

© Э. И. Мирненко, Н. С. Захаренкова

ТЕНДЕНЦИИ В ИЗУЧЕНИИ ВОДОРΟΣЛЕЙ – ИНДИКАТОРОВ МОРСКОЙ СРЕДЫ

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

283050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

e-mail: eduard_mirnenko@list.ru, natalya_zaharenkova@mail.ru

Мирненко Э. И., Захаренкова Н. С. Тенденции в выборе водорослей – индикаторов морской среды. –

Статья содержит данные о важнейших параметрах биоиндикации водной среды. Проанализированы различные источники литературы. Установлены наиболее часто используемые виды-индикаторы морской среды. На основе проведенного исследования установлены виды водорослей фитопланктона, дающие оценку состояния окружающей среды.

Ключевые слова: биоиндикатор, отдел, организмы, водоросли.

Введение

Водоросли являются низшими автотрофными организмами, составляющими основу трофической пирамиды и, следовательно, первыми участвуют в утилизации трофического базиса экосистемы, потребляя для построения органического вещества биогенные соединения азота и фосфора. Интенсивность биогенной нагрузки отражается не только в обилии развивающихся на этой базе водорослей, но также и на их видовом составе. Именно эти характеристики – изменение численности и видового состава при изменении трофической базы водорослей – используют в биоиндикационных методах [20].

Важнейшими параметрами биоиндикации водной среды являются: определение видового состава водорослей планктона, использование водорослей, как объектов биотестирования состояния среды, сравнительный морфологический анализ состояния клеток, динамика различных параметров сообществ и отдельных организмов. Все выше перечисленные параметры позволяют судить о качестве окружающей среды. Закономерности функционирования водных экосистем в условиях антропогенного пресса можно установить с помощью данных о флористическом и ценотическом разнообразии сообществ.

Самым существенным звеном в методах биоиндикации является видовой состав сообществ водорослей. Система биоиндикации развивалась таким образом, что сначала было замечено появление или исчезновение определенных видов в конкретных условиях среды. То есть в качестве индикатора условий использовалась система «вид-индикатор: есть – нет». Система развивалась по направлению расширения списка видов-индикаторов, которые позднее стали группироваться по наиболее ярко выраженным характеристикам условий. Количественные характеристики обилия видов включились в систему позднее сначала в балльной, а затем в доленой форме. Методы биоиндикации разрабатываются с начала XX века, однако существенный скачок произошел с разработкой метода Сладечека [17], а затем – Ватанабе [24].

Биоиндикационные методы на основе видового состава сообществ и обилия водорослей дают интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекавших в водном объекте [7]. Кроме того, биоиндикация по сообществам водорослей является биологическим экспресс-методом, в то время как химические анализы дорогостоящи, при этом основным преимуществом автотрофов является то, что водоросли первыми в трофической цепи реагируют на загрязнители, не успевая их накапливать. Реакцией на изменение условий среды является изменение состава и обилия водных организмов, причем смена сообщества водорослей может произойти за несколько часов при смене условий среды. Методы биоиндикации по высшему трофическому звену наземных экосистем бассейна водосбора еще не достаточно разработаны. Биоиндикационные оценки по низшим трофическим уровням используются довольно широко [3, 11, 20].

Таким образом, изучение тенденций в выборе организмов биоиндикаторов особенно морской среды является актуальным. Биоиндикационные методы, являются более дешевыми, и не менее информативными, чем проведение дорогостоящего химического анализа.

Обзор литературы

Один из основных показателей загрязнения биологическими веществами является индекс сапробности [7], характеризующий зоны, различающиеся по количеству неразложившегося белка, по наличию или отсутствию кислорода, по наличию или отсутствию сероводорода.

На основании этого их делят на полисапробные, бета-мезосапробные, альфа-мезосапробные, олигосапробные, для каждой зоны оценено качество загрязнения:

- олигосапробная зона (качество воды 1 – 1-й класс вод, т.е. очень чистая вода);
- бета-мезосапробная, зона – умеренно загрязненная вода;
- альфа-мезосапробная зона – загрязненная вода;
- полисапробная зона (5-6-й классы) – грязные воды.

После полисапробной зоны есть еще ряд зон – очень грязные, но в основном используют 4 зоны [23].

