



АЛГОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД — КОМПОНЕНТ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Бакаева Е.Н., Аль-Гиззи М.А.Б.

**ФГБУ "Гидрохимический институт»
Институт наук о Земле ЮФУ,
Университет Ти-Кар, Ирак**

Ростов-на-Дону, 2023

**«Вся химия водоёма меняется
жизнью»**

В.И.Вернадский

Получение основной информации о состоянии водных объектов и их загрязнении на территории Российской Федерации обеспечивается системой режимного мониторинга поверхностных вод суши в рамках Государственной системы наблюдений за состоянием окружающей среды (ГСН).

Наблюдения являются комплексными, включают изучение воды по физическим, химическим, гидрологическим, **гидробиологическим**, токсикологическим (биотестовым) показателям, по ряду загрязняющих веществ.

- Основу гидробиологического мониторинга составляют биоиндикационные исследования.
- Биоиндикация направлена на изучение в целом биологического отклика живых объектов на воздействие комплекса антропогенных и антропогенно модифицированных факторов среды обитания.
- Биоиндикация на основе изучения фитопланктона — **альгоиндикация.**

! Что особенно важно, не изучая особенности самих факторов, биоиндикация позволяет получать сведения о биологических и экологических последствиях влияния факторов на биоту.

• В этом главное и принципиальное отличие биоиндикации от химических и физических методов.

• **Не заменяя количественный химический анализ**, биологические методы позволяют оценить качество воды, как среду обитания гидробионтов.

Особенности биоиндикации:

- необходимо знать характеристики ценозов в **неизменных незагрязненных экосистемах и исследовать тенденции или тренды этих изменений.**

- **методы биоиндикации, оценивающие структуру гидробиоты очень трудоемкие, кропотливые, требуют высоко квалифицированных специалистов.**

Основные задачи системы гидробиологического мониторинга

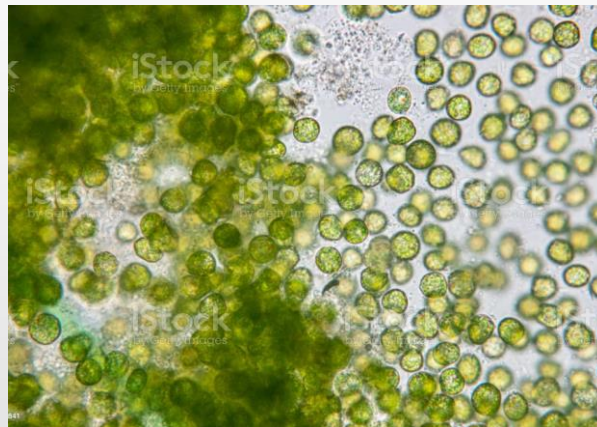
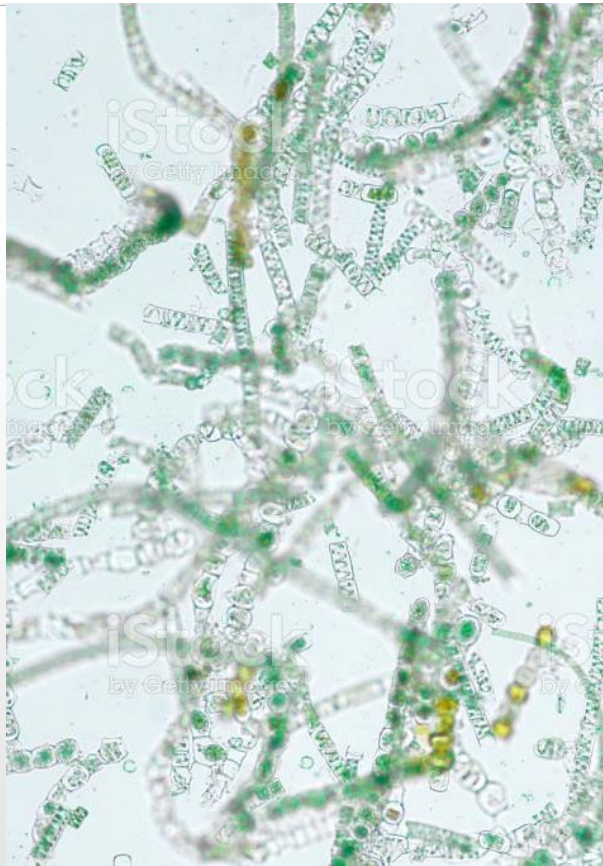
1. Гидробиологические наблюдения за экологическим состоянием водных объектов, их биологическая оценка.
2. Создание банка гидробиологических данных по экологическому состоянию водных объектов России.
3. Обеспечение заинтересованных организаций систематической и оперативной информацией.
4. Обеспечение компетентных организаций материалами для составления рекомендаций в области охраны водной среды, рационального использования природных ресурсов. А также для проектирования водохозяйственных сооружений, планирования и др. работ.

