относится к одному основному местообитанию, присваивается индикаторное значение  $I=3$ . Видам-индикаторам, встречающимся в водоемах трех классов сапробности, присваивается  $I=2$ , если ни в одном из них не более 50% особей. Видам-индикаторам, обнаруженным в не менее четырех классах сапробности, присваивается  $I=1$ .

При этом виды с показателем 1 или 2 несут минимальную информацию об экологическом состоянии водоема. И при расчетах индексов са-

пробности присутствие в водоемах данных видов может давать неточные значения.

Мы рассчитывали зоопланктонные сообщества по вариантам: а) все найденные виды разной индикаторной значимости по Пантле и Буку и Пантле и Буку в модификации Сладечека (1 и 2 строки с показателями индексов сапробности табл. 2, табл. 3); б) только организмы с индикаторными значениями больше и равным 3 по Пантле и Буку и Пантле и Буку в модификации Сладечека (3 и 4 строки табл. 2, табл. 3 соответственно).

Для понимания того, каковы будут результаты исследования водоёмов, в таблице 1 указаны классы сапробности с дополнением, введенным М.В. Кумани. При расчетах мы учли следующее: по индексам сапробности выделяют 6 видов водоемов; от 1,5 до 3,5 индекса сапробности отводится для альфа- и бетамезосапробных водоёмов. Кумани М.В. ввел еще один показатель качества вод, распространенный на реках региона – альфаетамезосапробная градация.

Таблица 1

Классификация водоемов по значениям индексов сапробности (ИС)  
[Table 1. Classification of reservoirs by values of saprobity indices (IS)]

Класс качества воды / Water quality class	Качество воды / Water quality	Индекс сапробности (ИС) / Saprobity Index (IS)	Класс сапробности / Saprobity class	Численные обозначения классов сапробности / Numerical designations of saprobity classes
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	Альфаетамезосапробный	2,5
4.	Загрязненные	2,5-3,5	Альфамезосапробный	3
5.	Грязные	3,5-4,0	Полисапробный	4
6.	Очень грязные	>4	Гиперсапробный	5

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обилие организмов с низким индикаторным значением привело к усреднению результатов расчета. Поэтому 1 вариант наших расчетов не очень подходит при определении сапробности водоема, но он может использоваться, когда в пробе мало организмов или же мало индикаторных организмов. Результаты расчетов по индексам Пантле и Бука s max также оказались некорректными и недостоверными.

Результаты, отражающие истинное состояние сапробиологического уровня водоёма, может давать 3 и 4 вариант наших расчетов, когда берутся в расчеты только организмы с индикаторным значением  $I \geq 3$ . Т.е. используются в расчете организмы с индикаторными значениями, равными 3 и 4 вместе. Но возникает вопрос, так какую систему использовать: Пантле и Бука s или же Пантле и Бука в модификации Сладечека S ? Надо помнить, что в расчетах по методу Пантле и Бука s используется усредненная валентная степень, а в методе Пантле и Бука в модификации Сладечека S используется точный коэффициент, рассчитанный до десятых долей для каждого организма.

Поэтому расчет по индексам в модификации Сладечека S с учетом организмов с индикаторными значениями  $I \geq 3$  (4 вариант) будет наиболее показательным и достоверным.

Вообще, результат, в максимальной степени, показывающий состояние водоема, будет при использовании организмов с большими индикаторными значениями, такими как  $I=4$ ,  $I=5$ . Но на практике организмов с индикаторным значением  $I=4$  отлавливается среднее, а порой и недостаточное количество в пробе для полноценной оценки водоема, поэтому мы предлагаем в расчетах использовать организмы с  $I \geq 3$ , т.е. вместе их рассчитывать. А организмы с индикаторным показателем  $I=5$  не всегда можно отловить, и такие организмы редко встречаются (если таковые вообще встречаются для водоёмов Курской области). Мы в своей экспедиции не обнаружили таковых водных животных.

Индексы сапробности в хвостохранилище Михайловского ГОКа (г. 1) и у села Андросово на реке Песочной (г. 2) близки по своим значениям, и эти объекты входят в один класс биологического за-

Таблица 2. Варианты расчета индексов сапробности обследованных водоемов в 1996 году  
 [Table 2. Variants of calculation of saprobity indices of surveyed reservoirs in 1996]

Варианты расчета/ Calculation options	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	р. Песчаная, хвостохранилище/ R. Pesochnaya, tailing dump	р. Песчаная, с. Андросово/ R. Pesochnaya, S. Androsovo	Пруд на р. Рясник (верхняя часть)/ Pond on the Ryasnik river (upper part)	Пруд на р. Рясник (нижняя часть)/ Pond on the Ryasnik river (lower part)	Копенковское водохранилище/ Kopenkovskoe reservoir	р. Усожа/ R. Uszha	р. Береза/ R. Beresa	р. Свапа, ниже устья Усожи/ R. Swapa, below the mouth of the R. Uszhi	р. Свапа, с. Сергеевка/ R. Swapa, S. Sergeevka	р. Свапа, ниже Михайловки/ R. Swapa, below Mikhaylovka	р. Свапа с. Черная Грязь/ R. Swapa S. Black Mud	р. Свапа с. Комаровка/ R. Swapa S. Komarovka
	ИС по Сладечку (S) по max S	1,98	1,72	1,82	1,81	1,83	1,70	1,81	2,01	1,96	1,92	1,75
	ИС по Пантле-Букку (s) по max s	2,19	1,95	2,00	2,03	2,02	1,82	1,98	2,11	2,09	2,06	1,80
ИС по Пантле-Букку (s) J>=3	1,82	1,92	2,00	2,06	2,05	1,77	1,97	2,15	2,53	2,38	1,62	
ИС по Сладечку (S) I>=3	1,54	1,63	1,77	1,77	1,79	1,64	1,75	2,01	2,25	2,25	2,25	1,63