Описанная выше система была разработана Р. Пантле и Г. Буком и унифицирована позднее В. Сладечеком. Но следует учитывать, что планктонные водоросли дают как бы сиюминутную характеристику, а перифитон, как прикрепленные к субстрату и находящиеся на одном и том же месте, характеризуют состояние водоема, дают как бы сглаженную характеристику [13].

Признаками интенсивного загрязнения являются: высокий уровень донного осадка, высокая мутность воды особенно в теплый период, пленка на поверхности водного зеркала, неприятный запах, активное газообразование, периодические заморы, неконтролируемое размножение фитопланктона (синезеленые водоросли, тина, ряска) [13]. Выход на доминантное положение синезеленых водорослей («цветение» водоема) чередуется с заморами гидробионтов и ихтиофауны, т.к. разложение биомассы отмирающих синезеленых водорослей, забирает из воды жизненно необходимый кислород, вырабатывая при этом питательные вещества для нового массового «цветения». Загрязнение водоема в первую очередь отрицательно воздействует на ключевой элемент биологического равновесия и самоочищения водоема – состав полезной микрофлоры водоема (биоценоз). Водоемы с нарушенным микробиологическим самоочищением быстрее перенасыщаются неокисленной органикой и биогенными элементами, что необратимо приводит к эвтрофированию. Для спасения и восстановления водоема необходима интенсивная очистка воды и донных отложений от гниющей органики и биогенных элементов, восстановление кислородного режима и механизмов биологического самоочищения водоема [13].

Наиболее подходящими оказались бурые водоросли-макрофиты и моллюски. Водоросли отражают концентрацию металлов в окружающей среде с высокой степенью интегрирования, которая, очевидно, связана с исключительно большим периодом полувыведения (до нескольких месяцев) биологически связанных металлов. Полагают, что поглощение металлов водорослями имеет ионно-обменный характер [16].

Водоросли также являются информативным показателем радиоэкологического состояния вод, т.к. обладают высокой концентрирующей способностью и принимают активное участие в миграции и накоплении радионуклидов [8].

Исходя из выше сказанного, можно утверждать, что биологические индикаторы – это организмы-аккумуляторы, с помощью которых (по содержанию токсиканта в тканях) возможно определение относительных концентраций загрязнителей в среде. Так как для сравнения морских акваторий используют одни и те же виды-индикаторы, поэтому появляется единая мера в их биологической оценке.

Все вещества по отношению к живым организмам можно условно разделить на:

- жизненно необходимые;

- токсичные;
- физиологически неактивные.

Очевидно, только в двух первых случаях можно ожидать сравнительно быструю реакцию организма. Физиологически неактивные вещества могут дать лишь отдаленный результат.

Ответные реакции живых организмов на изменение химического состава почвы, воды и воздуха могут быть самыми разнообразными: изменение характера поведения (поведенческие реакции); стимуляция или подавление роста, накопление биомассы; изменение пигментации, состава крови, биоэлектрической активности органов и тканей; нарушение функций систем различных органов (размножения, пищеварения); патолого-анатомические изменения организма; накопление загрязняющих веществ в биомассе и даже гибель [21].

Экологический подход в этом вопросе указывает на необходимость признания и учета следующих основополагающих принципов, полезных и важных для разработки нормативов допустимого загрязнения среды и оценки ее качества:

- качество (оптимальность) условий среды должно устанавливаться для всей биоты по самым чувствительным (видам) и процессам;
- в качестве диагностических признаков для оценки качества среды и состояния экосистем должны использоваться наиболее чувствительные и поэтому информативные процессы и функции на клеточном, тканевом и организменном уровне;
- регистрация изменений и нарушений у организмов и популяций должна осуществляться с помощью объективных и точных методик с использованием современных прецензионных приборов;
- качество (чистоту) среды следует оценивать по долговременному действию загрязнителей (среднегодовых концентраций ингредиентов) и таким же по времени нарушениям и изменениям у живых организмов [22].