**Гидробиологические показатели,
рекомендуемые к определению на сети
мониторинга ПВС Росгидромета**

Табл. 1 Гидробиологические показатели, рекомендуемые к определению на сети мониторинга ПВС Росгидромета

Сообщества	Показатели развития
Бактериопланктон	Общая численность бактерий, численность сапробной микрофлоры
Фитопланктон	Общая численность, данные о массовых видах-индикаторах и их индексы сапробности , видовом разнообразии, основных группах, доминирующих группах и видах; пигментный состав (хлорофилл а, в, с, суммарный хлорофилл, каратиноиды)
Зоопланктон	Общая численность, данные о массовых видах-индикаторах и их индексы сапробности , видовом разнообразии, доминирующих группах и видах
Фитоперифитон	Данные о массовых видах-индикаторах сапробности , частоте встречаемости, общему числу видов
Макрозообентос	Общая численность организмов, данные об относительной численности олигохет, биотическому <u>индексу Вудивиса</u>
Макрофиты	Видовой состав высших водных растений, их обилие, фитомасса, экологические формы растений, продолжительность фенофаз, проективное покрытие

Предста
вители
фитопланк
тона



Фитопланктон представлен свободно парящими микроводорослями. Совокупность популяций водорослей определённых видов, населяющий тот или иной водный биотоп — альгоценозы, осуществляющие **фотосинтез** и являющиеся поставщиками продукции. Наряду с этим фитопланктон является одним из важнейших **участников формирования качества вод** и представляют собой обязательный (поскольку очень чувствителен) элемент биодиагностики качества воды водных экосистем.

Программа проведения наблюдений по гидробиологическим показателям на основе **фитопланктона** предусматривает определение следующих параметров:

1) общей численности клеток,
 10^3 кл./см³;
общего числа видов;
общей биомассы, мг/дм³;
численности **основных групп**,
 10^3 кл./см³;
биомассы **основных групп**, мг/дм³;

3) число массовых видов и **видов-индикаторов сапробности**
(наименование, процент от общей численности);
индекс сапробности;
класс качества воды.

2) численности сине-зеленых,
 10^3 кл./см³;
доли **сине-зеленых** в общей
численности, %;
биомассы **сине-зеленых**, мг/дм³;
доли **сине-зеленых** в общей
биомассе, %;
число видов в группе;

По результатам биоиндикации получают сведения о видовом разнообразии и структурном составе гидробионтов, что выражается в качественных и количественных характеристиках биоценозов.

Как видим, приёмы биоиндикации предполагают **выявление видов-индикаторов сапробности** в водных объектах во время натурных исследований. По этим характеристикам рассчитывают индекс сапробности, определяют уровни трофности, загрязнённости согласно принятым в системе Росгидромета классификациям.

Оценка среды обитания на основе биоиндикации выражается словесно. В гидробиологическом мониторинге это формулируется в **степенях загрязнения и соответствующих им классах качества воды**

Табл. 2 Классификация качества воды водоемов и водотоков по гидробиологическим показателям (РД 52.24.309-2011)

Класс качества воды	Степень загрязненности воды	Показатели					
		Бактериопланктон			Фитопл., зоопл., перифитон	Макрозообентос	
		Общая численность, 10^3 кл/см ³	Численность сапрофитных бактерий, 10^3 кл/см ³	Отношение общ числ бактерий к численности сапрофитных бактерий%	Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификац Сладечека), балл	Отношение общей числ. олигохет к общей числ. донных организм., %	Биотический индекс по Вудивису, балл
I	Условно чистая	До 1,0 включ.	До 5,0 включ.	До 10^3	До 1,5	До 30	7-10
II	Слабо загрязн.	От 1,1 до 3,0 включ.	От 5,1 до 10,0 включ.	От 10^3 до 10^2 включ.	Св. 1,5 до 2,5 включ.	От 31 до 50 включ.	5-6
III	Загрязненная	От 3,1 до 5,0 включ.	От 11,0 до 50,0 включ.	До 10^2	Св. 2,5 до 3,5 включ.	От 51 до 70 включ.	3-4
IV	Грязная	От 5,1 до 10,0 включ.	От 51,1 до 100 включ.	Менее 10^2	Св. 3,5 до 4,0 включ.	От 71 до 90 включ.	2
V	Экстрем. грязная	Св. 10,0	Св. 100	Менее 10^2	Св. 4,0	От 90 до 100 включ. или макрозообентос отсутствует	0-1

