

УДК 574.587

DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-1-2020-40-51>

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗООБЕНТОСА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА С ЦЕЛЮ БИОМОНИТОРИНГА ВОДНОЙ СРЕДЫ*

Л.П. Федорова

Иваньковская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем Российской академии наук, г. Конаково, Тверская область

В статье обобщены материалы двухлетнего исследования сообщества зообентоса в Иваньковском водохранилище. Дана оценка степени загрязнения придонного слоя воды

Ключевые слова: зообентос, биотопы, численность, биомасса, биомониторинг, индекс Гуднайта-Уитли.

В мониторинговых исследованиях водных объектов важное место занимает изучение зообентоса как долгоживущего, ведущего малоподвижный образ жизни и наиболее четко отражающего степень хронического загрязнения водного сообщества. При этом основными структурно-функциональными характеристиками развития зообентоса являются таксономический состав, соотношение отдельных групп сообщества, биопродуктивность, динамика численности и биомассы.

Цель работы – дать характеристику современного состояния сообщества донных беспозвоночных Иваньковского водохранилища, а также выяснить реакцию отдельной систематической группы зообентоса (*Oligochaeta*) на загрязнение придонного слоя воды. Исследование основано на использовании материалов натуральных наблюдений, проведенных в полевой сезон 2018–2019 гг., и литературных данных.

Бентофауна Иваньковского водохранилища изучена достаточно хорошо [1 – 5, 8 – 10, 14, 15, 17, 19]. Ее исследования начались до заполнения водохранилища. По данным этих авторов, до зарегулирования р. Волги дно русла было покрыто песчаными грунтами, характеризующимися бедной фауной, состоящей из немногих видов личинок хирономид и моллюсков. Но уже к концу первого года существования водохранилища на затопленных территориях сформировался временный биоценоз с преобладанием *Chironomus plumosus*, характерный для первых лет существования крупных волжских водохранилищ.

* Работа выполнена в рамках темы № 0147-2019-0002 (№ государственной регистрации АААА-А18-118022090104-8) Государственного задания ИВП РАН.

К середине 1950-х годов прошлого столетия в результате интенсивного заиления дна в водохранилище уже существовал пелофильный биоценоз. Основу этого биоценоза составляли виды личинок хирономид преимущественно pp. *Chironomus*, *Cryptochironomus*, *Glyptotendipes*, из олигохет преобладали тубифициды (р. *Limnodrilus*), из моллюсков – сферииды (р. *Sphaerium*), вивипариды (р. *Viviparus*) и униониды (pp. *Anodonta* и *Unio*), в Нижневолжском плесе отмечена *Dreissena polymorpha*.

В сравнении с первыми годами существования водохранилища, в середине 50-х годов доля личинок хирономид в общей биомассе донных организмов значительно уменьшилась (с 76 до 36-54 %), при этом возросла роль олигохет и моллюсков, биомасса которых увеличилась в 2 и 3 раза соответственно. В указанный период почти половину (47.3%) биомассы бентоса Иваньковского водохранилища составляли моллюски, причем от других водохранилищ Волжского каскада Иваньковское водохранилище отличалось обилием сфериид, роль которых в дальнейшем снизилась и к концу 60-х годов составляла 2.5 – 1.7% общей биомассы бентоса.

На 32-й год существования Иваньковского водохранилища, в составе донной фауны обнаружено уже более 40 видов животных. Прослеживалась приуроченность организмов к определенным биотопам. На илистых грунтах, занимающих к тому моменту около 40% площади дна, окончательно сформировался тубифицидно-хирономидный комплекс, биомасса которого в среднем достигала 9 - 21 г/м². Песчано-илистые биотопы заросших мелководий характеризовались большим видовым разнообразием донных организмов (более 20 видов), здесь встречались в основном представители фитофильной фауны: личинки хирономид – *Cricotopus gr. silvestris*, *Glyptotendipes glaucus*, *Endochironomus albipennis*, *Corynoneura sp.*, мелкие олигохеты сем. *Naididae*, пиявки pp. *Helobdella* и *Herpobdella*, а также представители отр. *Ephemeroptera*, *Trichoptera*, *Coleoptera*, *Odonata*. Биомассу донных организмов зарослевой зоны определяли моллюски класса гастропод, особенно планорбииды (*Planorbis planorbis*, *P. vortex*), крупные *Limnaea stagnalis* и *Viviparus viviparus*.

