

## ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ

Баева Ю. И., Черных Н. А.

## ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATE OF THE BLACK SEA COASTAL WATERS BY BIOINDICATION METHODS

Baeva Yu. I., Chernykh N. A.

### Аннотация

**Введение.** Проведена оценка экологического состояния водной среды в месте впадения реки Хаджийска в Черное море (курорт Солнечный берег, Болгария) с помощью методов биоиндикации. **Методы.** Исследования проведены в летние сезоны 2017–2019 гг. в период «цветения» морской воды. Качество речной воды оценено по состоянию сообщества зообентосных организмов с использованием биотического индекса Вудивисса и индекса Майера, состояние прибрежной морской экосистемы — по видовому составу черноморских макроводорослей. **Результаты.** Установлено, что воды в устье р. Хаджийска относятся к категории «загрязненные» и являются основным локальным источником поступления в прибрежные морские воды биогенных элементов. Среди морского макрофитобентоса выявлены представители зеленых, бурых и красных водорослей, в том числе два вида, занесенные в Красную книгу Черного моря — цистозейра бородачатая (*Cystoseira barbata*) и взморник морской (*Zostera marina*). Отмечено вытеснение аборигенных видов — представителей родов *Cystoseira* и *Zostera* — посредством увеличения численности сопутствующих водорослей родов *Ceramium*, *Cladophora* и *Ulva*, что подтверждает присутствие органического загрязнения и наличие процесса эвтрофикации в прибрежных водах. По таксономической структуре макрофитов сделан вывод о том, что экологическое состояние морской экосистемы в данном районе удовлетворительное. Обосновано использование бентосных организмов в экспресс-диагностике качества водной среды в курортных зонах. **Ключевые слова:** биоиндикация, речные воды, морская среда, зообентос, макрофитобентос, эвтрофикация.

### Abstract

**Introduction.** Using bioindication methods, the authors assessed the environmental state of water at the place where the Hadzhiyska River flows into the Black Sea (Slanchev Bryag / Sunny Beach resort, Bulgaria). **Methods.** The studies were carried out in the summer seasons of 2017–2019 during sea water “bloom”. The quality of river water was assessed by the state of the community of zoobenthic organisms using the Trent biotic index originally developed by Woodiwiss and the Mayer index, and the state of the coastal marine ecosystem was assessed by the species composition of the Black Sea macroalgae. **Results.** The waters at the mouth of the Hadzhiyska River can be classified as “polluted” and represent the main local source of biogenic elements entering the coastal sea waters. In the marine macrophytobenthos, representatives of green, brown and red algae were identified, including two species listed in the Red Book of the Black Sea — *Cystoseira barbata* and *Zostera marina*. The authors noted a displacement of native species — representatives of *Cystoseira* and *Zostera* genera — due to an increase in the number of associated algae from *Ceramium*, *Cladophora* and *Ulva* genera, which confirms organic pollution and eutrophication in coastal waters. The taxonomic structure of the macrophytes allows for the conclusion that the environmental state of the marine ecosystem in the area is satisfactory. The authors also provide a rationale for the use of benthic organisms in the express diagnostics of water environment quality in resort areas.

**Keywords:** bioindication, river waters, marine environment, zoobenthos, macrophytobenthos, eutrophication.

### Введение

Проблема загрязнения речных и морских вод с каждым годом приобретает все большую актуальность. Особенно остро данная проблема

стоит для прибрежных морских вод в курортных зонах Причерноморья. Прямой сброс неочищенных сточных вод из населенных пунктов, загрязненный речной сток, использование азотно-фос-

форных удобрений в сельском хозяйстве, попадание в прибрежные воды отходов производства и потребления, от несанкционированных свалок и с захламленных пляжей — вот основные источники загрязнения вод Черного моря [21].

Макроводоросли и травы — важнейший компонент прибрежных морских экосистем. Являясь основой трофической цепи, они играют основную роль в передаче вещества и энергии, формируют среду обитания для других организмов и выполняют функцию мощного фильтра, аккумулируя в себе различные загрязняющие вещества [4, 5, 25].

По экспертным оценкам в настоящее время в Черном море обитают 456 видов и подвидов морских водорослей и цветковых растений [25]. Однако интенсивное антропогенное воздействие на береговую зону, загрязнение прибрежных вод негативно сказываются на состоянии придонного растительного сообщества. Снижается видовое разнообразие макрофитов, нарушаются пространственные, структурные и функциональные характеристики растительных сообществ, изменяется их экологический статус. Наиболее чувствительные к загрязнению виды вытесняются, их место занимают более устойчивые [5, 25]. По наличию тех или иных видов макроводорослей в придонном сообществе можно судить об экологическом состоянии морской экосистемы. Это обусловило широкое использование водорослей как индикаторов качества окружающей среды [26].

