

Анализ трофического состояния вод губы Ура Мотовского залива, губы Лодейная Кольского залива и Кильдинского пролива Мурманской области с помощью индекса E-TRIX

Научная статья
УДК 504.42

DOI: 10.36038/0131-6184-2024-2-26-34

Скуратова Полина Николаевна – студентка 4 курса, Уфа, Россия

E-mail: polina-skuratova@list.ru

Хасанова Лия Науфальевна – студентка 4 курса, Уфа, Россия

E-mail: liyahasanovaa@mail.ru

Мусина Светлана Айратовна – старший преподаватель, Уфа, Россия

E-mail: musina.sa@ugatu.su

Кафедра «Безопасность производства и промышленная экология», Уфимский университет науки и технологий (ФГБОУ ВО «УУНиТ»)

Адрес: Россия, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, дом 32

Аннотация. Проведен анализ трофического уровня водных объектов Мурманской области при помощи индекса E-TRIX. Рассмотрены ключевые различия течений и рельефов дна исследуемых точек. Приведены расчётные данные индекса E-TRIX, предложены мероприятия по снижению уровня трофности вод.

Ключевые слова: уровень трофности, индекс E-TRIX, хлорофилл «а», рельеф дна, хозяйственная деятельность

Для цитирования: Скуратова П.Н., Хасанова Л.Н., Мусина С.А. Анализ трофического состояния вод губы Ура Мотовского залива, губы Лодейная Кольского залива и Кильдинского пролива Мурманской области с помощью индекса E-TRIX // Рыбное хозяйство. 2024. № 2. С. 26-34. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-2-26-34

ANALYSIS OF TROPHIC STATE OF WATERS OF THE URA BAY OF MOTOVSKY BAY, LODEYNAYA BAY OF THE KOLA BAY AND KILDINSKY STRAIT OF THE MURMANSK REGION USING THE E-TRIX INDEX

Polina N. Skuratova – 4th year student, Ufa, Russia

Liia N. Khasanova – 4th year student, Ufa, Russia

Svetlana A Musina – Senior lecturer, Ufa, Russia

Department of «Industrial Safety and Industrial Ecology», Ufa University of Science and Technology (FGBOU VO «UUST»)

Address: Russia, 450076, Republic of Bashkortostan, Ufa, Zaki Validi, 32

Annotation. The trophic level of water bodies of Murmansk region was analyzed using the E-TRIX index. The key differences of currents and bottom reliefs of the investigated points are considered. The calculated data of the E-TRIX index are given, and measures to reduce the level of water trophicity are proposed.

Keywords: trophicity level, E-TRIX index, chlorophyll «a», bottom topography, economic activity

For citation: Skuratova P.N., Khasanova L.N., Musina S.A. Analysis of the trophic state of waters of the Ura Bay of Motovsky Bay, Lodeynaya Bay of the Kola Bay and the Kildinsky Strait of the Murmansk Region using the E-TRIX Index // Fisheries. 2024. № 2. Pp. 26-34. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-2-26-34

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море – самое высокопродуктивное арктическое море, первичная продукция в котором составляет около 40% от всех арктических морей [1]. Под первичной продукцией (ПП) понимается основной показатель биологической продуктивности морских экосистем Арктики [2]. Она характеризует скорость образования органического вещества в процессе фотосинтеза. Большая шельфовая зона, занимающая практически 90% от всей площади моря, отсутствие ледового покрова на половине территории круглый год, смешение теплых атлантических и холодных арктических водных масс, приведшее к формированию устойчивого Полярного фронта и подъему богатых биогенными элементами глубинных вод, таяние льдов – все это обуславливает высокую ПП [1].