Открытые прибрежные зоны с песчаными грунтами были менее продуктивными и характеризовались наличием мелких олигохет сем. *Naididae* и личинок хирономид, преимущественно *Cladotanytarsus tancus*. Биомасса здесь не превышала 1.2 – 2.3 г/м² ввиду бедных органикой грунтов, их обнажения и промерзания при зимней сработке уровня воды в водохранилище.

Результаты многочисленных исследований, проведенных на Иваньковском водохранилище, показали, что вплоть до конца предыдущего столетия наблюдались значительные колебания в развитии

основных групп зообентоса: в 1980-х годах ведущая роль принадлежала моллюскам, а к 2000 г. – личинкам хирономид.

Наличие *Dreissena polymorpha*, единственного каспийского элемента фауны, отмечалось в первых исследованиях Иваньковского водохранилища только в районе сброса теплых вод Конаковской ГРЭС. По данным НИР Верхне-Волжского отделения ФГБНУ «ГосНИОРХ», в настоящее время этот моллюск встречается во всех плесах водохранилища [8, 14, 15, 19].

Новое столетие также характеризуется интенсивным развитием моллюсков (сем. *Viviparidae*, *Valvatidae*, *Pisidiidae*, *Unionidae*, *Dreissenidae*) с доминированием представителей сем. *Pisidiidae*.

Отбор проб зообентоса в 2018–2019 гг. осуществлялся в сезонном аспекте – весной в мае, когда начинается интенсивное развитие донных беспозвоночных, летом в июле, во время предполагаемого пика в развитии гидробионтов и осенью, когда происходит замедление всех биологических процессов. Такая схема отбора проб необходима для выяснения видового разнообразия, количественного развития гидробионтов, их изменений под воздействием внешних факторов среды.

Сбор материала и его камеральная обработка осуществлялась по общепринятым методикам [6, 7].

Пробы отбирались на 6 разрезах, охватывающих как русловую, так и мелководную (до 3 м) зоны во всех плесах водохранилища.

Бентос отбирался дночерпателем Петерсена с площадью захвата $\frac{1}{40}$ м², по 2-3 выемки грунта на каждой станции с дальнейшим промыванием через газ № 23. Все пробы фиксировались в 4%-ом формалине.

В лабораторных условиях организмы отделяли от грунта, просчитывали и взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,001г отдельно по основным группам. Для определения таксономического состава идентификацию организмов проводили до вида (личинки сем. *Chironomidae*).

Общие численность и биомасса организмов для всего водоема рассчитывались как средневзвешенные величины с учетом площади биотопов. Крупные моллюски учитывались при расчетах средних показателей развития бентоса, так как они активно участвуют в продукционных процессах экосистемы водохранилища.

Определение видов проводили с использованием микроскопа бинокуляра и определителей [11, 12].

Анализ собранного материала показал, что основу бентофауны Иваньковского водохранилища, как и в предыдущие годы наблюдений, составляли олигохеты, личинки хирономид и моллюски. К

немногочисленной группе «прочие» отнесены личинки гелеид, поденок, хаборусов, ручейников, а также пиявки, гаммариды, нематоды.

