

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

*В.В. Дроздов, Г.С. Рязанов*

### ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУЗДАЛЬСКИХ ОЗЁР САНКТ-ПЕТЕРБУРГА ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

*V.V. Drozdov, G.S. Ryazanov*

### ASSESSMENT OF ECOLOGICAL CONDITIONS OF SUZDALSK LAKES OF ST.-PETERBURG REGION BY HYDROBIOLOGICAL INDEXES

*Исследование основывается на использовании для оценки качества вод Суздальских озёр биоиндикаторных организмов, главным образом донных беспозвоночных животных, а также их сообществ. Организмы-индикаторы обладают специфической толерантностью к конкретным условиям среды. Присутствие определённых индикаторных видов в данном районе отражает характерные условия их среды обитания. В различных районах озёр собраны 42 биологические пробы, изученные в лаборатории согласно биоиндикационной методике Ф. Вудивисса. Полученные результаты показали существенные различия в качестве вод, свойственные отдельным районам озёр.*

*The principal research assumption is using bioindicator organisms, mainly benthic macro invertebrates, and their communities for water quality assessment of Suzdalsk lakes. Indicator organisms are species that have narrow and specific environmental tolerances. The presence of the indicator species is a reflection of characteristic features of their environment. A total of 42 biological samples were collected in different parts of the lakes and were investigated at a laboratory according to methods of freshwater bio-monitoring developed by F.S. Woodiwiss. The results obtained indicate significant differences in water quality between areas of the lakes.*

Район Суздальских озёр, а также примыкающие к нему Шуваловский и Новорловский лесопарки представляют собой крупные ландшафтно-архитектурные комплексы конца XVIII – начала XIX в., в значительной мере сохранившие до настоящего времени свою высокую историческую и эстетическую ценность. Тем не менее Суздальские озёра, являясь крупнейшей системой водоёмов естественного происхождения в пределах городской черты, подвергаются антропогенному воздействию, связанному с рекреационной нагрузкой и застройкой прибрежной зоны. Район Суздальских озёр пока не обладает статусом особо охраняемой природной территории, что способствовало бы сохранению элементов его исторического ландшафта и предотвращению некоторых нега-

тивных воздействий на экосистемы. В связи с этим очевидна необходимость проведения регулярных исследований, целью которых являлись бы оценка текущего экологического состояния озёр и установление тенденций его изменений.

В июле 2004 г. летние учебно-научные исследования по экологии пресных вод с участием студентов-экологов РГГМУ проводились на Суздальских озёрах. На основе анализа собранного биологического материала стало возможным применение биоиндикационной методики с целью оценки экологического состояния Суздальских озёр по гидробиологическим показателям.

В российской государственной системе мониторинга окружающей среды с 1974 г. для оценки качества водоёмов и водотоков наравне с гидрохимическими методами применяются также методы, основанные на анализе гидробиологических показателей. Гидрохимические методы позволяют судить о наличии загрязнения в момент взятия проб, применение же гидробиологических биоиндикационных методов даёт возможность оценить долговременные последствия влияния загрязнителей на экосистему [Абакумов, 1981, 1991; Израэль, 1981].

Официальное признание получил метод, разработанный английским экологом Ф. Вудивиссом (F.S. Woodiwiss) для внутренних водных объектов умеренной климатической зоны [Вудивисс, 1977]. В его основу положена закономерность упрощения таксономической структуры и общего видового разнообразия биоценоза по мере повышения уровня загрязнённости вод за счёт снижения численности особо чувствительных к загрязнению организмов, способных жить и размножаться только в относительно чистых водах. Ф. Вудивиссом были разработаны специальные индикаторные группы донных беспозвоночных организмов, в которые входят личинки насекомых, принадлежащих к отрядам веснянок (*Plecoptera*), подёнок (*Ephemeroptera*), каждое семейство ручейников (*Trichoptera*), два рода ракообразных (*Gammarus*, *Asellus*), моллюски, каждый вид плоских червей, каждый вид пиявок (*Hirudinea*), олигохеты семейства *Tubificidae* и хирономиды рода *Chironomus*. Реализация данной методики предполагает отбор проб донных организмов в намеченных станциях, установление в пробе общего числа индикаторных групп Вудивисса, отражающих общее видовое разнообразие на данной станции, и установление обилия видов отдельных показательных организмов, обладающих определённой толерантностью к конкретному уровню загрязнения среды.