Продолжение. Таблица 2. Варианты расчета индексов сапробности обследованных водоемов в 1996 году  
 Continuation [Table 2. Variants of calculation of saprobity indices of surveyed reservoirs in 1996]

Варианты расчета/ Calculation options	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	р. Тускар, с. Никулино/ R. Tuskar, S. Nikulino	р. Снова, устье/ R. Snova, mouth	р. Тускар, д. Долгое/ R. Tuskar, D. Dolgoe	р. Тускар, с. Шетинка/ R. Tuskar, S. Shchetinka	р. Тускар, устье/ R. Tuskar, mouth	р. Сейм, с. Лебяжье/ R. Seim, S. Lebyazhye	р. Сейм, с. Ройково/ R. Seim, S. Roykovo	р. Сейм, с. Цурово/ R. Seim, S. Sugrovo	р. Сейм, с. Воронино/ R. Seim, S. Voronino	р. Сейм, с. Березняки/ R. Seim, S. Berезnyaki	р. Сейм, с. Ржава/ R. Seim, S. Rzava
	ИС по Сладечку (S) по max S	1,89	1,90	2,16	1,69	2,13	2,11	1,80	2,09	1,98	1,91
	ИС по Пантле-Букку (s) по max s	2,08	2,06	2,25	1,78	2,34	2,11	1,95	2,09	1,88	2,00
ИС по Пантле-Букку (s) J>=3	2,25	2,15	2,53	1,65	2,52	2,00	2,10	1,91	2,13	1,81	2,00
ИС по Сладечку (S) I>=3	1,95	1,95	2,34	1,53	2,24	1,87	2,18	1,68	2,13	1,60	1,92

Таблица 3. Варианты расчета индексов сапробности обследованных водоёмов в 2014 году  
[Table 3. Variants of calculation of saprobity indices of surveyed reservoirs in 2014]

Варианты расчета/ Calculation options	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	p. Песочная, хвостохранилище/ R. Pесочная, tailing dump	p. Песочная, c. Андросово/ S. Андросово/ R. Pесочная, S. Андросово	Пруд на р.Рясник (верхняя часть)/ Pond on the Ryasnik river (upper part)	Пруд на р.Рясник (нижняя часть)/ Pond on the Ryasnik river (lower part)	Копенковское вдр./ Копенковское reservoir	p. Усожа/ R. Usozha	p. Береза/ R. Berezа	p. Свапа, ниже устья Усожи/ R. Swapa, below the mouth of the R. Usozhi	p. Свапа, c. Сергеевка/ R. Swapa, S. Sergeevka	p. Свапа, ниже Михайловки/ R. Swapa, below Mikhalovka	p. Свапа c. Черная Грязь/ R. Swapa S. Black Mud	p. Свапа c. Комаровка/ R. Swapa S. Komarovka
ИС по Сладечку (S) по max S	2,00	1,90	2,18	1,90	1,92	2,11	2,15	2,09	2,10	2,18	2,21	2,14
ИС по Пантле-Букку (s) по max s	1,90	2,00	2,03	2,00	2,00	1,79	1,87	1,79	215	2,39	2,32	2,12
ИС по Пантле-Букку (s) J>=3	1,78	1,85	2,17	2,11	2,09	1,56	1,75	1,56	2,11	2,55	2,48	1,73
ИС по Сладечку (S) I>=3	1,52	1,70	2,21	2,16	2,12	2,14	1,94	2,12	2,09	2,52	2,42	1,82

Продолжение. Таблица 3. Варианты расчета индексов сапробности обследованных водоёмов в 2014 году  
Continuation [Table 3. Variants of calculation of saprobity indices of surveyed reservoirs in 2014]

Варианты расчета/ Calculation options	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	p. Тускарь, c. Никлино/ R. Tuskar, S. Niklino	p. Снова, устье/ R. Snova, mouth	p. Тускарь, д. Долгое/ R. Tuskar, D. Dolgоe	p. Тускарь, c. Шетинка/ R. Tuskar, S. Shchetinka	p. Тускарь, устье/ R. Tuskar, mouth	p. Сейм, c. Лебяжье/ R. Seim, S. Lebyazhye	p. Сейм, c. Ройково/ R. Seim, S. Roykovo	p. Сейм, c. Сутрово/ R. Seim, S. Sugrovo	p. Сейм, c. Воронино/ R. Seim, S. Voronino	p. Сейм, c. Березняки/ R. Seim, S. Bereznyaki	p. Сейм, c. Ржава/ R. Seim, S. Rzava
ИС по Сладечку (S) по max S	2,13	2,10	2,09	2,06	2,16	2,06	2,32	1,93	2,11	1,94	2,03
ИС по Пантле-Букку (s) по max s	2,18	2,16	2,27	2,15	2,65	2,13	2,48	2,07	2,23	2,12	2,10
ИС по Пантле-Букку (s) J>=3	1,94	2,14	2,16	2,07	2,43	1,84	2,18	1,91	2,14	1,80	2,06
ИС по Сладечку (S) I>=3	2,02	2,00	2,19	1,91	2,59	2,00	2,30	2,04	2,17	1,88	1,97

грязнения – бетамезосапробный. Эти пункты являются самыми чистыми по уровню сапробности из всех обследованных нами водоемов. Но на самом деле это не так: по гидрохимическим показателям [4] эти водные объекты относятся ко 2 классу загрязнения – экологическое бедствие. Объяснение этому факту следующее: оба водных объекта имеют чрезвычайно высокое техногенное загрязнение. В такой воде невозможна жизнедеятельность водных организмов, видовой состав обедняется, эвтрофикация водоема не происходит.