Более подробно рассматривалась группа личинок хирономид (Chironomidae), как важнейшая составляющая зообентоса (основа рациона бентосоядных рыб). В вегетационные периоды 2018-2019 гг. количество видов данной группы достигало 23, из них 20 видов подсемейства *Chironominae*, 1 вид подсемейства *Tanypodinae*, 2 вида – *Orthoclaadiinae*. Высокая встречаемость в группе личинок хирономид отмечена у *Cladotanytarsus mancus*, *Procladius ferrugineus*, *Chironomus plumosus*, видов пр. *Cryptochironomus*, *Polypedilum*, *Limnochironomus*.

Малощетинковые черви (Oligochaeta) были представлены в основном семействами *Tubificidae* и *Lumbriculidae*. Среди моллюсков отмечены представители родов *Sphaerium*, *Viviparus*, *Anodonta*, *Unio*, а также *Dreissena polymorpha*.

Для иловых биотопов русловой зоны водохранилища характерно незначительное число видов донных организмов, здесь господствуют выносливые к дефициту кислорода и другим неблагоприятным воздействиям малощетинковые черви и личинки комаров. Песчаные и песчано-илистые биотопы прибрежной зоны водоема отличаются большим видовым разнообразием, особенно в группе хирономид, массовым развитием моллюсков, а также пиявок, личинок ручейников, поденок, гелеид и пр. (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Характеристика основных зон развития зообентоса
Иваньковского водохранилища (май–октябрь 2018–2019 гг.)

Показатели	Профундаль		Литораль	
Глубина, м	9.0–17.0		2.5–3.0	
Грунты	серый ил		песок, ракушечник	
Плеса	Верхневолжский Средневолжский Нижневолжский Шошинский		правая левая в каждом плесе	
Температура придонного слоя воды, °С	2018 г. 13.1–16.9 (май)	2019 г. 11.2–14.9 (май)	2018 г. 16.8–18.3 (май)	2019 г. 16.6–20.6 (май)
	21.2–22.2 (август)	18.1–19.1 (июль)	21.6–23.8 (август)	20.2–23.3 (июль)
	9.1–10.5 (октябрь)	7.4–8.7 (октябрь)	9.3–11.2 (октябрь)	7.5–8.9 (октябрь)
Выделенные биоценозы	пелофильный		псаммофильный	
Число видов животных	12		36	

Продуктивность донного сообщества различных биотопов зависит не от видового разнообразия беспозвоночных, а от обилия животных на единицу площади и их размеров. За время наблюдений в глубоководных зонах всех плесов водохранилища на иловых грунтах биомассу бентоса, приблизительно в равной степени, составляли олигохеты и личинки хирономид при этом олигохеты имели численное преимущество, хирономиды превосходили в размерах. На песчаных и слабозаиленных грунтах прибрежной зоны моллюски составляли основу биомассы, среднесезонные показатели которой достигали 115.0 – 215.0 г/м², в то время как биомасса более многочисленной и многообразной группы личинок хирономид, представители которой имели небольшие размеры, не превышала 2 г/м².

В среднем по водохранилищу продуктивность донного сообщества определяли моллюски прибрежной зоны, доля которых в общей биомассе бентоса за время наблюдения достигала 92 – 95 % (табл. 2, 3).

Благодаря продолжительному жизненному циклу многих донных животных, их сообщества надёжно характеризуют изменения водной среды за длительные периоды времени, что позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов загрязнения придонного слоя воды и грунта.

Многие авторы для целей биоиндикации предпочитают использовать олигохет, поскольку они дают вполне объективную информацию о состоянии окружающей среды за длительный период до начала наблюдений, что весьма важно [13, 16, 18, 20].

Наибольшее применение в мировой практике биоиндикации нашел олигохетный индекс (ОИ) Гуднайт-Уитли [7, 21], равный отношению численности олигохет к численности всего бентоса в процентах и применяемый только для определения загрязнения водоема органическими веществами. По величине этого индекса выделяют шесть классов чистоты воды.

Расчет ОИ производился для каждого плеса и всего водохранилища с использованием средневзвешенной величины численности донных организмов за весь вегетационный период (рис. 1 и 2).