К числу видов-показателей «очень чистых вод» принадлежат личинки веснянок (*Plecoptera*) и личинки подёнок (*Ephemeroptera*), в «чистых» водах обитают губки (*Spongilla*), личинки ручейников, в водах «удовлетворительной чистоты» доминируют личинки стрекоз, гаммарусы, в «загрязнённых водах» преобладают ракообразные рода *Asellus*, личинки вислоккрылки (*Sialis*), а в «грязных» зообентос представлен почти исключительно олигохетамитубифидами (трубочник) и личинками хирономид (мотыль). Далее по специальной рабочей таблице, на основе анализа общего видового состава и видового обилия показательных организмов определяется биотический индекс местооби-

тания (БИМ). Чем выше БИМ, тем относительно чище вода. Данный показатель изменяется от 0 (очень грязная вода, присутствуют только наименее чувствительные к недостатку растворённого кислорода и избытку органических веществ немногочисленные виды) до 10 (очень чистая вода, преобладают индикаторы чистых вод – различные виды веснянок и подёнок).

Отбор количественных биологических проб и их анализ производился по стандартным методикам [Методические рекомендации..., 1982, 1984; Руководство..., 1992] с учётом опыта определения качества озёр по гидробиологическим показателям И.И. Николаева [Николаев, 1981]. Для сбора проб донных беспозвоночных животных в прибрежной зоне использовался штанговый количественный дночерпатель с шириной режущей кромки 20 см. Отбор проб планктонных организмов осуществлялся при помощи стандартной количественной планктонной сети Джеди с диаметром верхнего обруча 18 см и размером ячеей 0,2 мм. Количественный анализ и определение видового состава организмов производились с использованием бинокляров и медицинских микроскопов Биолам Д – 11. Промеры глубин, исследование рельефа, а также измерение температуры воды на различных горизонтах осуществлялись с использованием электронного эхолота Humminbird Piranha Max 10.

В период проведения полевых исследований был осуществлён количественный сбор проб представителей донных беспозвоночных организмов (макрозообентоса) на 12 станциях (ст.) в прибрежной зоне Верхнего, Среднего и Нижнего Большого Суздальских озёр. Организмы извлекались из грунта в полевых условиях, помещались в специальные контейнеры и фиксировались 4 %-ным раствором нейтрализованного формалина. Сбор количественных проб зоопланктона с целью выявления зон с повышенной и пониженной биологической продуктивностью, отражающей интенсивность поступления биогенных веществ в водоём, произведён на 9 станциях по акватории Нижнего Большого озера. Все пробы отбирались по два раза на каждой станции. Таксономический анализ собранного биологического материала осуществлялся по специальным определителям [Определитель пресноводных..., 1977, 1995] в Лаборатории биологии кафедры экологии РГГМУ.

Верхнее Суздальское озеро имеет площадь около 7 га и несколько вытянутую с юго-востока на северо-запад форму. Дно озера песчано-илистое, береговой склон за исключением северного берега пологий, почвы не образуют богатого гумусом слоя. Вдоль западного побережья расположены частные жилые дома, коттеджи. Сообщества травянистых наземных и водных растений всюду около побережья развиты слабо. Массового развития водорослей в мелководной зоне не наблюдается. В южной части озера располагается обширный пляж, с периодически обновляемым песчаным грунтом. Прозрачность вод по диску Секки значительна и в центральной части озера достигает 1,5 м. Отбор биологических проб производился на 4 станциях в прибрежной зоне, в юго-восточной, восточной, северной и северо-западной частях озера. Анализ собранного материала показал, что на юго-восточной (ст. 1) и северо-западной (ст.

4) станциях число групп Вудивисса, отражающих общее видовое разнообразие фауны, не превышало 10. Среди показательных организмов присутствовали индикаторы «чистых вод» – личинки ручейников (семейства *Molannidae* и *Limnophilidae*), а соответствующие значения биотического индекса местообитания (БИМ) не превосходили значение 6. В то же время на восточной (ст. 2) и северной (ст. 3) станциях наблюдалось большее видовое разнообразие, и число групп Вудивисса достигало 15, а среди показательных организмов были обнаружены индикаторы «очень чистых вод», т.е. представители отрядов веснянок и подёнок. На последних двух станциях значения БИМ составляли 8. Таким образом, на основе реализации биоиндикационной методики Ф. Вудивисса можно прийти к предварительному выводу о том, что в целом воды Верхнего озера являются достаточно чистыми, озеро по трофическому статусу является олиготрофным, т.е. не подвержено значительному загрязнению органическими веществами, и что здесь к настоящему времени экологическая обстановка не внушает серьёзных опасений.