Баренцево море характеризуется не только высокой биологической продукцией на разных трофических уровнях, но и большим видовым разнообразием его обитателей, являясь важнейшим для промышленного рыболовства шельфовым водоёмом [1]. Поэтому, при осуществлении гидробиологических исследований, проводится определение степени трофности, которую обязательно учитывают при оценке эколого-санитарного состояния водоема и решении вопроса о его практическом использовании в народнохозяйственных целях [3]. Это необходимо для понимания

процессов, формирующих и поддерживающих функционирование морской экосистемы Баренцева моря, а также для определения необходимых мер по управлению этим ресурсом.

Высокий уровень трофности (эвтрофикация) может привести к разрастанию водных растений и водорослей, что способствует ухудшению качества воды и нарушению баланса экосистемы. Одной из основных причин эвтрофикации водоемов является антропогенная деятельность, которая проявляется в избыточном попадании в морскую среду биогенных элементов и быстрорастворимой органики. Главными источниками этих веществ являются сельское хозяйство, промышленные и бытовые сточные воды, а также канализационные системы [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящее время отнесение природных вод к определенному трофическому типу (олиготрофный, мезотрофный, эвтрофный) производится на основе различных критериев, таких как температура, соленость, влажность и показателей функционирования экосистемы, а также материалов космических съемок со спутников [3]. Для оценки степени трофности морской воды используются различные подходы и методы, выбор конкретного из которых зависит от показателей и их числа, ведь не всегда набор измеряемых параметров бывает полным [5].

Таблица 1. Вклады компонентов формулы E-TRIX для губы Ура и расчётные значения E-TRIX по месяцам / **Table 1.** Contributions of the components of the E-TREX formula for the Ur lip and calculated E-TREX values by month

	Ch	D%O	N	P	E-TRIX
Первая точка (69.37475 с.ш. 33.01598 в.д.)					
Апрель	0,532	108,900	0,42	3,933	2,901
Май	1,118	102,300	0,97	6,088	3,608
Сентябрь	4,534	95,300	4,007	15,802	4,496
Ноябрь	3,163	101,900	2,772	12,404	4,621
Вторая точка (69.38297 с.ш. 33.0534 в.д.)					
Апрель	0,122	105,000	0,104	1,335	1,458
Май	0,482	92,900	0,415	3,422	2,753
Сентябрь	3,105	26,400	2,718	12,256	4,114
Ноябрь	2,082	85,700	1,818	9,315	4,151
Третья точка (69.40158 с.ш. 33.12927 в.д.)					
Апрель	0,256	99,200	0,219	2,218	2,160
Май	0,560	83,900	0,483	3,792	2,862
Сентябрь	4,069	42,700	3,671	14,752	4,561
Ноябрь	3,582	77,300	3,142	13,511	4,642
Четвертая точка (69.41112 с.ш. 33.19347 в.д.)					
Апрель	0,350	92,300	0,301	2,748	2,439
Май	0,735	90,800	0,636	4,568	3,156
Сентябрь	5,663	51,900	4,987	18,489	4,944
Ноябрь	3,343	78,200	2,931	12,884	4,579

части формируют уникальные особенности циркуляции и трансформации вод. Циркуляция вод в губе формируется под воздействием поступательного движения стока р. Ура и имеет генеральное направление в сторону Мотовского залива. Продвижение через глубоководный (200 м и более) и относительно широкий Западный рукав не создает каких-либо заметных особенностей в ходе следования вод. Перемещение вод через Восточный рукав имеет более сложный характер. Рельеф дна создает условия, при которых, поступающие в Восточный рукав, воды над впадиной в центральной его части, вовлекаются в вихревое циклоническое движение, при котором происходит подъем донных водных масс.