Необходимо отметить, что приведены усредненные показатели уровня загрязнения по плесам водохранилища (табл. 4), значения ОИ глубоководной и мелководной зон сильно отличаются. Определяющая роль в развитии олигохет принадлежит иловым биотопам глубоководной русловой зоны.

Таблица 2

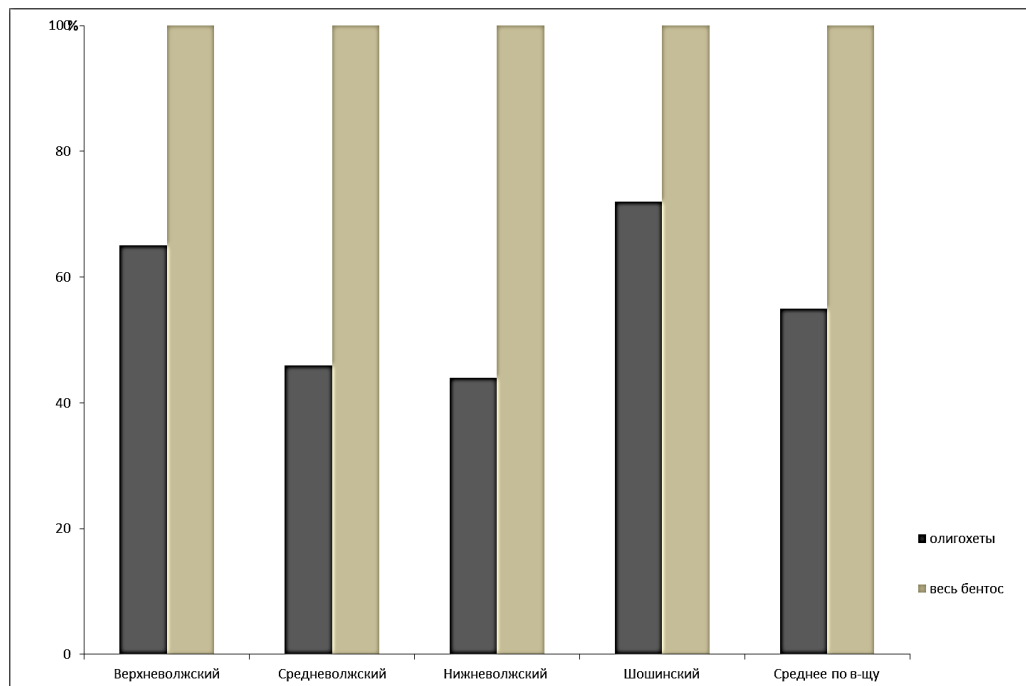
Средневегетационные численность и биомасса зообентоса ($\frac{\text{экз./м}^2}{\text{г/м}^2}$) Иваньковского водохранилища в 2018 г.

Группа организмов	Плес												Среднее по водохранилищу
	Верхневолжский			Средневолжский			Нижневолжский			Шошинский			
	русло	прибрежье	среднее	русло	прибрежье	среднее	русло	прибрежье	среднее	русло	прибрежье	среднее	
Мягкий бентос	<u>4187</u> 7.71	<u>703</u> 0.74	<u>1864</u> 3.07	<u>2440</u> 5.75	<u>1282</u> 1.27	<u>1668</u> 2.76	<u>6910</u> 20.9	<u>4230</u> 2.00	<u>5303</u> 9.54	<u>15440</u> 30.6	<u>2127</u> 1.32	<u>6530</u> 11.1	<u>3635</u> 6.28
Моллюски	<u>53</u> 0.25	<u>443</u> 265	<u>313</u> 177	<u>7</u> 0.03	<u>164</u> 112	<u>112</u> 74.9	<u>23</u> 0.08	<u>331</u> 75.8	<u>208</u> 45.5	<u>93</u> 0.37	<u>87</u> 5.49	<u>89</u> 3.80	<u>172</u> 71.7
Всего	<u>4240</u> 7,96	<u>1146</u> 266	<u>2177</u> 180	<u>2447</u> 5.78	<u>1446</u> 113	<u>1780</u> 77.7	<u>6933</u> 21.0	<u>4561</u> 77.8	<u>5511</u> 55.0	<u>15533</u> 31.0	<u>2214</u> 6.81	<u>6652</u> 14.9	<u>3807</u> 78.0