Среднее Суздальское озеро по площади занимает около 5 га, имеет округлую форму. С южной и северо-восточной стороны береговую линию озера образуют склоны песчаных холмов. В восточной части озера расположен мелководный Лилейный залив, вдоль пологих берегов которого произрастает массив чёрной ольхи и ивы. Дно озера в южной части песчаное, в северной и западной – песчано-илистое. В районе залива грунт имеет илистый характер со значительным количеством листовенного опада. Прозрачность вод озера по диску Секки в центральной части составляет 1,3 м, в заливе не превышает 1 м. На Среднем озере пробы отбирались на 3 станциях в прибрежной зоне, в южной, восточной и северной частях водоёма. Анализ собранного биологического материала показал, что в южной части озера (ст. 5) на бедных песчаных грунтах видовое разнообразие было незначительным, число групп Вудивисса в пробе составило 8, причём виды-индикаторы "очень чистой" воды отсутствовали. Здесь значение БИМ составило 7. В восточной части озера (ст. 6) фауна представителей макрозообентоса более разнообразна за счёт обилия органических веществ и водной растительности. Здесь число групп Вудивисса достигало 18, однако основу видового состава донных беспозвоночных составляли индикаторы «удовлетворительно чистых» и «загрязнённых вод». Соответственно значение БИМ составило 5. На станции, расположенной в северной части водоёма (ст. 7), преобладали индикаторы «чистых» и «удовлетворительно чистых вод», в том числе были обнаружены несколько видов личинок ручейников и стрекоз. Биотический индекс местообитания равен 6. В целом можно говорить о том, что экологическую обстановку на Среднем Суздальском озере нельзя признать благополучной.

Нижнее Большое Суздальское озеро имеет вытянутую в меридиональном направлении форму. Протяжённость озера с севера на юг около 1,5 км, ширина – от 200 до 600 м. С севера в озеро впадает естественный водоток – река Старожилровка, бассейн которой располагается на территории совхозов «Парголово» и 180

«Бугры». В западной части озера берёт своё начало р. Каменка, впадающая в Лахтинский залив. Максимальные глубины свойственны юго-восточной части озера (от 8 до 12 м), тогда как северная часть озера мелководна и частично заболочена – здесь преобладают глубины от 0,5 до 2,0 м. Берега и дно озера в северной, западной и южной частях сложены заиленными суглинками, в восточных районах преимущественно песчано-илистые. На глубинах более 5 м на значительной площади дна встречаются чёрные илы – признак дефицита растворённого кислорода в придонных горизонтах и неполной утилизации органических веществ. Прозрачность вод озера незначительна, на станциях в открытой части составляет от 0,7 до 1 м по диску Секки. Вдоль всего побережья, и в особенности в северной и западной частях озера, располагаются обширные сообщества высшей водной растительности с доминированием тростника (*Phragmites australis*) и кубышки жёлтой (*Nuphar lutea*) на глубинах от 1 до 1,5 м, а также роголистника погружённого (*Ceratophyllum demersum*) на глубинах до 0,8 м и стрелолиста обыкновенного (*Sagittaria sagittifolia*) у уреза воды, что свидетельствует о значительном поступлении в озеро взвешенных органических веществ. В целом растительными сообществами занято около 20 % поверхности озера.

На Нижнем Большом Суздальском озере было выполнено пять станций отбора проб беспозвоночных животных в прибрежной зоне (см. рисунок). Станция 8 располагается на южной оконечности озера. В данном районе в составе донной фауны было обнаружено 6 индикаторных групп Вудивисса, среди которых доминировали индикаторы «загрязнённых вод» – *Assellus aquaticus* (ракообразные – изоподы) и личинки вислокрылки (*Sialis*). В незначительном количестве встречались также индикаторы «грязных вод», такие, как личинки хиромомид (*Tendipes*). В итоге биотический индекс местообитания не превысил значения 4. На станции 9, расположенной в юго-восточной части озера, донная фауна была более разнообразной: здесь удалось обнаружить 10 индикаторных групп Вудивисса, в составе которых преобладали индикаторы «удовлетворительно чистых вод», среди которых личинки стрекоз красотки (*Agrion*) и коромысла (*Aeschna*), водяные жуки, моллюски-затворки (*Valvata piscinalis*). Здесь БИМ достиг значения 6, что свидетельствует о несколько более благополучном экологическом состоянии района по сравнению с предшествующей станцией. На станции 10, расположенной в северо-восточном районе озера, число индикаторных групп Вудивисса не превысило 7, а значение БИМ составило 5. Наконец, на станциях 11 и 12, находящихся в северной части озера в непосредственной близости от устья р. Старожиловка, видовое разнообразие донной фауны было наименьшим среди всех предшествующих береговых станций, число групп Вудивисса равнялось 5. Здесь макрозообентос был представлен исключительно индикаторами «загрязнённых» и «грязных» вод и, как следствие, биотический индекс местообитания не превысил значения 3, что свидетельствует о напряжённой экологической ситуации в данном районе озера и неблагоприятных условиях для обитания требовательных к чистой воде организмов.