Таким образом, биоиндикационные методы могут быть основаны на определении разнообразия видов, экологической валентности видов, сапробности видов и другие. Оценка качества воды по разнообразию видов гидробионтов позволяет установить степень загрязнения водоема, зоны загрязнения, экологические последствия, а также прогнозировать приближение загрязнённых зон по расположению зон сапробности в водоеме. Изучение механизмов функционирования морских прибрежных экосистем основано на понимании поглощения элементов минерального питания различными представителями планктонных сообществ, влияние солености на рост и развитие водорослей, биомониторинг загрязнения водной среды тяжелыми металлами прибрежных акваторий, видовой состав и количественные характеристики водорослей и т.д. Помимо биотических факторов, важнейшим абиотическим фактором среды обитания гидробионтов, в т.ч. одноклеточных водорослей, является общая соленость морской воды.

Для понимания использования биоиндикационных методов, нами были изучены научные статьи, показывающие динамику развития и распространения альгофлоры, а также биоиндикационное состояние вод.

Изучены сезонные изменения прибрежного фитопланктона с 2001 г. по 2008 г. [18] в Одесском заливе в районе биостанции университета. Установлен видовой состав, количественная структура и распределение фитопланктона на трех станциях, расположенных в этом районе и отличающихся различной гидродинамикой вод. Всего обнаружено 236 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей. Максимальная численность фитопланктона отмечена в мае 2008 г. Доминировали мелкоразмерные диатомовая водоросль *Thalassiosira pseudonana* Hasle et Heimdal (32%) и синезеленая *Merismopedia punctata* Meyen (45%). Определено влияние гидротехнических сооружений, расположенных в береговой зоне Одесского залива, на развитие фитопланктона. Гидротехнические сооружения закрытого типа, расположенные в прибрежной зоне моря, оказывают существенное влияние на распределение фитопланктона: во все сезоны года видовое богатство, количественные

показатели доминирующих и субдоминирующих видов были значительно выше в открытой части моря, чем в замкнутой акватории.

Исследована сезонная динамика видового состава, обилия видов, численности, биомассы, структуры сообществ по индексам Шеннона, Пиелу и Бергера-Паркера *Bacillariophyta* перифитона экспериментальных стеклянных пластин при ежемесячной экспозиции в акватории крымского побережья Черного моря с декабря 2010 г. по январь 2012 г. при температуре воды от 7,5 до 22,5°C [2]. Обнаружено 55 видов и внутривидовых таксонов *Bacillariophyta*, принадлежащих 3 классам, 14 порядкам, 24 семействам, 49 родам.

Изучена экология диатомового перифитона на территории Морского заповедника. В качестве наиболее удобных модельных объектов рассматривали буи плавучего навигационного ограждения. Они представляют собой экспонируемый в море на определенной глубине в фиксированный временной интервал субстрат, подверженный формированию макрообрастания как растительного, так и животного происхождения, который, в свою очередь, служит субстратом для оседания и развития диатомового перифитона. Был изучен видовой состав и экология диатомовых водорослей перифитона на буях плавучего навигационного ограждения в акваториях зал. Посыета Японского моря, прилегающих к Морскому заповеднику и в различной степени подверженных антропогенной нагрузке [4]. В результате в перифитоне отмечено высокое видовое богатство и преобладание видов β -мезосапробионтов, указывающих на умеренный уровень органического загрязнения вод.

Сообщества диатомовых водорослей, как первичные продуценты органического вещества и начальные звенья биопродукционных процессов, играют важную роль в функционировании прибрежных морских экосистем, достаточно быстро реагируют на изменения среды их обитания и служат индикаторами ее состояния. Эпифитные диатомовые водоросли, которые вместе с бактериями одними из первых заселяют поверхность макрофитов, являются удобной моделью для оценки экологического состояния в любых водных экосистемах, подверженных антропогенному прессу. Исследования микроэпифитона водорослей-макрофитов и цветковых растений ранее проводились лишь в отдельных акваториях российского побережья Японского моря.