Солнечный берег — крупнейший и наиболее популярный морской курорт на востоке Болгарии. Расположен между городами Варна (90 км) и Бургас (36 км) внутри небольшого залива протяженностью около 10 км, вдали от промышленных предприятий и крупных транспортных узлов. Северная часть курорта граничит со склонами горного массива Стара Планина, а его южная часть примыкает к полуостровному городу Несебр, включенному в список Всемирного наследия ЮНЕСКО [7]. В южной части курортный комплекс пересекает р. Хаджийска, впадая в Черное море в районе пляжа Какао Бич.

За качество воды курорт удостоен престижного международного экокнака «Голубой флаг» («Blue Flag») [24], а по результатам мониторинга экологическое состояние р. Хаджийска оценивается как хорошее и отличное [23]. Однако

несмотря на это, в месте впадения реки в Черное море периодически наблюдается появление неприятного запаха и изменение окраски речной воды, «цветение» морских вод, а пляжи покрываются большим количеством водорослей (рис. 1).

Ухудшение качества речной воды может быть связано с периодическим попаданием в нее неочищенных канализационных стоков, соседствующих с руслом реки отелей курорта Солнечный берег. «Цветение» же морской воды, как правило, обусловлено массовым развитием мезо- и полисапробных водорослей вследствие увеличения в воде количества биогенных элементов, главным образом азота и фосфора, источником которых вполне может быть речной сток. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение экологического состояния системы «река–море» в устье р. Хаджийска методами биоиндикации по состоянию речного зообентоса и по видовому составу макрофитов Черного моря.

#### **Методы и материалы**

Исследования проведены в летние сезоны 2017–2019 гг. в период «цветения» морской воды. В качестве объектов изучения выбраны сообщества донных организмов в устье р. Хаджийска и морские макроводоросли.

Хаджийска — одна из рек бассейна северо-бургасских рек, впадающая непосредственно в Черное море. Ее длина составляет 55,3 км, площадь водосборного бассейна — 355,8 км<sup>2</sup>, а среднегодовой сток достигает 7694 м<sup>3</sup>/с. Основные физико-химические показатели качества воды р. Хаджийска по данным ежегодного мониторинга представлены в табл. 1 [22, 23].

*Примечание:* «хорошо», «отлично» — показатели экологического состояния поверхностных вод в соответствии с Постановлением Министерства окружающей среды и водных ресурсов Республики Болгария № Н-4 от 14.09.2012 г. о характеристике поверхностных вод; ПДК<sub>рх</sub> установлены Приказом Министерства сельского хозяйства России от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 12 октября 2018 года).



Рис. 1. Изменение окраски воды в р. Хаджийска (слева) и «цветение» морской воды (справа) на Солнечном берегу

Зообентос отбирали сачком в трех точках (точки 1–3) в 3-кратной повторности (левый берег, середина реки, правый берег) (рис. 2).

Сачок ставили перпендикулярно дну и проводили примерно 1 м по течению, потом разворачивали на 180° и проводили еще 1 м против течения [1]. Собранный материал полностью выбирали из сачка и помещали в стеклянную бутылку, далее организмы разделяли на «индикаторные» группы. Виды организмов определяли с помощью

«Определителя зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России (2016)» [2].

Для интегральной оценки качества речной воды использовали следующие показатели:

- Биотический индекс Вудивисса (БИ), учитывающий наиболее часто наблюдаемую последовательность исчезновения из донных сообществ отдельных групп животных по мере увеличения загрязнения [1, 16, 17, 27]. В зависимости от величины биотического индекса выделяют 4

Таблица 1

**Физико-химические показатели качества воды в р. Хаджийска**

Годы	Показатели				
	БПК <sub>5</sub> , мг/л	Растворенный кислород, мг/л	N-NH <sub>4</sub> , мг/л	N-NO <sub>3</sub> , мг/л	Общий фосфор, мг/л
2017 г.	1,6	8	0,1	0,75	0,06
	Отлично	Отлично	Отлично	Отлично	Отлично
2018 г.	2,1	7	0,45	0,75	0,2
	Хорошо	Отлично	Хорошо	Отлично	Хорошо
ПДК <sub>рх</sub>	2,1	Не менее 6	0,4	9	0,15–0,2



Рис. 2. Устье р. Хаджийска и места отбора образцов

категории качества воды: сильно загрязненная (БИ = 0–2), загрязненная (БИ = 3–5), умеренно загрязненная (БИ = 6–7) и чистая (БИ = 8–10) [17].