Губа Лодейная расположена на южном берегу Кольского залива, на западе Мурманской области (рис. 3). В губе Лодейной преобладает приливно-отливное движение, которое связано с приливами и отливами в Кольском заливе. Приливы и отливы в губе происходят с небольшой задержкой, по сравнению с приливами и отливами в открытом море. Это связано с узким входом в губу и ее географическим положением. Рельеф данной местности характери-

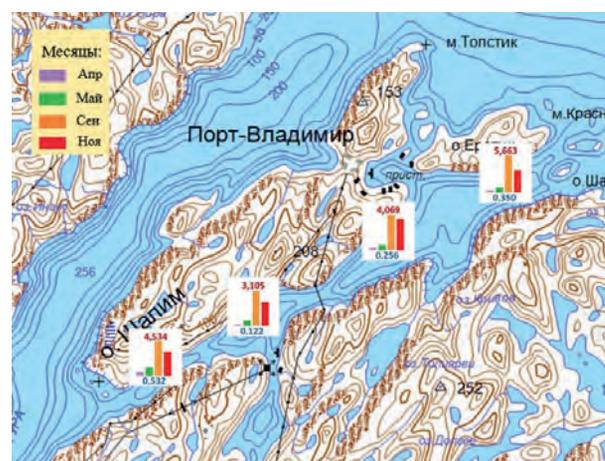


Рисунок 2. Изменчивость концентрации хлорофилла «а» губы Ура в течение года. Красное цифровое обозначение соответствует максимумам содержания хлорофилла «а», синее – минимумам

Figure 2. Variability of chlorophyll concentration «a» of the lip of Ur during the year. The red numeric designation corresponds to the maxima of the chlorophyll content «a», the blue one corresponds to the minima

Таблица 2. Вклады компонентов формулы E-TRIX для губы Лодейная и расчётные значения E-TRIX точек по месяцам / **Table 2.** Contributions of the components of the E-TREX formula for Lodeynaya Bay and calculated values of E-TREX points by month

	Ch	D%O	N	P	E-TRIX
Первая точка (69.36205 с.ш. 33.44925 в.д.)					
Апрель	0,346	110,200	0,297	2,727	2,491
Май	0,934	98,800	0,809	5,383	3,420
Сентябрь	1,187	92,300	1,030	6,347	3,629
Ноябрь	0,824	102,600	0,713	4,940	3,312
Вторая точка (69.37971 с.ш. 33.50864 в.д.)					
Апрель	0,264	103,800	0,226	2,265	2,206
Май	0,691	99,300	0,597	4,383	3,128
Сентябрь	1,380	88,500	1,199	7,033	3,761
Ноябрь	0,756	100,900	0,654	4,657	3,222
Третья точка (69.39747 с.ш. 33.51757 в.д.)					
Апрель	0,298	100,500	0,256	2,461	2,313
Май	0,632	97,300	0,546	4,119	3,034
Сентябрь	1,152	93,700	1,000	6,214	3,605
Ноябрь	0,853	98,400	0,739	5,058	3,330
Четвертая точка (69.34292 с.ш. 33.50624 в.д.)					
Апрель	0,368	103,200	0,316	2,844	2,528
Май	0,613	99,800	0,529	4,034	3,013
Сентябрь	1,556	94,900	1,354	7,635	3,903
Ноябрь	0,743	97,300	0,643	4,602	3,192

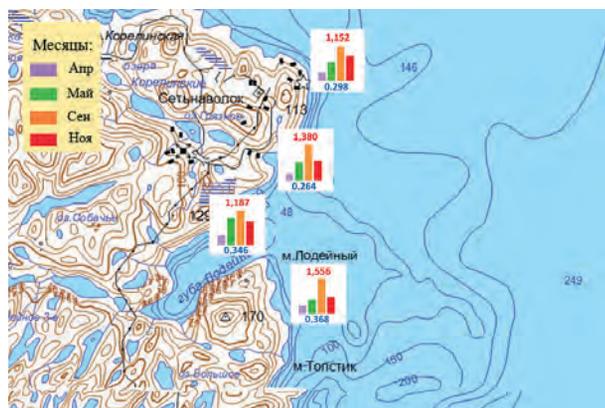


Рисунок 3. Изменчивость концентрации хлорофилла «а» губы Лодейная Кольского залива в течение года. Красное цифровое обозначение соответствует максимумам содержания хлорофилла «а», синее – минимумам

Figure 3. Variability of chlorophyll concentration «a» of the Lodeynaya Bay of the Kola Bay during the year. The red numeric designation corresponds to the maxima of the chlorophyll content «a», the blue one corresponds to the minima

зуется пологим склоном. Наибольшая глубина достигает 150 м, наименьшая – 50 метров.