В хвостохранилище Михайловского ГОКа практически отсутствует водная растительность, цвет воды «ржавый», темно-оранжевого оттенка. Здесь было обнаружено мало водных организмов, и класс сапробности в этой точке хоть и бетамезосапробный, но близок к олигосапробному. Вообще хвостохранилище и в 1996 году, и в 2014 году осталось в своём сапробиологическом классе, индексы повысились, но не намного. Хвостохранилище Михайловского ГОКа было и остаётся экстремально техногенно загрязненным, так как производство ГОКа не прекращается и сброс веществ в хвостохранилище постоянный. В точке отбора проб №2 на реке Песочная у села Андросово прослеживается тот факт, что с увеличением расстояния от места массового техногенного загрязнения состояние биоценозов и уровень сапробности реки приходит к естественному после попадания в неё стоков из хвостохранилища. Здесь уже индекс сапробности равен 1,70. За всё время мониторинга этого водного объекта с 1996 года индекс сапробности повысился, но класс сапробности остался тот же – бетамезосапробный.

Пруд на реке Рясник (т. 3, 4) разделен на 2 части (верхнюю и нижнюю) насыпью автотрассы, но под пролетом моста происходит свободный водообмен между обеими частями водоема. Пункт характеризует трансформацию водных экосистем при изменении водного режима, при переходе от водотока к водоему. Вода в пруду, в отличие от реки, малоподвижна, хуже условия аэрации, происходит накопление всех загрязняющих веществ и органических остатков. Загрязнение здесь происходит от автотрассы, дачных участков, расположенных на побережье, железной дороги ГОКа. Степень зарастания водной растительностью составляет 80-90%, происходит заиливание и накопление органических остатков, тяжелых металлов. На 2014 год объект имеет альфаметамезосапробный класс сапробности, т.е. умеренно загрязненный. Лучше дело обстоит с нижней ча-

стью пруда, в месте отбора проб степень зарастания водной растительностью составляет 30-35 %, дно илистое. По сравнению с пробами 1996 года, эти два объекта перешли из бетамезосапробного класса в альфаметамезосапробный класс.

Иная ситуация отмечается в Копёнковском водохранилище (т. 5), которое имеет сточный режим. Зарастания водной толщи водохранилища высшей водной растительностью не наблюдается. В пробе было обнаружено мало индикаторных организмов и происходило массовое развитие водных организмов с низким индикаторным значением, таких как *Ephemere sp.*, *Hydropsyche sp.*, *Culex sp.*, *Bosmina longirostra*, *Daphnia longispina*. За всю историю наблюдения в Копёнковском водохранилище индексы сапробности изменялись в 1996 году – 1,79, в 2014 году – 2,12. Сапробиологический класс вод данного водоёма – 2, т.е. бетамезосапробный уровень.

Реки Усожа (т. 6) и Берёза (т.7) – это малые реки, типичные для Курской области. Они испытывают в основном воздействие сельскохозяйственного производства, распределенного по всей долине и пойме реки. По сравнению с имеющимися данными индексы сапробности у рек повысились, хотя и остались средними для 2 класса бетамезосапробного уровня, что соответствует качеству воды – слабо загрязненная. У реки Берёза за историю наблюдения высокий класс сапробности соответствует 2014 году и равняется 1,94, минимальный наблюдался в 2004 году и соответствовал 1,55. У реки Усожа в 2014 году по 4 варианту расчета индекс сапробности равен 2,14 и близок к альфаметамезосапробному уровню. Это связано с тем, что в верхнем течении в реку сбрасываются сточные воды Золотухинского сахарного завода и промышленных предприятий города Фатеж, но после этого на протяжении нескольких десятков километров в реку не поступают стоки от предприятий и она протекает, самоочищаясь.

На графике (рис. 2) представлено изменение индексов сапробности реки Свапа по контрольным пунктам наблюдения 1996, 2004 и 2014 годов. В пункте №9, который находится в верховье реки Свапа, сапробный индекс равен 2,09, что соответствует бетамезосапробному уровню, т.е. река слабо загрязнена. Изменения от пункта к пункту на реке происходят в зависимости от источника загрязнения. Вниз по течению на определённых участках на реку происходит воздействие со стороны промышленности, горнорудной добычи, сельского хозяйства, городской и сель-

ской инфраструктур. Самое загрязненное место оказалось, как и следовало ожидать, в пункте №10 ниже слободы Михайловка, так как здесь концентрируются стоки от Железнодорожного промзла, города Железнодорожска и т.д. Этот участок реки испытывает высокие антропогенные нагрузки: впадающие выше по течению реки Чернь и Песочная несут в Свапу стоки из хвостохранилища, шахтные воды Михайловского ГОКа. В этом пункте индекс сапробности достиг своего максимума в 2014 году и равняется 2,52, т.е. альфамезосапробный класс и река считается по принятой классификации загрязненной. Надо отметить, что за все годы наблюдения индекс сапробности здесь был повышенным, так в 1996 году был 2,25, в 2004 году – 2,37 т.е. этот участок реки находился в альфамезосапробном классе. Но далее вниз по течению с увеличением расстояния от источника загрязнения происходит самоочищение реки.

И за несколько километров до впадения реки Свапы в реку Сейм происходит самоочищение, индекс равняется 1,82, что относится к бетамезосапробному уровню. С 2014 года это самый низкий показатель. Из анализа графика можно сделать вывод, что к устью реки Свапы индекс сапробности становится меньше, чем был в верховье реки. Это объясняется тем, что к устью увеличивается водность реки и возрастает площадь живого сечения. Вследствие этого, увеличивается биомасса водных растений. В результате река самоочищается и качество воды улучшается. В последнем пункте даже отмечается тот факт, что преобладают зоопланктонные организмы с низким сапробиологическим индексом. Наглядно видно изменение состояния водных экосистем, улучшение качества воды в реке, что говорит о чистоте пункта в сравнении с другими вышележащими по течению пунктами.