Изучено [5] видовое разнообразие диатомовых водорослей эпифитона в заливе Петра Великого Японского моря. Установлено 112 видов и внутривидовых таксонов из классов *Bacillariophyceae* (79 видов), *Fragilariophyceae* (15) и *Coccinodiscophyceae* (18). Впервые для российских вод Японского моря приводятся 6 видов. Для акваторий с «сильным» уровнем загрязнения характерно минимальное число видов эпифитных диатомовых водорослей (50 видов), увеличение доли α -мезосапробионтов (38% общего числа видов) и солоноватоводно-морских микроводорослей (43%) при средней солености воды 21,5‰. Для «фоновых» акваторий характерно максимальное видовое разнообразие эпифитов (77), отсутствие α -мезосапробионтов и преобладание морских диатомей (76%) при солености воды 33,03‰. Талломы макрофитов осевого типа во всех исследуемых районах обрастали эпифитными диатомовыми водорослями в 1,5–3 раза обильнее, чем пластинчатые. Полученные данные свидетельствуют о том, что в настоящее время наиболее неблагоприятная экологическая ситуация складывается в ряде прибрежных акваторий залива Петра Великого, подверженных влиянию хронического антропогенного загрязнения: портовые воды г. Владивостока, Находки, Славянки, а также некоторые водоемы эстуарного типа.

Таким образом, в настоящее время тенденции в выборе организмов как биоиндикаторов состояния морской среды, является очень актуальным. По изученным источникам литературы, можно утверждать, что на основании списка видов выделяются экологические характеристики и дается интегральная оценка состояния водной среды. Наиболее часто для биоиндикации используют отдел *Bacillariophyta*, поскольку диатомовые водоросли являются источником питания для организмов-фильтратов и личинок беспозвоночных, обеспечивая большинство гидробионтов кислородом. Диатомеи также

продуцируют органические соединения – метаболиты, которые могут вызвать гибель моллюсков и их личинок, а также угнетать развитие зоопланктона.

Материалы и методы исследования

Пробы отбирали в летний период в пос. Урзуф и Юрьевка и г. Бердянске в местах скопления радиоактивных песков.

Пробы в пос. Юрьевка были отобраны планктонной сетью в трех точках:

1) пляж летнего лагеря Приазовского государственного технического университета;
2) коска Юрьевская, в районе пансионата машиностроителей Мариупольского завода «Азовмаш»;

3) пляж «Солнечный берег», между пос. Новая и Старая Ялта.

Было отобрано 12 проб, по 4 в каждой точке. Пробы в пос. Урзуф были отобраны в трех различных точках:

1) пляж пансионата «Акация» (северо-восточная и юго-западная части);
2) центральный пляж.

Данные пробы были проанализированы, дополнен список видов, экологический анализ, проведено измерение концентрации пигментов в фотосинтетическом аппарате водорослей и флуориметрические измерения.

В г. Бердянске были отобраны 2 пробы с центрального пляжа (р-н Лиски). Затем они были проанализированы, дополнен список видов водорослей. Одновременно с отбором проб были отобраны образцы ильменитовых песков для определения их состава и последующего проведения эксперимента в лабораторных условиях.

Для изучения видового состава фитопланктона были использованы сгущенные пробы, которые были получены планктонной сетью. При отборе проб использовали 10 л морской воды, которые попускали через планктонную сеть. Фиксацию проводили 4%-м раствором формальдегида [8, 13].

Изучение качественного состава фитопланктона проводили в препаратах раздавленной капли с помощью светового микроскопа МБИ-3 с соблюдением правил микроскопирования. На предметное стекло наносили каплю исследуемой жидкости и накрывали покровным стеклом [8, 13].

Результаты и обсуждение

Для биоиндикационного метода определения загрязнения водной среды, нами был выбран классический метод определения сапробности по Пантле и Букку.

Исследования были проведены для Таганрогского залива Азовского моря, в ходе которых был составлен систематический список альгофлоры.

Анализ альгологического состава планктона показал, что в литорали Таганрогского залива Азовского моря доминируют водоросли четырех систематических отделов: Cyanoprocarota, Bacillariophyta, Chlorophyta, Dinophyta. Систематическая структура фитопланктона литорали Таганрогского залива Азовского моря на уровне отделов приведена в табл. 1.