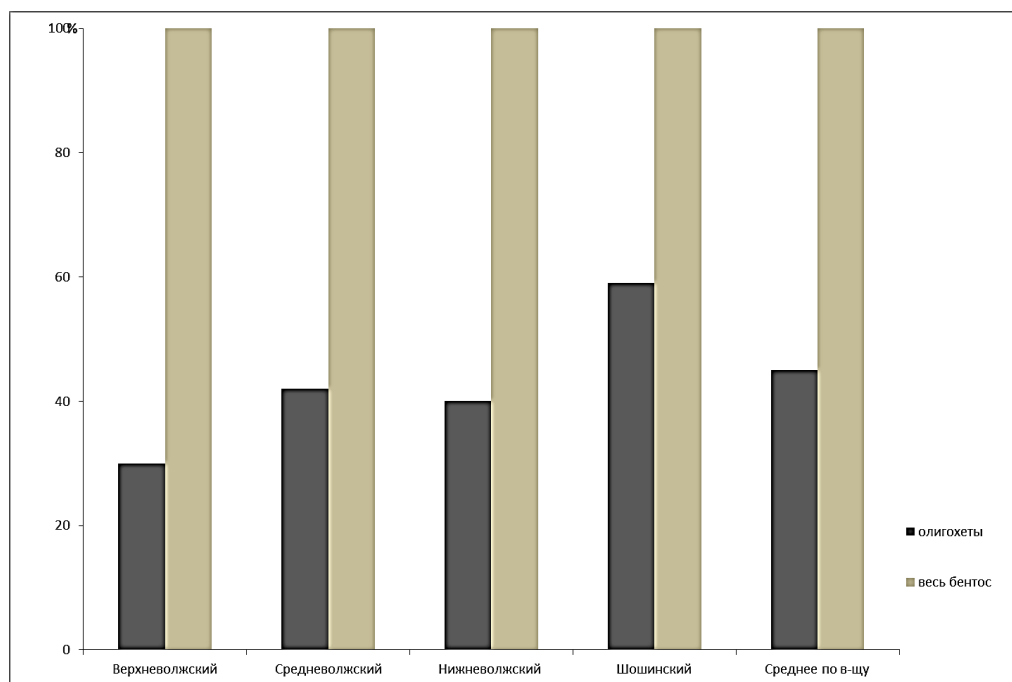
Таблица 3

Средневегетационные численность и биомасса зообентоса ($\frac{\text{экз./м}^2}{\text{г/м}^2}$) Иваньковского водохранилища в 2019 г.

Группа организмов	Плес												Среднее по водохрани лищу
	Верхневолжский			Средневолжский			Нижневолжский			Шошинский			
	русло	прибрежье	среднее	русло	прибрежье	среднее	русло	прибрежье	среднее	русло	прибрежье	среднее	
Мягкий бентос	<u>2700</u> 5.61	<u>2440</u> 3.29	<u>2527</u> 4.05	<u>3020</u> 13.0	<u>2305</u> 2.17	<u>3109</u> 5.79	<u>5245</u> 18.4	<u>4257</u> 1.05	<u>4652</u> 8.31	<u>11010</u> 19.1	<u>2060</u> 2.96	<u>6509</u> 8.35	<u>4061</u> 6.97
Моллюски	<u>40</u> 0.17	<u>740</u> 545	<u>507</u> 363	<u>5</u> 0.03	<u>275</u> 229	<u>185</u> 152	<u>175</u> 154	<u>117</u> 0.37	<u>140</u> 61.6	<u>20</u> 15.5	<u>130</u> 84.6	<u>93</u> 61.7	<u>213</u> 147
Всего	<u>2740</u> 5.78	<u>3180</u> 548	<u>3034</u> 367	<u>3025</u> 13.0	<u>2580</u> 231	<u>3294</u> 158	<u>5420</u> 172	<u>4374</u> 1.42	<u>4792</u> 69.9	<u>11030</u> 34.6	<u>2190</u> 87.6	<u>6602</u> 70.1	<u>4274</u> 154