Обобщённые данные и предварительное заключение относительно экологического состояния всех трёх Суздальских озёр представлены в табл. 1. В табл. 2 и на рисунке представлены результаты количественного анализа проб зоопланктона, собранных в открытой части Нижнего Большого Суздальского озера.

Таблица 1

**Сравнительная оценка экологического состояния Суздальских озёр Санкт-Петербурга по гидробиологическим показателям на основе применения биоиндикационной методики Ф. Вудивисса**

	Номер береговой станции	Число индикаторных групп Вудивисса в пробе	Значения биотического индекса местообитания	Обобщённая оценка чистоты вод
Верхнее озеро	1	10	6	«относительно чистые»
	2	15	8	
	3	15	8	
Среднее озеро	4	10	6	«удовлетворительной чистоты»
	5	8	7	
	6	18	5	
	7	10	6	
Нижнее Большое озеро	8	8	4	«загрязнённые»
	9	10	6	
	10	7	5	«грязные»
	11	5	3	
	12	5	3	

Таблица 2

**Численность особей зоопланктона в 1 м<sup>3</sup> на гидробиологических станциях в открытой части Нижнего Большого Суздальского озера**

Номер станции	Глубина тах, м	Слой облова, м	Прозрачность воды, м	Численность зоопланктона общая, особи	Доминирующее семейство	Численность хищников, особи
1	4,5	0 – 3	0,8	45 000	<i>Cyclopidae</i>	700
2	4,5	0 – 3	0,8	60 000	<i>Cyclopidae</i>	1150
3	5,0	0 – 3	0,8	55 000	<i>Daphnidae</i>	1050
4	6,0	0 – 4	0,8	80 000	<i>Daphnidae</i>	1800
5	4,5	0 – 3	0,7	55 000	<i>Daphnidae</i>	1300
6	3,0	0 – 2	0,7	60 000	<i>Daphnidae</i>	1100
7	6,0	0 – 4	0,9	40 000	<i>Bosminidae</i>	850
8	12,0	0 – 6	1,0	30 000	<i>Daphnidae</i>	650
9	4,5	0 – 3	0,8	60 000	<i>Daphnidae</i>	800

Как видно из представленных данных, заметна значительная неоднородность в распределении численности планктона по акватории озера, что может отражать различия в уровне биологической продуктивности, свойственной отдельным районам водоёма, и интенсивность поступления в него биогенных веществ, прежде всего соединений азота и фосфора. Максимальная численность зоопланктона, отмеченная на станции 4, превосходит минимальную на станции 8 в 2,6 раза. Высокая

численность зоопланктона свойственна для западных и северных районов озера (ст. 4, 5, 6, 9), где в составе планктонного сообщества доминируют такие виды ветвистоусых ракообразных, как *Daphnia cuculata* и *D. cristata*. Пониженная численность зоопланктона приурочена к юго-восточной зоне максимальных глубин озера с несколько меньшими значениями температуры в толще воды (ст. 7, 8), где преобладают *Bosmina crassicornis* и *D. cuculata*. Для южных районов озера (ст. 1, 2, 3) свойственна умеренная численность зоопланктона. В пробах зоопланктона на всех станциях присутствовал хищный вид *Leptodora kindti*, наибольшая численность которого характерна для станций 4 и 5, а наименьшая наблюдалась на станции 8. Возможно, что данную картину распределения планктона можно в какой-то мере объяснить поступлением биогенных веществ в северную мелководную часть озера со стоком р. Старожиловки и наличием плотной жилой застройки западного побережья озера.