- Индекс Майера, основанный на приуроченности различных групп водных беспозвоночных к водоемам с определенным уровнем загрязненности. По значениям индекса Майера оценивают степень загрязненности водоема: более 22 баллов — водоем чистый и имеет 1-й класс качества; 17–21 баллов — 2-й класс качества; 11–16 баллов — умеренная загрязненность, 3-й класс качества; менее 11 — водоем грязный, 4–7-й класс качества [17].

Образцы макрофитов отбирали в южной части курорта Солнечный берег в месте впадения р. Хаджийска в Черное море в августе 2019 г. в период «цветения» воды непосредственно у берега на трехпробных площадках 1×1 м в трехкратной повторности (точки 4–6) (рис. 2). Определение водорослей проводили по классическому определителю [9].

#### Результаты и обсуждение

*Оценка экологического состояния реки Хаджийска по зообентосу.* При оценке состояния

р. Хаджийска по методу Вудивисса нами было выделено 6 индикаторных групп организмов (табл. 2). При этом биотический индекс Вудивисса составил 4–5, что говорит о средней степени загрязненности воды в реке (3-й класс качества).

При оценке качества воды в р. Хаджийска по методу Майера все обнаруженные нами донные организмы были отнесены к одной из трех групп: обитатели чистых вод, организмы средней чувствительности и обитатели загрязненных водоемов (табл. 3). Индекс Майера составил 8–12, что также характеризует изучаемый водоток как загрязненный (3-й класс качества).

Согласно «Ежегодному докладу об актуальном состоянии вод в Черноморском районе Республики Болгария» основными потенциальными источниками загрязнения р. Хаджийска в ее верхнем течении являются сельскохозяйственные стоки и стоки с мест захоронения отходов, в нижнем — неочищенные хозяйственно-бытовые и канализационные сточные воды [21].

Известно, что с бытовыми и поверхностными сточными водами с сельскохозяйственных угодий в водные объекты попадают такие основные

Таблица 2

**Индикаторные группы и виды бентосных организмов в р. Хаджийска**

Группы – индикаторы	Виды-индикаторы	Количество особей		
		2017 г.	2018 г.	2019 г.
I	Личинки поденок <i>Ephemeroptera</i>	3	–	–
II	Личинки ручейников <i>Trichoptera</i>	5	7	–
III	Бокоплав <i>Amphipoda</i>	20	14	16
IV	Малощетинковые черви <i>Oligochaeta</i>	–	–	1
V	Личинки комара-звонца <i>Chironomidae</i>	9	11	8
VI	Улитка <i>Gastropoda Physidae</i>	10	7	8
	Улитка <i>Gastropoda Lymnaeidae</i>	4	2	2
	Улитка <i>Gastropoda Planorbidae</i>	1	1	2
VII	Пиявка <i>Hirudinea</i>	–	3	1
VIII	Личинки жука-плавунца <i>Dytiscidae</i>	–	–	2
	Личинки жука-водолюба черного <i>Hydrophilus</i>	–	–	1
Индекс Вудивисса		5	4	5
Оценка качества воды		Загрязненная ( $\alpha$ -мезо-сапробная)	Загрязненная ( $\alpha$ -мезо-сапробная)	Загрязненная ( $\alpha$ -мезо-сапробная)

эвтрофирующие агенты, как азот и фосфор в виде нитратов и фосфатов. Избыток биогенных элементов в водотоке вызывает увеличение его биологической продуктивности и интенсивное развитие водорослей. Нарастает биомасса фитопланктона, увеличивается мутность воды, повышается концентрация кислорода в верхних слоях ( $\beta$ -мезосапробные воды). Со временем бурное наращивание фитомассы сменяется стадией ее отмирания и последующей аэробной деградацией детрита. Интенсивно образуются донные илы с повышенным содержанием органики ( $\alpha$ -мезосапробные воды). В определенный момент на глубине кислород полностью исчезает и начинается анаэробное брожение, для которого характерно образование сероводорода, сероорганических соединений и аммиака. При этом могут наблюдаться заморы рыбы и гибель других гидробионтов (полисапробные воды).

Результаты проведенных исследований показали, что использование биоиндикторов при оценке качества вод р. Хаджийска дает более точную интегральную характеристику среды обитания и ее пригодности (непригодности) для

живого, чем существующие в настоящее время системы нормативов (см. табл. 1).