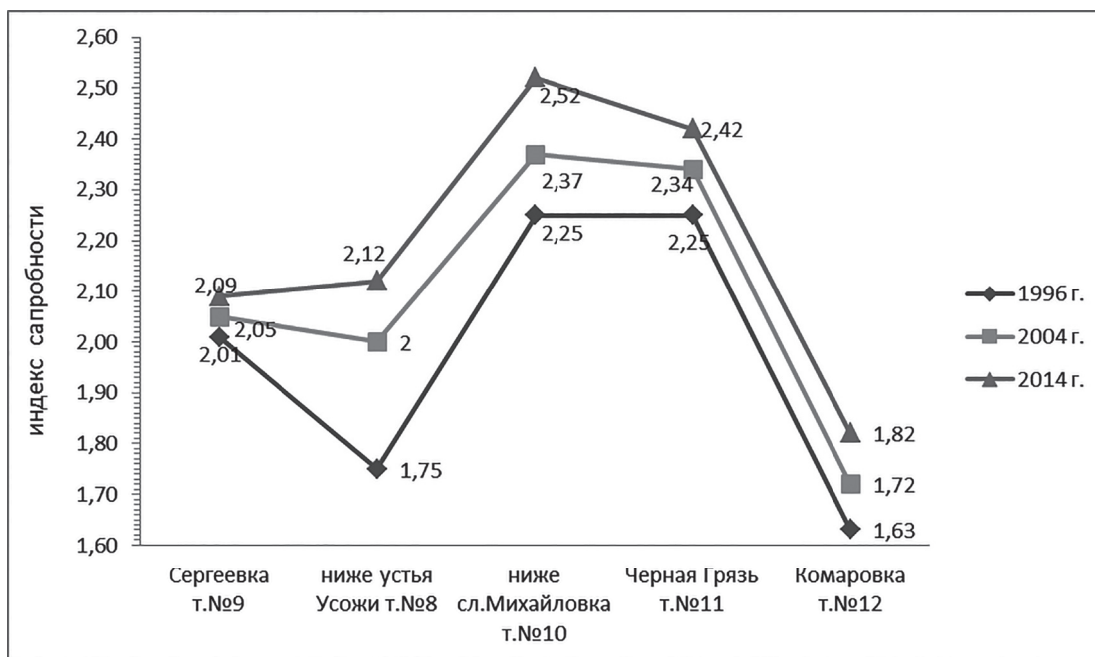


Рис. 2. Изменение индексов сапробности на реке Свапа по пунктам мониторинга [Fig. 2. Change of saprobity indices on the Swapa River by monitoring points]

В целом по исследованным пунктам река Свапа по наличию видов-индикаторов относится к водоёмам с фоновой сапробностью – бетамезосапробным, несмотря на то, что в течении реки есть пункт с высоким уровнем загрязнения. Но далее на реке происходят процессы биологического самоочищения, река справляется с загрязнением, и к устью показатель сапробности уменьшается по сравнению с верховьем реки.

Первый пункт исследования на реке Тускарь находится в среднем течении реки – село Никули-

но (т. 13) (рис. 3). Здесь в среднем течении реки на Тускарь оказывается типичное фоновое влияние со стороны сельского хозяйства: земледелия и скотоводства. На пойме ведется интенсивный выпас скота, с полей поступает большое количество биогенных веществ за счет эрозионных процессов на пашне. Все это привело к тому, что индекс сапробности в 2014 году здесь равен 2,02. Надо отметить, что в 1996 году индекс сапробности равнялся 1,95, т.е. воды за весь период наблюдения были бетамезосапробного класса.



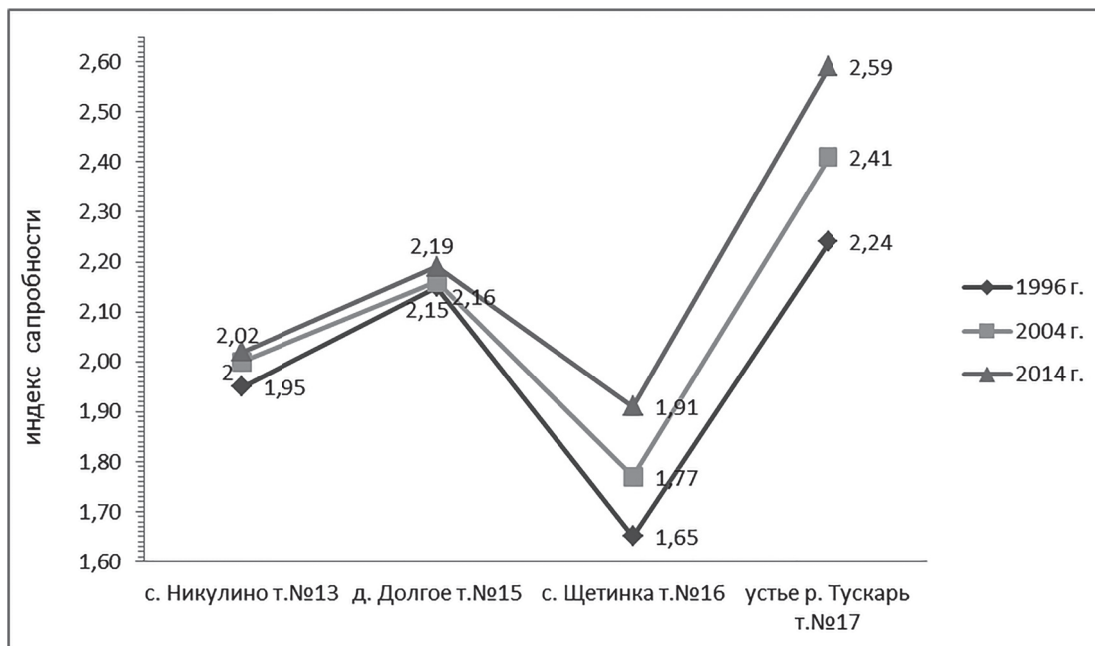


Рис. 3. Изменение индексов сапробности на реке Тускарь по пунктам мониторинга  
 [Fig. 3. Change of saprobity indices on the Tuskar River by monitoring points]