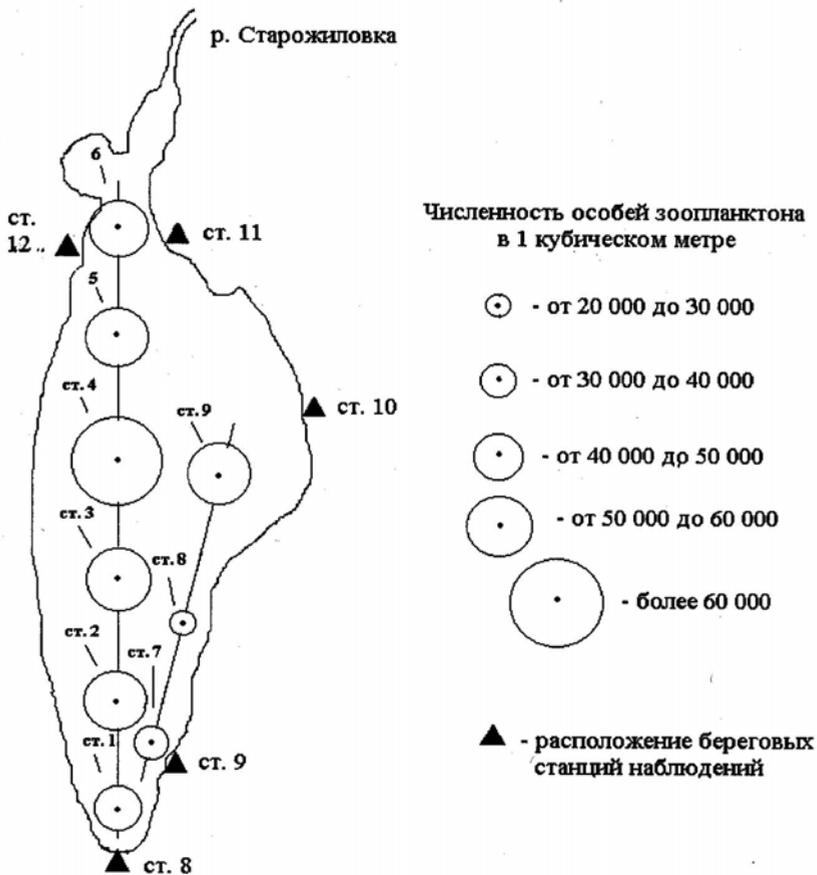


Схема расположения станций экологических наблюдений на Нижнем Большом Суздальском озере и распределение численности зоопланктона по его акватории.

Необходимо отметить, что полученные к настоящему времени результаты относительно экологического состояния Суздальских озёр в целом и отдельных районов этих водоёмов носят во многом предварительный характер. Для получения более обоснованного заключения необходимо использование комплексных методов оценки состояния водных экосистем, включающих в себя мероприятия по анализу гидробиологических, гидрохимических и гидрофизических характеристик. Кроме того, представляется важным уделить особое внимание исследованию бассейнов, впадающих в Суздальские озёра водотоков как потенциальных источников загрязняющих веществ. Полученные результаты будут способствовать установлению причин наблюдающихся различий в экологическом состоянии акваторий и помогут выработать оптимальные подходы к нормализации обстановки, обеспечивающие баланс между интересами природопользователей и благополучием природной среды.

### Литература

1. *Абакумов В.А., Качалова О.Л.* Зообентос в системе контроля качества вод // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюзной конференции. – Л.: Гидрометеоздат, 1981, с. 167 – 174.
2. *Абакумов В.А.* Гидробиологический мониторинг поверхностных вод // Гидробиологический журнал, 1991, т. 27, № 3, с. 3 – 8.
3. *Вудивисс Ф.* Биотический индекс р. Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды советско-английского семинара. Валдай, 12 – 14 июля 1976 г. – Л.: Гидрометеоздат, 1977, с. 132 – 161.
4. *Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А.* Гидробиологическая служба наблюдений и контроля поверхностных вод СССР // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды II советско-английского симпозиума. – М.: Гидрометеоздат, 1981, с. 7 – 15.
5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зообентос и его продукция. – Л.: ЗИН РАН, ГосНИОРХ, 1984. – 52 с.
6. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция. – Л.: ЗИН РАН, ГосНИОРХ, 1982. – 34 с.
7. *Николаев И.И.* Определение качества вод озёр по гидробиологическим показателям // Труды II Советско-английского семинара. – Л.: Гидрометеоздат, 1981, с. 43 – 58.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Под ред. Л.А. Кутикова и Я.И. Старобогатова. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 510 с.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных России. Т. 2. Ракообразные. Под ред. С.Я. Цалолихина. – СПб.: ЗИН РАН, 1995. – 631 с.
10. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем./ Под ред. В.А. Абакумова. – СПб.: Гидрометеоздат, 1992. – 319 с.