Табл. 3 Классификация качества воды водоёмов и водотоков по гидробиологическим показателям (Р 52.24.756-2013)

Класс качества	Уровень загрязненности воды	Фитопланктон, зоопланктон, перифитон	Макрозообентос	
			Индекс сапробности	Индекс Гуднайта-Уитлея,% Индекс Вудивиса
I	Условно чистая	До 1,5 включ.	Менее 30 или олигохеты отсутствуют	10 - 7
II	Слабо загрязн.	Св. 1,5 до 2,5 включ.	От 30 до 50 включ.	6-5
III	Загрязнённая	Св. 2,5 до 3,5 включ.	Св. 50 до 70 включ	4-3
IV	Грязная	Св. 3,5 до 4,0 включ.	Св. 70 до 90 включ.	2
V	Экстремально грязная	Св. 4,0	Св. 90 до 100 включ. Или макрозообентос отсутствует	1-0

! Весь имеющийся банк данных фитопланктона востребован только при градации вод по методу экологических модификаций, включающих такие состояния экосистемы, как фоновое, антропогенное экологическое напряжение, антропогенный экологический регресс, антропогенный метаболический регресс [3, 4]. Следует подчеркнуть, что эта система основана на статистической обработке данных и применима исключительно для многолетних массивов наблюдений. Выполняет основную цель г/б **МОНИТОРИНГА:** получение статистически достоверных данных, позволяющих оценивать состояние водных сообществ и последствия антропогенных воздействий на экосистемы на различных участках водных объектов.

В оперативных наблюдениях или отдельных пробах использовать модификаций этот подход не представляется ВОЗМОЖНЫМ.

! Однако, существует ряд индексов. И по данным альгоценозов можно рассчитывать индексы: биоразнообразия Шеннона-Уивера (H), выравненности по Пиелу (E), доминирования по Симпсону (C), индекса богатства Маргалефа, коэффициенту таксономического сходства Сёренсена (K_s).

Однако индексы основаны, как правило, на данных всего двух показателей: количестве видов и общей численности.

Кроме того наблюдения свидетельствуют, что «здоровой» экосистеме могут соответствовать различные уровни видового разнообразия. В то же время одно и то же значение индекса может быть обнаружено у неодинаковых (порой прямо противоположных) состояний экосистемы.

! В гидробиологическом мониторинге качества воды в стране незаслуженно мало уделяют внимания применению индексов, в первую очередь, - мультиметрических индексов биотической целостности.

Наиболее полноценную и адекватную оценку качества воды позволяют получать индексы биотической целостности **ІВІ**.

Мультиметрические индексы – аддитивные индексы, в которых несколько аспектов структуры ценозов (трофическая структура, состав таксонов, численность, видовое богатство) стандартизируют по общей шкале, а затем суммируют, чтобы представить более экологически всеобъемлющую меру экологического статуса, чем любой отдельный показатель.

Индексы **ІВІ** разработаны относительно недавно (в конце 20 века), но имеют хорошую перспективу. Применение нашли в зарубежных странах.

Цель работы

Адаптировать методику индекса биотической целостности (**IBI**) для фитопланктона (**P- IBI**) р.Дон и оценить качество воды исследуемого участка нижнего течения реки Дон.



Рис. 1 - Схема расположения створов отбора проб воды и фитопланктона в районе исследования р.Дон

Табл. 4 - Нумерация створов и наименование точек отбора проб

Участок	Створ	Горизонт, м	Наименование створа
1 у г. Ростов-на-Дону	1	0,3	Р. Дон, г. Ростов-на-Дону, выше протоки Аксай
	2	0,3	Р. Дон, г. Ростов-на-Дону, выше нового водозабора
	3	0,3	Р. Дон, г. Ростов-на-Дону, ниже впадения р. Темерник
	4	8,0	
	5	0,3	Р. Дон, г. Ростов-на-Дону, 100 м ниже 2-го водосброса, 0,1
	6	0,3	Р. Дон, г. Ростов-на-Дону, 500 м ниже 2-го водосброса, 0,5
	7	4,5	
	8	0,3	Р. Дон, г. Ростов-на-Дону, 900 м ниже 2-го водосброса, 0,9
2 у г. Азов	11	0,3	Рукав Старый Дон, г. Азов, водозабор
	12	0,3	Рукав Старый Дон, г. Азов, 100 м ниже водосброса, 01
	13	0,3	Рукав Старый Дон, г. Азов, на 500 м ниже водосброса, 0,5
	14	6,2	Рукав Старый Дон, г. Азов, на 500 м ниже водосброса,05
	15	0,3	Рукав Старый Дон, г. Азов, на 900 м ниже водосброса,0,9
3 ниже х.Колузаево- выше х. Дугино	9	0,3	Р. Дон, ниже хутора Колузаево
	10	6,3	
	16	0,3	Рукав Большая Каланча, 0,5 км выше хутора Дугино
	17	6,4	