Минимальное значение индексов сапробности на реке Тускарь зафиксировано в селе Щетинка (т. 16). Этот пункт относится по своим показателям за годы мониторинга к бетамезосапробному классу, т.е. слабо загрязненному. Перед этим пунктом в деревне Долгое (т. 15) отмечается повышение индекса сапробности во все годы мониторинга. Пункт характеризуется как альфаметамезосапробный. Это объясняется тем, что на биоценоз реки в этом месте оказывает свое влияние поселок городского типа Свобода, расположенный выше по течению. В реку попадают ливневые воды поселка, а также сточные воды с предприятий.

В пункте № 17 – устье реки Тускарь – по сапробиологическому анализу видно, насколько значительная антропогенная нагрузка накладывалась на реку. Пройдя через город Курск, река получила своё самое экстремальное загрязнение. И её сапробный индекс в 2014 году самый большой и равняется 2,59, т.е. река стала альфаметамезосапробной. По принятой классификации считается загрязненной. До этого времени этот пункт мониторинга относился к альфаметамезосапробному классу, т.е. умеренно загрязненный.

Этот пункт самый загрязненный из всего течения реки Тускарь и из всех обследованных нами пунктов. Причем, из графиков всех обследованных рек видно, что здесь индекс сапробности за всё время наблюдения всегда был максимальный.

Пункт № 14 – устье реки Снова. Этот пункт важен тем, что по объёму стока река Снова и река

Тускарь почти одинаковы. На реку Снову оказывается влияние лишь со стороны сельского хозяйства. Следовательно, для оценки состояния реки Тускарь после прохождения своего экстремального участка загрязнения, для определения влияния стоков города Курска на Тускарь, в качестве сравнения нужно учитывать показатели реки Сновы и качество её воды. В 1996 году по 4 варианту расчета индекс сапробности равнялся 1,95, в 2014 году – 2,00. Произошло возрастание индексов, следовательно, произошло смещение в отрицательную сторону и экологической обстановки в бассейне реки Снова. По 3 варианту расчета по Пантле и Бука (s) при  $I \geq 3$  в 1996 году индекс равнялся 2,15, т.е. находился на границе бетамезосапробного и альфаметамезосапробного классов, но в 2014 году индекс равняется уже 2,14, т.е. полностью находится в бетамезосапробном классе. Усредняя эти два варианта расчета, можно говорить, что река Снова принадлежит бетамезосапробному классу. Сравнивая полученные данные анализа устья реки Тускарь, где индекс сапробности равнялся 2,59, т.е. принадлежит к альфаметамезосапробному классу, можно с уверенностью констатировать о значительном отрицательном антропогенном влиянии городской инфраструктуры на биоценоз реки Тускарь.

Почти на большинстве обследованных участках реки Тускарь отмечается повышенное биогенное загрязнение и высокая сапробность. Усредняя полученные индексы сапробности, реку Тускарь следует отнести к альфаметамезосапробному классу.

На реке Сейм на обследованных нами пунктах мониторинга ситуация выявлена следующая. На реке имеется два крупных загрязнителя – город Курск и город Льгов.

За всю историю наблюдения на пунктах перед городами – в селах Лебяжье (т. 18) и Сугрово (т. 20) уровень сапробности реки Сейм входит в один бетемезосапробный класс (рис. 4). А на пунктах мониторинга после городов индекс сапробности значительно меняется в негативную сторону.

В пункте село Ройково (т. 19), расположенном за городом Курском и характеризующем состояние экосистемы от воздействия города в целом, у реки происходит максимальное загрязнение из всего её течения. Этот пункт показывает влияние городской агломерации на реку. В 2014 году индекс сапробности достигает своего максимума и равняется 2,30. Река в этом месте альфатемезосапробная. Надо заметить, что качество воды в этом пункте в начале мониторинга всегда находится в альфатемезосапробном классе.