Современная система регулирования антропогенных нагрузок на окружающую природную среду и обеспечения ее безопасности носит антропоцентрический характер и основывается на нормировании уровней концентраций загрязняющих веществ с использованием стандартов допустимых концентраций лишь для организма человека. К сожалению, такой подход не позволяет в полной мере оценить истинные последствия антропогенного воздействия на окружающую среду, так как он практически не учитывает синергические и антагонистические эффекты загрязнителей, вторичные эффекты их действия, вызванные накоплением и трансформацией загрязняющих веществ в различных компонентах среды обитания, а также полностью отрицает существование более чувствительных видов, которые подчас оказываются ключевыми для поддержания нормального функционирования экосистемы. Таким образом, применение, наряду с физическими и химическими методами, методов биологической индикации, которая дает прямую информацию

Группы водных беспозвоночных р. Хаджийска по методу Майера

Группы организмов	Организмы-индикаторы		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Обитатели чистых вод	Личинки поденок Личинки ручейников	Личинки ручейников	Не обнаружены
Организмы средней чувствительности	Бокоплав Моллюски-катушки	Бокоплав Моллюски-катушки	Бокоплав Моллюски-катушки
Обитатели загрязненных водоемов	Личинки комаров-звонцов Прудовики	Личинки комаров-звонцов Пиявки Прудовики	Личинки комаров-звонцов Пиявки Прудовики Малощетинковые черви
Индекс Майера	12	10	8
Оценка качества воды	Умеренно загрязненная (β-мезосапробная)	Загрязненная (α-мезосапробная)	Загрязненная (α-мезосапробная)

о реакции организмов на стрессорные факторы, повышает эффективность экологических исследований и позволяет выявить источники негативного антропогенного воздействия на водные объекты на ранних стадиях загрязнения.

Оценка видового состава макроводорослей Черного моря. Фитоценозы, являясь основой пищевой сети, играют ключевую роль в функционировании морских экосистем. Они весьма чувствительны к любым изменениям экологических факторов, в силу чего являются «основной мишенью» негативного антропогенного воздействия. Увеличение или снижение биоразнообразия фитопланктонных и фитобентосных сообществ, смена доминирующих видов, изменение таксономической структуры, численности, биомассы, первичной продукции, сезонной сукцессии и способа функционирования считаются весьма информативными показателями здоровья экосистемы.

По данным, представленным в Докладе о состоянии окружающей среды Черного моря (2019), фитопланктон болгарского побережья насчитывает 370 видов и разновидностей водорослей из следующих отделов: динофитовые (*Dinophyta*), диатомовые (*Bacillariophyta*), криптофитовые (*Cryptophyta*), гаптофитовые (*Haptophyta*), золотистые (*Chrysophyta*), эвгленовые (*Euglenophyta*), зеленые (*Chlorophyta*), сине-зеленые (*Cyanophyta*) и др. При этом наиболее многочисленны динофитовые водоросли — 185 видов (50 % от общего числа видов). На втором месте диатомовые — 94 вида (~25 % от общего числа видов). Среди динофитовых водорослей наибо-

лее широко представлены роды *Protoperidinium*, *Gymnodinium* и *Gyrodinium*, среди диатомовых — роды *Chaetoceros* и *Pseudonitzschia* [25].

Макрофитобентос в болгарском черноморском секторе включает 165 видов, из которых 90 видов относятся к красным (*Rhodophyta*), 39 видов — к бурым (*Ochrophyta*) и 36 видов — к зеленым (*Chlorophyta*). Самыми крупными семействами красных водорослей являются родомеловые (*Rhodomelaceae*) и церамиевые (*Ceramiales*), бурых — эктокарповые (*Ectocarpaceae*) и зеленых — ульвовые (*Ulvaceae*) и кладофоровые (*Cladophoraceae*) [20].

В ходе проведенного исследования были выявлены представители зеленых, бурых и красных водорослей, относящиеся к 5 родам: ульва, кладофора, цистозейра, церамиум и зостера (табл. 4).

Представители зеленых водорослей ульва жесткая (*Ulva rigida*) и кладофора беловатая (*Cladophora albida*) — макроводоросли-оппортунисты, приспособленные к росту и развитию при высоких концентрациях в воде биогенных элементов. Их присутствие в большом количестве говорит о признаках эвтрофикации. Именно эти виды летом вызывают своеобразное «цветение» морской воды (см. рис. 1).

Красные водоросли рода церамиум, например церамиум красный (*Ceramium rubrum*), более чувствительны к загрязнению морской среды. При повышении уровня содержания загрязняющих веществ и биогенных элементов они постепенно исчезают из растительного сообщества.