Р и с. 1. Значение ОИ (%) по плесам Иваньковского водохранилища в 2018 г.



Р и с. 2. Значение ОИ (%) по плесам Иваньковского водохранилища в 2019 г.

Т а б л и ц а 4

Степень загрязнения плесов Иваньковского водохранилища по олигохетному индексу (ОИ) Гуднайт–Уитли

Плесы	2018 г.			2019 г.		
	Значение ОИ, %	Степень загрязнения воды	Класс качества воды	Значение ОИ, %	Степень загрязнения воды	Класс качества воды
Верхневолжский	65	загрязненная	IV	30	чистая	II
Средневолжский	46	умеренно загрязненная	III	42	умеренно загрязненная	III
Нижневолжский	44	умеренно загрязненная	III	40	умеренно загрязненная	III
Шошинский	72	грязная	V	59	загрязненная	IV
Среднее по водохранилищу	55	загрязненная	IV	45	умеренно загрязненная	III

Проведенные в 2018–2019 гг. исследования состояния сообщества зообентоса Иваньковского водохранилища позволяют отметить следующее:

- приуроченность донных организмов к различным биотопам определяет их видовое разнообразие и продуктивность сообщества бентоса в целом;
- интенсивное развитие моллюсков в прибрежной зоне водохранилища;
- сезонные колебания показателей обилия зообентоса связаны как с жизненным циклом насекомых (вылет имаго), так и с выеданием донных организмов бентосоядными рыбами, являющимися доминирующей группой в составе ихтиофауны Иваньковского водохранилища;
- рассчитан олигохетный индекс Гуднайт-Уитли с целью определения степени загрязнения придонного слоя воды и грунта по плесам Иваньковского водохранилища;
- подтверждено мнение многих исследователей о том, что олигохетный индекс имеет отрицательную корреляцию с видовым разнообразием донных организмов;
- улучшение качества воды в Верхневолжском и Шошинском плесах в 2019 г., по сравнению с 2018 г., может зависеть от изменения таких показателей, как увеличение проточности в период сброса воды,

влияющей на качество грунта, содержание кислорода в придонном слое воды;

- вода Иваньковского водохранилища в среднем по водоему на данный момент отнесена к категории «умеренно загрязненная»;
- для более объективной характеристики уровня загрязнения воды в водохранилище, необходимо отдельно оценивать глубоководную и мелководную зоны водоема с учетом обмена водных масс между ними;
- для более достоверной оценки качества воды и грунта, наряду с индексом Гуднайт-Уитли, необходимо использовать дополнительно такие методы биоиндикации, как хирономидный индекс Балуткиной, индекс видового разнообразия Шеннона, средняя сапробность, рассчитываемая как средневзвешенная сапробность трех первых доминирующих по численности видов бентосных организмов.