Таблица 1

Систематическая структура фитопланктона литорали Таганрогского залива Азовского моря на уровне отделов

Отделы	Количество				
	классов	порядков	семейств	родов	видов
Cyanoprocarota	2	3	8	19	59
Bacillariophyta	3	21	31	43	80
Chlorophyta	3	5	12	30	46
Dinophyta	1	6	12	23	102
Всего	9	35	63	115	287

В Таганрогском заливе Азовского моря были выделены 9 классов, 35 порядков, 63 семейства, 115 родов и 287 видов. Из них максимальное количество видов наблюдали в отделе Dinophyta – 102 вида. По количеству родов (43), семейств (32), порядков (21) и классов (3) доминантом был отдел Bacillariophyta.

Согласно альгологическому списку, нами были выделены виды являющимися индикаторами сапробности вод. Каждая зона сапробности характеризовалась отдельными видами водорослей, которые считаются ее индикаторами. Оценку зон сапробности проводили с использованием лабораторных методов контроля качества вод. Идентифицированные виды наглядно подтвердили сделанный вывод.

В некоторых условиях неоднородного загрязнения применять методы определения сапробности достаточно затруднено, поскольку наблюдается с изменение индикаторной значимости видов в присутствии токсических веществ. Далее (табл. 2) представлены виды индикаторы сапробности вод в литорали Таганрогского залива Азовского моря.

Таблица 2

Сапробные виды литорали Таганрогского залива Азовского моря

Сапробные виды водорослей	S	Индекс сапробности	Sh	h
<i>Aphanothece clathrata</i> W. West et G. S. West	β	2,3	4,6	2
<i>A. nidulans</i> P. G. Richt. in Wittr. et Nordst.	о-β	1,5	4,5	3
<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle et Lauterborn.	х-β	0,9	1,8	2
<i>Synechococcus elongatus</i> (Nägeli) Nägeli	х	0,1	0,3	3
<i>S. nidulans</i> (Pringsh.) Komárek in Bourr.	β-á	2,5	5	2
<i>Aphanocapsa salina</i> Woron.	о	1,3	2,6	2
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Kütz.	о-á	1,8	3,6	2
<i>M. punctata</i> Meyen in Wiegmann	о-á	1,9	7,6	4
<i>M. tenuissima</i> Lemmerm.	β-á	2,4	4,8	2
<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.	о	1,2	3,6	3
<i>Coelosphaerium dubium</i> Grunov	β	2,0	4	2
<i>C. kuetzingianum</i> Nägeli	β-о	1,6	3,2	2
<i>Eucapsis minor</i> (Skuja) Elenkin	х	0,3	0,3	1
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kütz.) Kütz	о-á	1,8	5,4	3
<i>M. firma</i> (Breb. et Lemorm.) Schmidle Engl.	о	1,2	3,6	3
<i>M. flos-aque</i> (Wittr.) Kirchn. in Engl.-Prantl	о-á	1,8	7,2	4
<i>M. pulveria</i> (Wood) Forti emend Elenkin	β	2,2	2,2	1
<i>M. viridis</i> (A. Braun in Rabenh.) Lemmerm	о-á	1,8	7,2	4
<i>Lyngbya contorta</i> Lemmerm.	о-β	1,4	4,2	3
<i>Oscillatoria amphibia</i> J. Agardh ex Gomont	о-á	1,8	7,2	4
<i>O. limosa</i> J. Agardh ex Gomont	β	2,3	6,9	3
<i>O. minima</i> Gikelh.	р	3,9	3,9	1
<i>O. planktonica</i> Wolosz. in Geitler	о-β	1,5	6	4
<i>O. putrida</i> Schmidle	р	3,8	3,8	1
<i>O. subtilissima</i> Kütz.	á	3,2	3,2	1
<i>O. tenuis</i> J. Agardh ex Gomont	β-á	2,4	9,6	4
<i>Spirulina jenneri</i> (Hassal) Kütz.	р	4,0	12	3