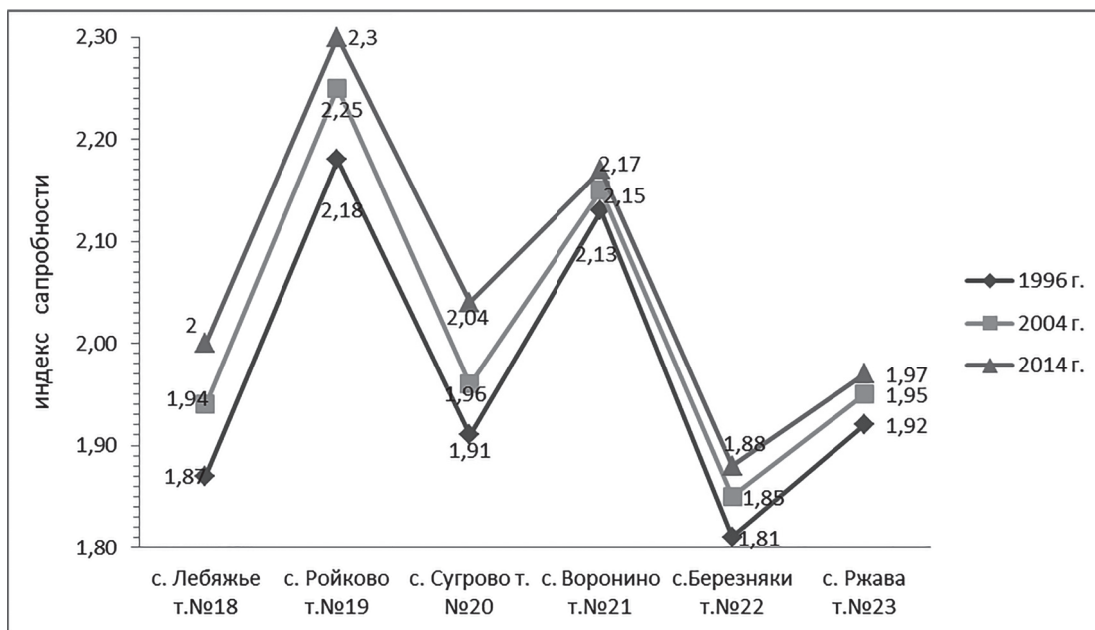


Рис.4. Изменение индексов сапробности на реке Сейм по пунктам мониторинга [Fig. 4. Change of saprobity indices on the Seim River by monitoring points]

На контрольном пункте в селе Воронино (т. 21), после города Льгова воды альфатемезосапробного класса, индекс сапробности равен 2,17. На реку Сейм оказывает влияние город Льгов, типичный малый город для Курской области. Из графика видно, что в селе Воронино не всегда воды были альфатемезосапробного класса, т.е. слабо загрязненные. В 1996 году воды были бетемезосапробного класса, но с общей тенденцией загрязнения вод и увеличением источников загрязнения, ростом инфраструктуры города произошёл небольшой рост индекса сапробности с 2,13 до 2,17.

Далее вниз по течению в р.Сейм несет свои слабо загрязненные воды с низким индексом сапробности в бетемезосапробном классе река Свапа, класс сапробности вод которой был рассмотрен выше. И на протяжении более 100 км река не испытывает воздействия крупных промышленных центров, на этом участке реки ослаблено и влияние сельскохозяйственного производства, так как

пойма здесь заболочена, в пойме расположены большие массивы лесов, да и сама река интенсивно самоочищается. Все это приводит к тому, что в следующих пунктах мониторинга в селах Березняки (т. 22) и Ржава (т. 23) отмечается значительное улучшение состояния экосистемы: индекс сапробности равен 1,88 и 1,97 соответственно.

На реке Сейм зоопланктонное сообщество соответствует бетемезосапробным условиям (за исключением двух пунктов, на которых происходит загрязнение, и качество вод в них относится к альфатемезосапробным). Благодаря большим расходам воды, широкому полноводному руслу, река справляется с загрязнением.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод, позволяющий оценить качество вод по зоопланктонным сообществам, – метод Пантле и Бука в модификации Сладечека является надежным гидробиоиндикационным методом. Этот ме-

год используется исследователями давно, претерпевает изменения для определенных местностей и является перспективным. Наше исследование показало, что метод Пантле и Бука в модификации Сладечека дает надежные качественные результаты в условиях Курской области.

Отмечается, что до антропогенного влияния на речную систему, т.е. при фоновом, природном воздействии в реке преобладали организмы с высоким индикаторным значением, такие как: *Chironomus plumosus*, *Molanna sp*, *Leuctra hippopus*. После городов или сельскохозяйственных, промышленных предприятий наблюдаются виды с низким индикаторным значением – *Ephemere sp*, *Baetis sp*, *Bosmina longirostris*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что загрязнение приводит к появлению эврибионтов, т.е. организмов, способных существовать в разных условиях окружающей среды, в то время как до источников загрязнения преобладали стенобионты (организмы узкого диапазона приспособляемости). В загрязненных водах происходит снижение роли ракообразных, сокращение числа доминантов [12].

По результатам анализа гидробиологических показателей сапробности долгосрочных пунктов мониторинга на реках и водоёмах Курской области можно сделать следующие выводы: за весь период наблюдения с 1996 по 2014 год во всех пунктах мониторинга изменились индексы сапробности. Под влиянием антропогенной деятельности человека индексы сапробности менялись в большую сторону; за весь период наблюдения в 2014 году индексы сапробности отмечаются самые высокие. Так, например, самый высокий индекс сапробности зафиксирован в устье реки Тускарь; в некоторых пунктах мониторинга изменился класс сапробности. Изменился из меньшего класса – в больший, т.е. на исследуемых контрольных пунктах поменялась экологическая обстановка в худшую сторону.

На исследуемых крупных водоёмах – Копёновское водохранилище и хвостохранилище Михайловского ГОКа – класс сапробности бета-мезосапробный за годы мониторинга не изменился, но индексы значительно возросли. На малых водоёмах – два пруда на реке Рясник – за годы мониторинга класс сапробности изменился: от слабо загрязненного стал умеренно загрязненный.