Цистозейра бородатая (*Cystoseira barbata*) — вид бурых водорослей, типичных представителей эталонных незатронутых условий среды обитания. Ассоциация цистозейры распространена на пологих участках дна, защищенных от прямого воздействия волн на глубине от 1 до 10 м (12–13 м в чистой воде с низкой концентрацией питательных веществ). Цистозейра бородатая весьма требовательна к субстрату, освещенности и прозрачности воды, а также чувствительна к любым загрязнениям. Данный вид занесен в Красную книгу Черного моря как вид регионального значения со статусом МСОП «уязвимый» (VU) [19].

Взморник морской (*Zostera marina*) — травянистое цветковое растение, населяющее мелкие защищенные от волн бухты и полуоткрытые прибрежные участки с плоским дном и глубиной от 0,5 до 10 м. Являясь видом-эдикатором, заросли взморника морского создают благоприятную среду для развития личиночных стадий рыб, моллюсков, макрозообентоса. Растение также занесено в Красную книгу Черного моря как вид регионального значения со статусом МСОП «уязвимый» (VU) [19].

Вытеснение таких аборигенных видов, как взморник и цистозейра, посредством увеличения численности сопутствующих водорослей (родов *Ceramium*, *Cladophora*, *Ulva*) является одним из существенных показателей повышения концентрации биогенных элементов в прибрежных водах [10, 15]. При этом единственным возможным источником локального органического загрязнения прибрежных вод на курорте Солнечный берег служит загрязненный речной сток р. Хаджийска.

Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать макроводоросли для

использования в экспресс-диагностике качества морской среды в курортных зонах. При этом возможность использования макрофитобентоса в качестве надежного индикатора загрязнения подтверждается многочисленными литературными данными. Так, например, в работах А. А. Калугиной-Гутник [10] отмечено, что наличие постоянных источников загрязнения является главной причиной многолетних изменений фитобентоса в бухтах Черного моря. Отрицательное воздействие загрязнения на прибрежную экосистему выражается в постепенном обеднении видового состава макроводорослей, смещении флористических районов, упрощении структуры фитоценозов, ухудшении состояния особей, слагающих их, снижении биомассы и сокращении зарослей некоторых видов фитобентоса.

Макроводоросли могут применяться в биомониторинге как неорганического загрязнения [3, 11, 18], так и для выявления признаков эвтрофикации, а также наличия других органических загрязнителей (например, нефти, пестицидов и др.) [6, 8, 12, 13]. Так, Н. В. Морозовой-Водяницкой (1930) был предложен список водорослей, которые могут быть использованы при биологическом анализе воды. При этом ульва жесткая — показатель сильно загрязненных полисапробных морских вод [14]. В работе В. Ф. Теубовой (2012) показано, что при загрязнении прибрежных акваторий тяжелыми металлами в качестве биоиндикаторов целесообразно использовать виды цистозейры [18]. А М. В. Макаровым и О. В. Степаньяном (2009) установлено, что наиболее устойчивыми к действию нефтепродуктов являются бурые водоросли (цистозейровые), менее — зеленые (ульвовые) и красные (церамиевые) [13].

Таблица 4

Видовой состав макрофитобентоса в районе впадения р. Хаджийска в Черное море

Наименование	Экологические показатели	Отбор образцов		
		2017 г.	2018 г.	2019 г.
<i>Ulva rigida</i> Ag.	М	++	++	++
<i>Cladophora albida</i> (Huds.) Kütz.	П	++	++	++
<i>Ceramium rubrum</i> (Huds.) Ag.	П	+	++	+
<i>Cystoseira barbata</i> (Good. et Wood.) Ag.	М	+	+	+
<i>Zostera marina</i> L.	М	+	+	+

Примечание: М — мезосапробы; П — полисапробы; «++» — встречаются в большом количестве; «+» — изредка встречаются; «-» — не встречаются.

## Заклучение

Методы биоиндикации загрязнения вод, основанные на изучении донных беспозвоночных и макрофитов, позволяют оперативно оценить уровень загрязнения как пресных, так и морских водных объектов. Благодаря достаточно продолжительному жизненному циклу бентосных организмов, их сообщества надежно характеризуют изменения водной среды за длительные периоды времени. Так, оценка качества воды р. Хаджийска черноморского курорта Болгарии Солнечный берег по состоянию сообщества зообентосных организмов показала, что вода в устье реки относится к категории «загрязненная».

По результатам анализа видового состава макроводорослей побережья черноморского курорта Солнечный берег можно сделать вывод о том, что экологическое состояние морской экосистемы в данном районе удовлетворительное. Преобладание зеленых водорослей говорит о локальном негативном антропогенном воздействии и загрязнении прибрежных вод биогенными элементами, основным источником которого является загрязненный речной сток р. Хаджийска. Однако наличие представителей красных и бурых водорослей, в том числе занесенных в Красную книгу Черного моря, свидетельствует об улучшении экологического состояния и качества морской воды по мере удаления от берега.