Сапробные виды водорослей	S	Индекс сапробности	Sh	h
<i>S. major</i> Kütz. ex Gomont	á	3,0	12	4
<i>S. tenuissima</i> Kütz	o-β	1,4	4,2	3
<i>Plectonema notatum</i> Schmidle	x-β	0,8	2,4	3
<i>Anabaena attenuate</i> Kisselev	β	2,0	6	3
<i>A. affinis</i> Lemmerm.	β	2,0	8	4
<i>A. flos-aque</i> Breb. in Breb. et Godey	β	2,0	6	3
<i>A. spiroides</i> Kleb.	o-β	1,5	4,5	3
<i>Aphanizomenon elenkinii</i> Kisselev	β-o	1,6	4,8	3
<i>A. flos-aque</i> (L.) Ralfs.	β	2,2	6,6	3
<i>Actinocyclus normanii</i> (W.Greg. in Grev.) Hust.	o	1,2	2,4	2
<i>Urosolenia alta</i> (Brightw.)	o	1,0	2	2
<i>Thalassiosira excentrica</i> (Ehrenb.) A. Cleve	β	2,0	4	2
<i>Skeletonema costatum</i> (Grev.) Cleve	β-á	2,4	4,8	2
<i>Diatoma anceps</i> Ehrenb.	β	2,1	4,2	2
<i>D. elongatum</i> (Lyngb.) C. Agardh	o-β	1,5	3	2
<i>D. vulgare</i> Bory	β-á	2,4	9,6	4
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	á-β	2,7	2,7	1
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) C. Agardh	o-β	1,5	3	2
<i>Staurosira construens</i> Ehrenb.	o	1,3	2,6	2
<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehrenb	o-á	1,9	5,7	3
<i>Opephora marina</i> (W. Greg.) P. Petit	o-á	1,8	3,6	2
<i>Eunotia sudetica</i> O. Müll	o-β	1,4	2,8	2
<i>Achnanthes affinis</i> Grunow	o-β	1,5	3	2
<i>Planothidium lanceolata</i> (Breb. in Kütz)	x-o	0,5	1	2
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenb.	o-β	1,4	2,8	2
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve	o	1,2	1,2	1
<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenb.	x-β	0,9	0,9	1
<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.	á-β	2,7	2,7	1
<i>A. veneta</i> Kütz.	o	1,0	1	1
<i>Bacillaria paradoxa</i> J.F. Gmel. in Linne.	o	1,0	3	3
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm.	o-β	1,5	3	2
<i>N. dissipata</i> (Kütz.) Grunow	x	0,2	0,4	2
<i>N. sublinearis</i> Hust. in AWF. Schmidt et al.	o-β	1,4	1,4	1
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kütz.) O. Müll.	x	0,1	0,2	2
<i>Entomoneis gigantea</i> (Grunow.) Nizam.	o-x	0,6	0,6	1
<i>E. paludosa</i> (W. Sm.) Reimer	o	1,0	2	2
<i>Gomphonema constrictum</i> Ehrenb	o	1,2	2,4	2
<i>Binuclearia lauterbornii</i> Schmidle	x-o	0,4	0,8	2
<i>Ulotrix oscillarina</i> Kütz.	o-β	1,4	4,2	3
<i>U. tenerrima</i> Kütz.	o-á	1,8	5,4	3
<i>U. tenuissima</i> Kütz.	o	1,0	2	2
<i>Enteromorpha clathrata</i> (Roth) Grev.	β-á	2,4	4,8	2
<i>E. compressa</i> (L.) Grev.	β-á	2,4	4,8	2

Сапробные виды водорослей	S	Индекс сапробности	Sh	h
<i>Cladophora albida</i> (Huds.) Kütz.	о-β	1,4	2,8	2
<i>Schroederia setigera</i> LemmERM.	β-о	1,7	3,4	2
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda ex Korsch	β-о	1,7	3,4	2
<i>Hyaloraphidium contortum</i> Korschikov	β	2,1	4,2	2
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korschikov)	β	2,1	8,4	4
<i>M. contortum</i> (Thur.) Komark-Legn	β	2,2	8,8	4
<i>M. minutum</i> (Nägeli) Komark-Legn. in Fott	β-á	2,5	10	4
<i>M. tortile</i> G. S. West	о-á	1,8	1,8	1
<i>Selenastrum gracile</i> Reinsch	о-á	1,9	3,8	2
<i>Pediastrum boryanum</i> Meyen	о-á	1,9	3,8	2
<i>Gloeotila protogenita</i> Kütz.	β-о	1,7	5,1	3
<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle	β	2,1	4,2	2
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E. Hegew.	о-á	1,9	1,9	1
<i>D. intermedius</i> (Chodat) E. Hegew.	β	2,0	4	2
<i>Pseudotetrastrum punctatum</i> Hindak	β	2,2	4,4	2
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda.	о-β	1,5	3	2
<i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Oltm. Kom.	β	2,1	4,2	2
<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.	á	3,1	12,4	4
<i>Dicellula planctonica</i> Svirenko	β	2,0	4	2
<i>Siderocelis ornata</i> (Fott) Fott	β	2,2	6,6	3
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli	о-β	1,5	3	2
<i>D. pulchellum</i> Woodw.	β	2,3	4,6	2
<i>Koliella sempervirens</i> Hindak	β	2,0	8	4
<i>Lagerheimia ciliata</i> Lagerh.	β	2,0	8	4
<i>L. genevensis</i> (Chodat) Chodat	β	2,2	6,6	3
<i>L. longiseta</i> (LemmERM) J. S. Printz	β	2,1	6,3	3
<i>L. subsalsa</i> LemmERM	β	2,0	60	3
<i>Oocystis borgei</i> J. Snow	β-о	1,7	5,1	3
<i>O. lacustris</i> Chodat	β-о	1,6	4,8	3
<i>O. rhomboidea</i> Fott	о-á	1,9	3,8	2
Средняя сапробность		2,02		