В целом на большинстве обследованных ключевых участках рек Курской области по состоянию видов-индикаторов зоопланктонных сообществ река Свапа может быть отнесена к водоёмам с фоновой сапробностью – бета-

мезосапробным. Река Тускарь относится к альфа-бета-мезосапробному классу. На реке Сейм зоопланктонное сообщество соответствует бета-мезосапробным условиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андронникова И.Н. Использование структурно-функциональных показателей зоопланктона в системе мониторинга // *Гидробиологические исследования морских и пресных вод*, 1988, с. 47-53.
2. Безматерных Д.М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири // *Государственная публичная научно-техническая библиотека Сибирского отделения Российской академии наук, Институт водных и экологических проблем, серия Экология*, 2007, № 85, с. 87-93.
3. *Биологические методы определения качества воды. Методические разработки отдела биологии СПбГДТУ*. Санкт-Петербург, 2002. 80 с.
4. *Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Курской области в 2014 году*. Курск, 2015. 203 с.
5. Клинкина Н.М. Экологические особенности различных видов пресноводного зоопланктона и их толерантность к антропогенному воздействию // *Материалы конференции «Структурно-функциональные особенности биосистем Севера (особи, популяции, сообщества)»*, 2005, с. 159-162.
6. Кумани М.В. *Способы регулирования почвенно-эрозионных процессов и гидрологического режима агроландшафта Центрально-Черноземной зоны*: автореф. дисс. ...доктора сельхоз. наук. Курск, 2003. 415 с.
7. Мамаева Б.М. *Определитель насекомых по личинкам*. Москва: Просвещение, 1972. 238 с.
8. Макрушин А.В. *Биологический анализ качества вод*. Ленинград: Зоологический институт АН СССР, 1974. 60 с.
9. Мисейко Г.Н., Безматерных Д.М., Тушкова Г.И. *Биологический анализ качества пресных вод*. Барнаул: АлтГУ, 2001. 201 с.
10. Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И. *Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР*. Москва: Гидрометеиздат, 1977. 512 с.
11. Осипова О.Ф. Современное состояние зоопланктона водоёма Теченского каскада водоемов // *Вестник Челябинского государственного университета*, 2013, № 7 (298), с. 53-60.
12. *Зоопланктон как индикатор антропогенного воздействия города на качество речных вод*. – URL: <http://auditorium.kursksu.ru/pdf/005-011.pdf>. (дата обращения: 17.01.2023). – Текст: электронный.
13. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды // *Материалы I съезда Всесоюзного Гидробиологического Общества: Санитарная и техническая гидробиология*, 1967, с. 26-31.
14. Лурье Ю.Ю. *Унифицированные методы исследования качества вод*. Москва, 1977. 228 с.

15. Knopp H. Stoffwechseldynamische Untersuchungsverfahren für die biologische Wasseranalyse // *Int. Revue Gesamt. Hydrobiol. Hydrogr.*, 1968, no. 53 (3), pp. 409-441.
16. Knopp H. Grundsatzlichen zur Fragebiologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutern an einem Gutelangsschnitt des Mains // *Arch. Hydrobiol.*, 1955, no. 22, pp. 363-368.
17. Kolkwitz R., Marsson M. Ökologie der pflanzlichen Saprobien // *Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch.*, 1908, no. 26, pp. 505-519.
18. Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gas- und Wasserfach*, 1955, Bd 96, no. 18, pp. 604.
19. Zelinka M., Marvan P. Bemerkungen zu neuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung // *Verhandlung Int. Vereinigung de Limnologie*, 1966, Bd 16, pp. 817-822.
20. Zelinka M., Marvan P. Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer // *Arch. Hydrobiol.*, 1961, Bd 57, no. 3, pp. 389-407.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 29.09.2022

Принята к публикации 27.02.2023

UDC 574.52

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/122-134>

## Dynamics of Changes in Saprobity of Water Bodies of the Kursk Region

V. V. Rudnev<sup>1</sup>✉, M. V. Kumani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Central Black Soil Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, Russian Federation (76, K. Marx str., Kursk, 305021)

<sup>2</sup>Kursk State University, Russian Federation (33, Radishchev str., Kursk, 305000)

**Abstract:** The purpose of this study is a comparative characteristic of saprobity and assessment of water quality by indicator zooplankton species of reservoirs and watercourses of the Kursk region for 1996, 2004 and 2014, identifying the dynamics of changes.

**Materials and methods.** Hydrobiological indicators of saprobity for zooplankton communities are analyzed. Determination of water quality in reservoirs and watercourses of the Kursk region was carried out by the method of Pantle and Buk in the modification of Sladeczek from 1996 to 2014. It is proved that this method gives reliable qualitative results in the conditions of the Kursk region.

**Results and discussion.** The dynamics of the increase in saprobity indices in all the studied reservoirs and watercourses of the Kursk region has been revealed. At some monitoring points, a change in the saprobity class was revealed in a big way, i.e. the environmental situation changed for the worse.

**Conclusions.** In general, the Swapa River is classified as reservoirs with background saprobity – betamesosaprobic. The Tuskar River belongs to the alphabeta mesosaprobic class. On the Seim River, the zooplankton community corresponds to betamesosaprobic conditions. Saprobity indices have increased significantly over the years of monitoring at the studied large reservoirs – the Kopyonkov reservoir and the Mikhailovsky mining processing plant. On small reservoirs there are two ponds on the Ryasnik River, over the years of research, the saprobity class has changed – from slightly polluted to moderately polluted.

**Key words:** Pantle and Buk method in the modification of Sladeczek, zooplankton, bioindication, saprobity.

**For citation:** Rudnev V. V., Kumani M. V. Dynamics of changes in saprobity of water bodies of the Kursk region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2023, no. 1, pp. 122-134. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/1/122-134>

© Rudnev V. V., Kumani M. V., 2023

✉ Vyacheslav V. Rudnev, e-mail: [rudnev-vyacheslav@yandex.ru](mailto:rudnev-vyacheslav@yandex.ru)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