Кильдинский пролив расположен на севере Кольского полуострова и является частью Баренцева моря (рис. 4). Течения в этом районе довольно сложные и зависят от многих факторов, таких как направление ветра, приливы и отливы, температура воды и другие. Одним из главных течений в Кильдинском проливе является прибрежное течение, которое движется вдоль береговой линии. Оно может быть довольно сильным и иметь скорость до 1 м/с. Это обусловлено разностью давления между прибрежной зоной и открытым морем, а также воздействием ветра. Рельеф дна имеет вытянутое и открытое с одного конца постепенно понижающееся углубление, абсолютные высокие отметки которых достигают 100 метров.

Периодами наибольшей активности рыб и других животных, а также прироста водных растений являются весна и осень. В эти сезоны питательные вещества, такие как азот и фосфор, поступают в воду в больших количествах, что может привести к увеличению количества водорослей и усилению рыбьего питания. При условии постоянного освещения

(полярный день), скорость размножения водных растений выше, чем при режиме 12 часов света и 12 часов темноты (фотопериод 12/12). Однако в естественных условиях, при постоянном освещении и повышении температуры воды, рост водорослей замедляется. Это является результатом эндогенных ритмов, которые регулируют сезонные изменения [16]. В связи с этим, при исследовании учитывали периоды апрель-май и сентябрь-ноябрь.

Данные общего фосфора, минеральных форм азота и хлорофилла «а» для расчетов взяты из сборника результатов комплексных исследований Баренцева и Белого морей по программе 277 «Арктический плавучий университет – 2012» [5], а также системы открытой спутниковой системы Giovanni (данные SeaWiFS (OBPG SeaWiFS Monthly Global 9-km Products) [17].

Для различных регионов и водоемов ранее были получены статистически значимые оценки связей концентраций биогенных элементов с хлорофиллом «а» (хл «а»), как показателем развития фитопланктона, биомассой и продуктивностью озер. Связь хлорофилл – общий фосфор (хл «а» – Р) была обнаружена Джонсоном и Бахманом [18]:

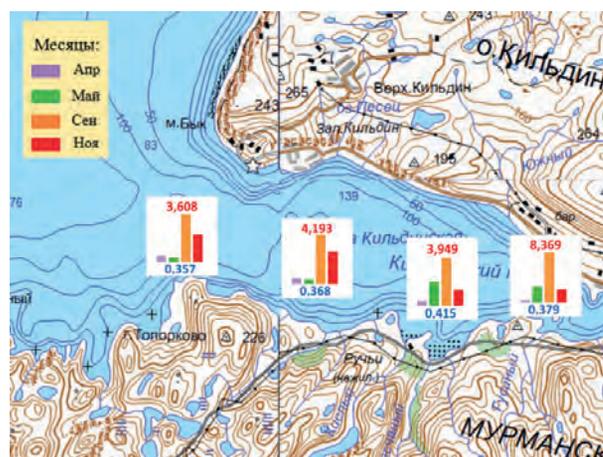


Рисунок 4. Изменчивость концентрации хлорофилла «а» в Кильдинском проливе в течение года. Красное цифровое обозначение соответствует максимумам содержания хлорофилла «а», синее – минимумам

Figure 4. Variability of chlorophyll «a» concentration in the Kilda Strait during the year. The red numeric designation corresponds to the maxima of the chlorophyll content «a», the blue one corresponds to the minima

Таблица 3. Вклады компонентов формулы E-TRIX для Кильдинского пролива и расчётные значения E-TRIX точек по месяцам / **Table 3.** Contributions of the components of the E-TREX formula for the Kilda Strait and calculated values of E-TREX points by month