Исходя из данных проведенного анализа можно сказать, что степень сапробности вод литорали Таганрогского залива Азовского моря, равна 2,02, что относит ее β-мезосапробную зону, характеризующейся наличием следующих условий: в форме солей аммония присутствуют соединения азота, нитратов и нитритов. Достаточно большое количество кислорода, но возможен замор у дна, а также ночью из-за прекращения фотосинтеза. Иногда может наблюдаться присутствие сероводорода в больших количествах, что говорит о наличии сернистых бактерий, вызывающих поглощение кислорода и появления гнилостного или сернистого запаха воды. Биохимический характер процессов можно отнести к окислительному. Суточные колебания кислорода и углекислоты типичны для литорали: днем наблюдается избыток кислорода и дефицит углекислоты, а ночью – наоборот. Отсутствуют нестойкие органические вещества, наблюдается полная минерализация. Илистый осадок имеет желтый цвет, присутствует много детрита (мертвого органического вещества).

Большое количество организмов относятся к автотрофному питанию, достаточно высокое биоразнообразие, однако численность и биомасса незначительна. Поскольку в литорали наблюдается высокое биоразнообразие фитопланктона, цветение воды имеет частый характер. Характерное увеличение сапрофитов в периоды замора растительных организмов.

Выводы

Таким образом, самым существенным звеном в методах биоиндикации является метод определения видового состава сообществ водорослей, дающий интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекавших в водном объекте. Анализ литературных источников показал, что выбор организмов – биоиндикаторов состояния морской среды в большинстве представлен отделом Bacillariophyta, представители которых доминируют во всех проведенных исследованиях. Это связано с тем, что сообщества диатомовых водорослей, как первичные продуценты органического вещества, играют важную роль в функционировании прибрежных морских экосистем, активно и достоверно реагируют на изменения среды их обитания и служат индикаторами ее состояния. Экспериментальные данные показали возможность интегральной оценки уровня загрязнения и установления высокой степени устойчивости водорослей фитопланктона к изменениям различных параметров морской среды.