Список литературы

1. Волга и ее жизнь // Ред. Н.В. Буторин, Ф.Д. Мордухай-Болтовской. Л.: Наука, 1978. 348 с.
2. Гурова Л.А., Величко А.Н., Кудинов М.Ю. Кормовая база рыб Иваньковского и Угличского водохранилищ в 1976-1978 гг. // Сб. научн. тр. ГосНИОРХ. № 145. 1980. С. 17–32.
3. Дьяченко И.П. Фауна зарослей прибрежной зоны Иваньковского и Угличского водохранилищ // Изв. ГосНИОРХ. Т. 67. 1968. С. 289–298.
4. Иваньковское водохранилище и его жизнь. Под ред. Н.В. Буторина // Труды ИБВВ АН СССР. Вып. 34(37). Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1978. 304 с.
5. Максимова Г.Д. О влиянии повышенной температуры воды на развитие некоторых личинок рода *Chironomus* // Влияние тепловых электростанций на гидрологию и биологию водоемов. Борок, 1974. С. 98-100.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. Л., 1971. С. 96 – 108.
7. Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 277 с.
8. Митропольский В.И. К распространению сфериид в Иваньковском водохранилище и его притоках // Гидробиологический журнал. Т. 9. № 6. 1973. С. 96–99.
9. Митропольский В.И. Зообентос Иваньковского водохранилища в районе сброса подогретых вод Конаковской ГРЭС // Информ. бюл. «Биол. внутр. вод». 1974. № 24. С. 19–23.
10. Мордухай-Болтовской Ф.Д. Особенности процесса первоначального формирования бентоса в волжских водохранилищах // Труды

- Всесоюзн. совещ. по биол. основам рыбохоз. освоения водохранилищ. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1961. С. 123–133.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 511 с.
 12. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб: Наука. Т.6. 2004. 527 с.
 13. Пареле Э.А., Астапенюк Е.Б. Тубифициды (*Oligochaeta: Tubificidae*) – индикаторы качества водоема // Изв. АН ЛатвССР. 1975. № 9. С. 44-49.
 14. Поддубная Т.Л. Донная фауна Иваньковского водохранилища в районе сброса теплых вод Конаковской ГРЭС // Биология и продуктивность пресноводных организмов. Л.:Наука, 1971. С. 96-108.
 15. Поддубная Т.Л. Состояние донной фауны Иваньковского водохранилища на 32-й год его существования // Флора, фауна и микроорганизмы Волги. Рыбинск, 1974. С. 143-154.
 16. Попченко В.И., Рязанов А.Г. Методические указания по исследованию зообентоса для определения состояния фоновых пресноводных экосистем. М., 1987. 25 с.
 17. Себенцов Б.М., Биск Д.И., Мейснер Е.В. Режим и рыба Иваньковского водохранилища в первые 2 года его существования // Тр. Воронежского отд. ВНИИПРХ, 1940. Т. 3. Вып. 2. 1940. С. 9-95.
 18. Слепухина Т.И. Сравнение различных методов оценки качества вод с помощью олигохет. // Биология пресноводных организмов Северо-Запада СССР. Таллин, 1983. С. 51– 56.
 19. Фенюк В.Ф. Донная фауна Иваньковского и Угличского водохранилищ // Тр. ин-та биол. водохр. АН СССР. Вып. 1 (4). 1959. С. 139-160.
 20. Финогенова Н.П. Значение олигохет как индикаторов загрязненных вод // Гидробиологические основы самоочищения вод. Л. 1976. С. 51–60.
 21. Goodnight C.J., Whitley L.S. Oligochaetes as indicators of pollution // Proc. 15th Int. Waste Conf. Purdue Univ. Eth. Ser., vol. 106, 1961. P. 139–142.

**ASSESSMENT OF THE ZOOBENTHOS STATUS OF THE
IVANKOVO RESERVOIR WITH THE AIM OF BIOMONITORING
THE AQUATIC ENVIRONMENT**

L.P. Fedorova

The Ivankovskaya Research Station – branch of the Institute of Water Problems of
the Russian Academy of Sciences, Konakovo town, Tver region

The article summarizes the materials of a two-year study of the zoobenthos community.

Keywords *zoobenthos, habitats, abundance, biomass, biomonitoring, index Goodnight-Whitley.*

Об авторе:

ФЕДОРОВА Людмила Парамоновна – ведущий инженер, Ивановская НИС – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт водных проблем РАН (171251, г. Конаково, Тверская область, ул. Белавинская, д. 61-А), e-mail: ludmila-54f@mail.ru.