Комплексное применение различных методов биодиагностики позволяет не только охарактеризовать экологическое состояние системы «река–море», но и выявить возможные источники негативного антропогенного воздействия.

## Литература

1. Абакумов, В. А. (ред.) (1992). Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб.: Гидрометеиздат, 317 с.
2. Алексеев, В. Р. и Цалолихин, С. Я. (ред.) (2016). Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 2. Зообентос. М.: СПб: Товарищество научных изданий КМК, 457 с.
3. Беленикина, О. А. (2005). Красные водоросли в системе биомониторинга сублиторали Черного моря. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата биологических наук. М.: МГУ имени М. В. Ломоносова.
4. Беленко, Т. А. (2014). Экологические проблемы Черного и Азовского морей — естественнонаучные и социальные аспекты. Научно-методическое пособие для учителей и учащихся. [online] Доступно по ссылке: <http://www.suntag.ru/Documents/belenko-eko.pdf> [Дата обращения: 25.04.2020].

www.suntag.ru/Documents/belenko-eko.pdf [Дата обращения: 25.04.2020].

5. Березенко, Н. С. (2015). Эколого-таксономический состав макрофитобентоса района выпуска нефтесодержащих сточных вод ПНБ «Шесхарис» (Цемеская бухта, Черное море). Фундаментальные исследования, № 6–2, сс. 219–224.
6. Блинова, Е. И. (2007). Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России: флора, распространение, биология, запасы, марикультура. М.: ВНИРО, 114 с.
7. Бруенок, А. В. (2019). Солнечный берег. [online] Большая российская энциклопедия. Доступно по ссылке: <https://bigenc.ru/medicine/text/3634442> [Дата обращения: 25.04.2020].
8. Громов, В. В. (2012). Макрофитобентос южных морей России. Водоросли Северо-Кавказского побережья Черного моря, прибрежно-водная растительность Азовского моря и Северного Каспия. Саарбрюккен: LAP Lambert Academic Publishing “Palmarium”, 337 с.
9. Зинова, А. Д. (1967). Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. М.; Л.: Наука, 397 с.
10. Калугина-Гутник, А. А., Евстигнеева, И. К. и Миронова, Н. В. (1993). Изменения донной растительности на открытом побережье Севастопольской бухты за период с 1964 по 1990 г. Альгология, Т. 3, № 2, сс. 42–48.
11. Капков, В. И., Шошина, Е. В. и Беленикина, О. А. (2016). Биоремедиация морских прибрежных экосистем: использование искусственных рифов. Вестник МГТУ, Т. 19, № 1–2, сс. 286–295.
12. Костенко, Н. С. (2015). Гидробиологические исследования на Карадаге (обзор). В: Гаевская, А. В., Морозова, А. Л. (ред.) 100 лет Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского. Симферополь: Н. Орианда, сс. 385–440.
13. Макаров, М. В. и Степаньян, О. В. (2009). Выбор потенциальных биоиндикаторов состояния морских экосистем. Водоросли. В: Матишов, Г. Г. (ред.) Новые технологии мониторинга природных процессов в зоне взаимодействия пресных и морских вод (биологическая индикация). Апатиты: КНЦ РАН, сс. 60–69.
14. Морозова-Водяницкая, Н. В. (1930). Материалы к санитарно-биологическому анализу морских вод. Работы Новороссийской биологической станции имени В. М. Арнольди, вып. 4, сс. 163–180.
15. Никитина, В. Н. и Лисовская, О. А. (2013). Макрофитобентос верхних отделов береговой зоны российского побережья Черного моря. СПб.: СПбГУ, 132 с.
16. Новиков, Ю. В., Ласточкина, К. О. и Болдина, З. Н. (1990). Методы исследования качества воды водоемов. 2-е изд. М.: Медицина, 400 с.
17. Сенова, О. (ред.) (2015). Наблюдение рек: пособие для проведения общественного экологического мониторинга. СПб.: Друзья Балтики / Коалиция Чистая Балтика, 32 с.
18. Теубова, В. Ф. (2012). Разнообразие и экологические особенности макрофитобентоса российского сектора Черного моря. Автореферат диссертации на соискание степени кандидата биологических наук. Краснодар: Кубанский государственный университет.
19. Black Sea Basin Directorate (2012). Report of the Ministry of Environment and Water of the Republic of Bulgaria

on the Marine Strategy Framework Directive 2008/56/EO. [online] Доступно по ссылке: <https://www.bsbd.org/UserFiles/File/Introduction%20and%20Initial%20Assessment%20Report%20on%20Art.%208%20MSFD.pdf> [Дата обращения: 25.04.2020].