REFERENCES

1. Andronnikova I. N. Ispol'zovanie strukturno-funktsional'nykh pokazateley zooplanktona v sisteme monitoringa [The use of structural and functional indicators of zooplankton in the monitoring system]. *Gidrobiologicheskie issledovaniya morskikh i presnykh vod*, 1988, pp. 47-53. (In Russ.)
  2. Bezmaternykh D. M. Zoobentos kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ekosistem Zapadnoy Sibiri [Zoobenthos as an indicator of the ecological state of aquatic ecosystems in Western Siberia]. *Gosudarstvennaya publichnaya nauchno-tehnicheskaya biblioteka Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, Institut vodnykh i jekologicheskikh problem, serija Jekologija*, 2007, no. 85, pp. 87-93. (In Russ.)
  3. *Biologicheskie metody opredeleniy akachestva vody. Metodicheskie razrabotki otdela biologii SPbGDTYu* [Biological methods for determining water quality. Methodological developments of the Biology Department of SPbGDTU]. Saint-Petersburg, 2002. 80p. (In Russ.)
  4. *Doklad o sostoyanii i okhrane okruzhayushchey sredy territorii Kurskoj oblasti v 2014 godu* [Report on the state and protection of the environment in the Kursk region in 2014]. Kursk, 2015. 203 p. (In Russ.)
  5. Klinkina N. M. Ekologicheskie osobennosti razlichnykh vidov presnovodnogo zooplanktona i ikh tolerantnost' k antropogennomu vozdeystviyu [Ecological features of various freshwater zooplankton species and their tolerance to anthropogenic impact]. *Materialy konferentsii «Strukturno-funktsional'nye osobennosti biosistem Severa (osobi, populyatsii, soobshchestva)»*, 2005, pp. 159-162. (In Russ.)
  6. Kumani M. V. *Sposoby regulirovaniya pochvenno-erozionnykh protsessov I gidrologicheskogo rezhima agrolandschafta Tsentral'no-Chernozemnoy zony* [Methods of regulation of soil erosion processes and hydrological regime of agricultural landscapes of the Central Chernozem zone]: avtoref. diss. ... doktora sel'hoz. nauk. Kursk, 2003. 415 p. (In Russ.)
  7. Mamaeva B. M. *Opredelitel' nasekomykh po lichinkam* [Insect determinant by larvae]. Moscow: Prosveshchenie, 1972. 238 p. (In Russ.)
  8. Makrushin A. V. *Biologicheskij analiz kachestva vod* [Biological analysis of water quality]. Leningrad: Zoologicheskij institut AN SSSR, 1974. 60 p. (In Russ.)
  9. Miseyko G. N., Bezmaternykh D. M., Tushkova G. I. *Biologicheskij analiz kachestva presnykh vod* [Biological analysis of fresh water quality]. Barnaul: AltGU, 2001. 201 p. (In Russ.)
  10. Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh evropeyskoj chasti SSSR* [Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR]. Moscow: Gidrometeoizdat, 1977. 512 p. (In Russ.)
  11. Osipova O. F. *Sovremennoe sostoyanie zooplanktona vodoema Techenskogo kaskada vodoemov* [The current state of zooplankton of the reservoir of the Techensky cascade of reservoirs]. *Vestnik Cheljabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2013, no. 7 (298), pp. 53-60. (In Russ.)
  12. *Zooplankton as an indicator of the anthropogenic impact of the city on the quality of river waters*. – URL: <http://auditorium.kursksu.ru/pdf/005-011.pdf> (accessed 17.01.2023). – Text: electronic. (In Russ.)
  13. Sladечek V. *Obshchaya biologicheskaya shema kachestva vody* [General biological scheme of water quality]. *Materialy I s"ezda Vsesoyuznogo Gidrobiologicheskogo Obshchestva: Sanitarnaya i tekhnicheskaya gidrobiologiya*, 1967. p. 26-31. (In Russ.)
  14. *Unifitsirovannye metody issledovaniya kachestva vod* [Unified methods of water quality research]. Moscow, 1977. 228 p. (In Russ.)
  15. Knopp H. *Stoffwechseldynamische Untersuchungsverfahren für die biologische Wasseranalyse*. *Int. Revue Gesam. Hydrobiol. Hydrogr.*, 1968, no. 53 (3), pp. 409-441.
  16. Knopp H. *Grundsatzlichen zur Fragebiologischer Vorfluteruntersuchungen, erläutern an einem Gutelängsschnitt des Mains*. *Arch. Hydrobiol.*, 1955, no. 22, pp. 363-368.
  17. Kolkwitz R., Marsson M. *Ökologie der pflanzlichen Saprobien*. *Berichte der Deutsch. Botan. Gesellschaft*, 1908, no. 26, pp. 505-519.
  18. Pantle F., Buck H. *Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse*. *Gas- und Wasserfach*, 1955, Bd 96, no. 18, pp. 604.
  19. Zelinka M., Marvan P. *Bemerkungen zuneuen Methoden der saprobiologischen Wasserbeurteilung*. *Verhandlung Int. Vereinigung de Limnologie*, 1966, Bd 16, pp. 817-822.
  20. Zelinka M., Marvan P. *Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheitfließender Gewässer*. *Arch. Hydrobiol.*, 1961, Bd 57, no. 3, pp. 389-407.
- Conflict of interests:** The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 29.09.2022

Accepted: 27.02.2023

Руднев Вячеслав Валерьевич

начальник региональной радиометрической лаборатории Центрально-Черноземного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, г. Курск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-5762-7184, e-mail: rudnev-vyacheslav@yandex.ru

Кумани Михаил Владимирович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры географии естественно-географического факультета, г. Курск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-0559-4066, e-mail: kumanim@yandex.ru

Vyacheslav V. Rudnev

Head of the Regional Radiometric Laboratory of the Central Black Soil Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring", Kursk, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-5762-7184, e-mail: rudnev-vyacheslav@yandex.ru

Mikhail V. Kumani

Dr. Sci. (Agric.), Professor at the Department of Geography of the Faculty of Natural Geography, Kursk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-0559-4066, e-mail: kumanim@yandex.ru