Порядок расчёта индекса биологической целостности фитопланктона, (Вакаева, Al-Gizzi, 2020, Аль-Гиззи, 2022)



Шаги расчета P-IBI

1. Рассчёт показателей фитопланктона: общая численность, общая биомасса, индекс богатства, относительная численность (RA): Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae

2. Определение критериев оценки показателей: Расчёт пороговых значений 3, 5 и 10 (Astin, 2007) показателей для р.Дон проводили на основе ретроспективных данных Ежегодников 1985-1987 годов и профессионального анализа согласно ЕРА(2006).

3. Значения P-IBI рассчитывает по формуле : [Kane, 2004].

$$P-IBI = \sum_{j=1}^s \frac{1}{M} (EA + CB + RJ + LM + RA + ZB) * 10$$

Итоговые баллы индекса были сгруппированы по пятом рейтинговым категориям : «отлично, хорошо, удовлетворительно, плохо, очень плохо» [Macleod etc al.,2011; McCormick etc al., 2001].

Сравнение значения показатели в шаге 1 с порогвами значениями показателям в шаге 2

Рис.2

Табл.1 1:Критерии оценки для реки Дон

	3	критерии оценки	10
Метрика			
Численность	>16098	369,9 - 16098	<369,9
Биомасса	>24,4983	0,4214 - 24,4983	<0,4214
Относительное изобилие Cyanophyta	>28,8%	0,49- 28,8%	<0,49%
Относительное изобилие Bacillariophyta	<47,7%	47,7 - 95,3 %	>95,3%
Относительное изобилие Chlorophyta	<2,8%	2,8 - 26,91%	>26,91%
Относительное изобилие Euglenophyta	>7,7 %	0,3 - 7,7%	<0,3%
Индекс видового богатства Маргалефа	<1,12	1,12 - 4,77	>4,77

Табл. 2: Пороговые значения баллов P-IBI

Качество воды	Значения P-IBI
Отлично(Excellent)	<82
Хорошо(Good)	72 -82
Удовлетворительно (Fair)	56 - 72
Плохо(Poor)	56 -30
Очень плохо (Very poor)	>30

$$P - IBI = \sum_{j=1}^s \frac{1}{M} (EA + ME + CB + RJ + LM + RA + ZB) * 10,$$

де M – количество показателей, EA – общая численность фитопланктона, ME – общая биомасса фитопланктона, CB – относительная численность Cyanophyta, RJ – относительная численность Bacillariophyta, LM – относительная численность Chlorophyta, RA – относительная численность Euglenophyta, ZB – индекс видового богатства Маргалефа.

Табл. 5 - Диапазон качества воды нижнего течения р.Дон по показателями альгоиндикации и альготестирования, 2019 г. (Al-Gizzi, Вакаева, 2022)

Участок	Ств-ор	Индекс сапробности			Р-ИВІ	
		Загрязнённость	S	Класс	Качество воды	Диапазон
1 У г. Ростов-на-Дону	1	Слабозагрязн.-загрязн.	2,3-2,81	II- III	Плохо-удовлетв.	38,57-56
	2	Слабозагрязн.- Грязная	1,85-3,61	II- IV	Плохо-удовлетв.	38,57-61,42
	3	Слабозагрязн.- Грязная	2-3,61	II- IV	Плохо-удовлетв.	41,42-58,57
	4	Слабозагрязн.- Грязная	2,02-3,61	II- IV	Плохо-удовлетв.	38,57-64,28
	5	Слабозагрязн.- загрязн.	2,25-3	II- III	Плохо-удовлетв.	38,57-62,85
	6	Слабозагрязн.- Грязная	2,21-3,61	II- IV	Плохо-удовлетв.	38,57-62,85
	7	Слабо загрязн.- загрязн.	2,11-2,78	II –III	Плохо-удовлетв.	38,57-58,57
	8	Условно чистая - Грязная	1,41-3,61	I- IV	Плохо-удовлетв.	38,57-62,85
2 У г. Азов	11	Слабо загрязн.- загрязн.	1,92-2,96	II- III	Плохо-удовлетв.	38,57-61,42
	12	Слабо загрязн.- Грязная	2,21-3,61	II – IV	Плохо-удовлетв.	38,57-56
	13	Слабо загрязн.- загрязн.	2,21-3,11	II- III	Плохо-удовлетв.	38,57-62,85
	14	Слабо загрязн.- загрязн.	1.51 -2,08	I- III	Плохо-удовлетв.	31,42-58,57
	15	Загрязн.- загряз.	2,08-3,01	III- III	Плохо- Плохо	41,42-54,28
3 х. Колузаево – х. Дугино	9	Слабо загрязн.- Грязная	1,91-3,61	II- IV	Плохо-удовлетв.	38,57-65,71
	10	Слабо загрязн.- Грязная	1,80-3,60	II- IV	Плохо- Плохо	35,71-48,57
	16	Слабо загрязн.- Грязная	2,11-3,60	II- IV	Плохо-удовлетв.	41,42-56
	17	Слабо загрязн.- – загрязн.	1,51 -3,22	I- III	Плохо-удовлетв.	38,57-68,57