20. Black Sea Basin Directorate (2017). Environmental assessment of the draft “Marine strategy and programme of measures” 2016. [online] Доступно по ссылке: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/Sea/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4\\_EO\\_%D0%9C%D0%A1\\_%D0%9F%D0%BE%D0%9C.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/Sea/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_EO_%D0%9C%D0%A1_%D0%9F%D0%BE%D0%9C.pdf) [Дата обращения: 25.04.2020].

21. Black Sea Basin Directorate (2018). Assessment of the current state of water in the Black Sea basin management area for 2017. [online] Доступно по ссылке: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/annual%20reports/Doklad\\_2017.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/annual%20reports/Doklad_2017.pdf) [Дата обращения: 25.04.2020].

22. Black Sea Basin Directorate (2018). Black Sea Basin Water Quality Bulletin 2017. [online] Доступно по ссылке: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I\\_XII\\_buletin\\_2017.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I_XII_buletin_2017.pdf) [Дата обращения: 25.04.2020].

23. Black Sea Basin Directorate (2019). Black Sea Basin Water Quality Bulletin 2018. [online] Доступно по ссылке: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I\\_XII\\_buletin\\_2018.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I_XII_buletin_2018.pdf) [Дата обращения: 25.04.2020].

24. Blue Flag (2019). Blue Flag Programme. [online] Доступно по ссылке: <https://www.blueflag.global> [Дата обращения: 25.04.2020].

25. BSC (2019). State of the Environment of the Black Sea (2009–2014/5). Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC), Istanbul, Turkey, 811 p.

26. European Parliament and Council of the European Union (2008). Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008/56/EC).

27. Gol'd, Z. G., Glushchenko, L. A., Morozova, I. I., Shulepina, S. P. and Shadrin, I. A. (2003). Water quality assessment based on chemical and biological characteristics: an example of classification of characteristics for the Cheremushnyi Creek–Yenisey River water system. *Water Resources*, Vol. 30, Issue 3, pp. 304–314.

## References

1. Abakumov, V. A. (ed.) (1992). Guide to hydrobiological monitoring of freshwater ecosystems. Saint Petersburg: Gidrometeoizdat, 317 p.

2. Alekseyev, V. R. and Tsalolikhin, S. Ya. (eds) (2016). Guide for the identification of zooplankton and fresh water zoobenthos in European Russia. Vol. 2. Zoobenthos. Moscow / Saint Petersburg: KMK Scientific Press, 457 p.

3. Belenikina, O. A. (2005). Red algae in the system of biomonitoring the sublittoral area of the Black Sea. Author's Abstract of the PhD Thesis in Biology. Moscow: Lomonosov Moscow State University.

4. Belenko, T. A. (2014). Environmental problems of the Black and Azov Seas — natural science and social aspects. Scientific and study guide for teachers and students. [online] Available at: <http://www.suntag.ru/Documents/belenko-eko.pdf> [Date accessed 25.04.2020].

5. Berezenko, N. S. (2015). Ecological and taxonomic composition of macrophytobenthos in the area of oil-containing

wastewater release from Sheskhari terminal (Tsemes Bay, Black Sea). *Fundamental Research*, No. 6-2, pp. 219–224.

6. Blinova, Ye. I. (2007). Seaweeds and seagrasses of the European part of Russia (flora, distribution, biology, resources, mariculture). Moscow: Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 114 p.

7. Bruyenok, A. V. (2019) Slanchev Bryag / Sunny Beach. [online] Big Russian Encyclopedia Available at: <https://bigenc.ru/medicine/text/3634442> [Date accessed 25.04.2020].

8. Gromov, V. V. (2012). Macrophytobenthos of the southern seas of Russia. Algae of the North-Caucasian coast of the Black Sea, coastal-water vegetation of the Azov Sea and the North Caspian. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing “Palmarium”, 337 p.

9. Zinova, A. D. (1967). Guide for the identification of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR. Moscow, Leningrad: Nauka, 397 p.

10. Kalugina-Gutnik, A. A., Yevstigneyeva, I. K. and Mironova, N. V. (1993). Changes in the bottom vegetation on the open coast of the Sevastopol Bay in the period from 1964 to 1990. *Algologia*, Vol. 3, No. 2, pp. 42–48.

11. Kapkov, V. I., Shoshina, E. V. and Belenikina, O. A. (2016). Bioremediation of marine coastal ecosystems: using artificial reefs. *Vestnik of MSTU*, Vol. 19, No. 1–2, pp. 286–295.