Список литературы

1. Айздайчер Н. А. Влияние солености морской воды на виды рода *Attheya* West (Bacillariophyta) из Японского моря (Россия) / Н. А. Айздайчер, И. В. Стоник // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 1. – С. 37-46.
2. Балычева Д. С. Сезонная динамика количественных характеристик Bacillariophyta перифитона экспериментальных стеклянных пластин в акватории Крымского побережья Чёрного моря / Д. С. Балычева // Альгология. – 2014. – 24 (3). – С. 319-326.
3. Баринова С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / С. С. Баринова, Л. А. Медведева, О. В. Анисимова. – Тель-Авив : PiliesStudio, 2006. – 498 с.
4. Бегун А. А. Видовой состав Bacillariophyta эпифитона макрофитов в заливе Петра Великого (Российское побережье Японского моря) / А. А. Бегун // Альгология. – 2013. – Т. 23, № 3. – С. 270-290.
5. Бегун А. А. Эпифитные диатомовые водоросли в биоиндикации состояния морской среды (залив Петра Великого Японского Моря, Россия) / А. А. Бегун // Актуальные проблемы современной альгологии : тез. докл. Междунар. конф. (г. Киев, 23–25 мая 2012 г.). – К., 2012. – С. 25-26.
6. Бондаренко А. В. Микроводоросли эпифитона донной растительности побережья Казантипского природного заповедника (Азовское море, Украина) / А. В. Бондаренко // Актуальные проблемы современной альгологии : тез. докл. Междунар. конф. (г. Киев, 23–25 мая 2012 г.). – К., 2012. – С. 35-37.
7. Вайнерт Э. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Э. Вайнерт. – М. : Мир, 1988. – 350 с.
8. Водоросли : справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. В. Масюк и др. – К. : Наук. думка, 1989. – 608 с.
9. Гаркуша О. П. Микроводоросли интерстициали песчаных пляжей Азово-Черноморского региона (Украина) / О. П. Гаркуша // Актуальные проблемы современной альгологии : тез. докл. Междунар. конф. (г. Киев, 23–25 мая 2012 г.). – К., 2012. – С. 69-70.
10. Захаренкова Н. С. Биоиндикационные особенности водорослей литорали Азовского моря / Н. С. Захаренкова. – Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 127 с.
11. Макрушин А. В. Биологический анализ качества воды / А. В. Макрушин. – Л. : ЗИН АН СССР, Всесоюз. гидробиол. общество, 1974. – 60 с.

12. Маркина Ж. В. Влияние снижения солености воды на рост и некоторые биохимические показатели *Chaetoceros socialis* F. Radians (F. Schütt) Proschk.-Lavr. (Bacillariophyta) / Ж. В. Маркина, Н. А. Айздайчер // Альгология. – 2010. – Т. 20, № 4. – С. 402-412.

13. Мирненко Э. И. Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке / Э. И. Мирненко. – Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 93 с.

14. Нестерова Д. А. Планктонные водоросли донных осадков Одесского порта (Черное море, Украина) / Д. А. Нестерова // Альгология. – 2010. – Т. 20, № 3. – С. 300-311.

15. Садчиков А. П. Методы изучения пресноводного фитопланктона / А. П. Садчиков. – М. : Изд-во «Университет и школа», 2003. – 157 с.

16. Саут Р. Основы альгологии / Р. Саут, А. Уиттик. – М. : Мир, 1990. – 581 с.

17. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды / В. Сладечек // Санитарная и техническая гидробиология : мат. I съезда ВГБО. – М., 1967. – С. 26-31.

18. Теренько Л. М. Сезонная динамика фитопланктона в прибрежных водах Одесского залива Черного моря (Украина) / Л. М. Теренько // Альгология. – 2010. – Т. 20, № 1. – С. 73-85.

19. Трофимова В. В. Суточная динамика хлорофилла а фитопланктонного сообщества эстуарной зоны Кольского залива (Баренцево море) / В. В. Трофимова, П. Р. Макаревич // Альгология. – 2009. – Т. 19, № 2. – С. 145-154.

20. Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. Атлас сапробных организмов. – М., 1977. – Ч. 3. – 227 с.

21. Чеснокова С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учеб. пособие. Ч. 1. Методы биоиндикации / С. М. Чеснокова. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 84 с.

22. Чеснокова С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. Ч. 2. Методы биотестирования / С. М. Чеснокова, Н. В. Чугай. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 92 с.

23. Pantle R. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse / R. Pantle, H. Buck // Gasund Wasserbach. – 1955. – 96 (18). – 604 s.

24. Watanabe T. Biological information closely related to the numerical index DA_{Ipo} (Diatom Assemblage Index to Organic Water Pollution). Diatom / T. Watanabe, K. Asai, A. Houki // The Jap. journal of diatomology. – 1988. – P. 49-60.

Mirnenko E. I., Zakharenkova N. S. The selection tendencies in the marine environment bioindicator organisms. – The article contains information about the most important bioindication parameters of marine environment. The most commonly used indicator species of the marine environment have been defined by means of the analysis of various sources of literature. On the basis of the analysis the Bacillariophyta group has been distinguished as a predominant in all the researches.

Key words: bioindicator, group, organisms, algae.