ВЫВОДЫ

1. Неблагополучное качество воды по индексу биотической целостности $P-IBI$ характерно для всех трёх участков нижнего течения р.Дон в летний сезон, четко выраженное в обоих горизонтах створа после впадения р.Темерник (3,4), ниже водосбросов у городов Ростов-на-Дону (8), Азов(14) и на участке ниже х. Колузаево и выше х. Дугино) (13).
2. Органическое загрязнение воды нижнего течения р. Дон по данным сапробности фитопланктона наиболее высоко в осенний сезон у г.Ростов-на-Дону в створах у нового водозабора (2), обоих горизонтах створа после впадения р.Темерник (3,4) и створов после Ростовского водосброса (5, 8).
3. Наиболее неблагоприятно качество донской воды створов ниже водосбросов городов Ростов-на-Дону, Азов и участка ниже х. Колузаево и выше х.Дугино и обоих горизонтов створа после впадения р.Темерник.

- Сравнение с данными о качестве воды исследуемого участка реки Дон, полученными нами другими биологическими методами (общепринятый индекс сапробности, альготестирование по набору биотестов), выявило преимущественное использование данных, полученных именно по индексу биотической целостности фитопланктона P-IBI (**Vakaeva, Al-Gizzi, 2020; Al-Gizzi, Vakaeva, 2022**)
- Расширение возможностей гидробиологического компонента мониторинга качества вод посредством включения показателей альгоиндикации за счет мультиметрического биотического индекса фитопланктона P-IBI повысит объективность биологической информации.

Использованные литературные источники

1. РД 52.24.309-2016 Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2016.- 100 с.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем /Под ред. В.А.Абакумова. СПб: Гидрометеиздат, 1992. - 318 с.
3. РД 52.24.633–2002 Методические основы и функционирование подсистемы мониторинга экологического регресса пресноводных экосистем. СПб: Гидрометеиздат, 2002. - 18 с.
4. РД 52.24.565–96 Метод оценки загрязненности пресноводных экосистем по показателям развития зоопланктонных сообществ. СПб: Гидрометеиздат, 1992
5. Karr, J.R. Biological Monitoring and environmental assessment: A conceptual framework. Environ. Manage. 1987.vol. 11. p. 249-256.
6. Astin LE. Developing Biological Indicators from Diverse Data: the Potomac Basin-Wild index of Benthic Integrity (B-IBI). Ecological Indicators. 2007. Vol.7. No.4. p. 895–908.
7. Bakaeva E.N., Al-Gizzi M.A.B. Using of index Biological Integrity of Phytoplankton (P-IBI) in the assessment of water quality in Don River section. - Baghdad Science Journal. 2020. 87-96 p. <http://dx.doi.org/10.21123/bsj.2020.18.1.0000>.
8. AL-Ghizzi M. A. B., Bakaeva E.N. Assessment of the Don water quality after the confluence of the Temernik river according to the saprobity index and bioassay. Aquatic Bioresources and Environment Journal. 2022. Vol.5 , no.2 , pp.7-15.
9. Аль-Гиззи М.А.Б. Оценка качества воды нижнего течения реки Дон по данным альгоиндикации и альготестирования: автореф. ... дис. канд. биол. наук: 1.5.15; –Ростов-на-Дону, 2022. - 23 с.



АЛГОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД — КОМПОНЕНТ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Бакаева Е.Н., Аль-Гиззи М.А.Б.

**ФГБУ "Гидрохимический институт»
Институт наук о Земле ЮФУ,
Университет Ти-Кар, Ирак**

Ростов-на-Дону, 2023