12. Kostenko, N. S. (2015). Hydrobiological research at the Karadag mountain area (review). In: Gayevskaya, A. V., Morozova, A. L. (eds) 100 years of the T.I. Vyazemsky's Karadag scientific station. Simferopol: N. Orianda, pp. 385–440.

13. Makarov, M. V. and Stepanyan, O. V. (2009). Selecting potential bioindicators of the state of marine ecosystems. Algae. In: Matishov, G. G. (ed.) New technologies of natural processes' monitoring in the area of fresh and marine waters interaction (biological indication), Apatity: Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, pp. 60–69.

14. Morozova-Vodyanitskaya, N. V. (1930). Materials for the sanitary and biological analysis of sea waters. *Proceedings of Arnoldi Novorossiysk Biological Station*, Issue 4, pp. 163–180.

15. Nikitina, V. N. and Lisovskaya, O. A. (2013). Macrophytobenthos in the upper sections of the Black Sea coastal zone. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University, 132 p.

16. Novikov, Yu. V., Lastochkina, K. O. and Boldina, Z. N. (1990). Methods of water quality studies in water bodies. 2<sup>nd</sup> edition. Moscow: Meditsina, 400 p.

17. Senova, O. (ed.) (2015). Observation of rivers: a manual for public environmental monitoring. Saint Petersburg: Friends of the Baltic / Coalition Clean Baltic, 32 p.

18. Teyubova, V. F. (2012). Variety and environmental features of macrophytobenthos in the Russian sector of the Black Sea. Author's Abstract of the PhD Thesis in Biology. Krasnodar: Kuban State University.

19. Black Sea Basin Directorate (2012). Report of the Ministry of Environment and Water of the Republic of Bulgaria on the Marine Strategy Framework Directive 2008/56/EO. [online] Available at: <https://www.bsbd.org/UserFiles/File/Introduction%20and%20Initial%20Assessment%20Report%20on%20Art.%208%20MSFD.pdf> [Date accessed 25.04.2020].

20. Black Sea Basin Directorate (2017). Environmental assessment of the draft “Marine strategy and programme of measures” 2016. [online] Available at: <https://www.bsbd.org/UserFiles/File/Sea/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%>

D0%B0%D0%B4\_EO\_%D0%9C%D0%A1\_%D0%9F%D0%BE%D0%9C.pdf [Date accessed 25.04.2020].

21. Black Sea Basin Directorate (2018). Assessment of the current state of water in the Black Sea basin management area for 2017. [online] Available at: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/annual%20reports/Doklad\\_2017.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/annual%20reports/Doklad_2017.pdf) [Date accessed 25.04.2020].

22. Black Sea Basin Directorate (2018). Black Sea Basin Water Quality Bulletin 2017. [online] Доступно по ссылке: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I\\_XII\\_buletin\\_2017.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I_XII_buletin_2017.pdf) [Date accessed 25.04.2020].

23. Black Sea Basin Directorate (2019). Black Sea Basin Water Quality Bulletin 2018. [online] Available at: [https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I\\_XII\\_buletin\\_2018.pdf](https://www.bsbd.org/UserFiles/File/ecoinformation/I_XII_buletin_2018.pdf) [Date accessed 25.04.2020].

24. Blue Flag (2019). Blue Flag Programme. [online] Available at: <https://www.blueflag.global> [Date accessed 25.04.2020].

25. BSC (2019). State of the Environment of the Black Sea (2009–2014/5). Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC), Istanbul, Turkey, 811 p.

26. European Parliament and Council of the European Union (2008). Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2008/56/EC).

27. Gol'd, Z. G., Glushchenko, L. A., Morozova, I. I., Shulepina, S. P. and Shadrin, I. A. (2003). Water quality assessment based on chemical and biological characteristics: an example of classification of characteristics for the Cheremushnyi Creek–Yenisey River water system. *Water Resources*, Vol. 30, Issue 3, pp. 304–314.

#### Авторы

**Баева Юлия Игоревна**, канд. биол. наук, доцент  
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия  
E-mail: [baeva-yui@rudn.ru](mailto:baeva-yui@rudn.ru)

**Черных Наталья Анатольевна**, д-р биол. наук, профессор  
Российский университет дружбы народов, Москва, Россия  
E-mail: [chernykh-na@rudn.ru](mailto:chernykh-na@rudn.ru)

#### Authors

**Baeva Yulia Igorevna**, PhD in Biology, Associate Professor  
RUDN University, Moscow, Russia  
E-mail: [baeva-yui@rudn.ru](mailto:baeva-yui@rudn.ru)

**Chernykh Natalia Anatolievna**, Dr. of Biology, Professor  
RUDN University, Moscow, Russia  
E-mail: [chernykh-na@rudn.ru](mailto:chernykh-na@rudn.ru)