	Ch	D%O	N	P	E-TRIX
Первая точка (69.31856 с.ш. 33.95256 в.д.)					
Апрель	0,468	98,900	0,403	3,353	2,747
Май	0,357	100,100	0,307	2,786	2,488
Сентябрь	3,608	77,200	3,163	13,583	4,648
Ноябрь	2,101	89,700	1,834	9,376	4,176
Вторая точка (69.31129 с.ш. 34.00406 в.д.)					
Апрель	0,497	93,400	0,428	3,494	2,785
Май	0,368	99,100	0,316	2,844	2,513
Сентябрь	4,193	73,900	3,682	15,053	2,905
Ноябрь	2,754	91,300	2,408	11,292	2,944
Третья точка (69.30959 с.ш. 34.07547 в.д.)					
Апрель	0,415	100,500	0,379	3,088	2,657
Май	1,979	97,300	1,727	8,999	4,147
Сентябрь	3,949	93,700	3,464	14,452	4,806
Ноябрь	1,299	98,400	1,128	6,747	3,740
Четвертая точка (69.31104 с.ш. 34.11976 в.д.)					
Апрель	0,379	103,200	0,326	2,902	2,557
Май	2,672	99,800	2,337	11,058	4,449
Сентябрь	8,369	94,900	7,391	24,172	5,543
Ноябрь	2,442	97,300	2,132	10,402	4,351

хл «а» = 0,08P^{1,46}.

Смит, в результате обобщения данных о 228 озерах, обнаружил зависимость содержания хлорофилла «а» как функции концентраций общего азота (N) и фосфора (P), тем самым подтвердив влияние соотношения этих элементов на развитие фитопланктона [18]:

$$\log(\text{хл «а»}) = 0,653 \log(P) + 0,548 \log(N) - 1,517.$$

По концентрациям хлорофилла «а» и по данным уравнениям определены концентрации азота и фосфора в исследуемых точках, представленных далее.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

С учетом данных о рельефе дна губы Ура, для оценки уровня трофности на разных участках и определения индекса E-TRIX, взяты точки со следующими координатами: первая точка (69.37475 с.ш. 33.01598 в.д.), вторая (69.38297 с.ш. 33.0534 в.д.), третья (69.40158 с.ш. 33.12927 в.д.), четвертая (69.41112 с.ш. 33.19347 в.д.). Данные точки соответствуют максимальным углублениям Восточного рукава губы Ура, где наблюдается наибольший подъём донных водных масс. На рисунке 2 представлена изменчивость концентрации хлорофилла «а» губы Ура в течение года.

Результаты расчета величины E-TRIX приведены в таблице 1. По полученным данным, величина E-TRIX в первой исследуемой точке изменялась в диапазоне от 2,901 до 4,621, во второй – от 1,458 до 4,151, в третьей – от 2,160 до 4,642, в четвертой – от 2,439 до 4,944. В первой точке наблюдается высокое значение индекса по причине того, что она располагается у слияния Восточной и Западной частей губы Ура. Четвертая точка находится у истока Восточной части, поэтому воды в данной области характеризуются большей потенциальной энергией, что способствует перемешиванию и подъёму водных масс. В целом в анализируемом районе наблюдается высокое качество воды с низким уровнем трофности. Однако в сентябре и в ноябре во всех точках наблюдается значение E-TRIX, превышающее 4, что говорит о том, что в данный период времени будут наблюдаться эпизодические случаи уменьшения прозрачности вод, аномалий цвета воды, гипоксии придонных вод, которое может быть связано с увеличением питательных веществ.

Выращивание рыбы в данных условиях, при возможной эвтрофикации, может быть успешным, если принять необходимые меры для управления качеством воды. Хозяйственная деятельность должна сопровождаться обязательным мониторингом свойств водного объ-

екта, иметь систему очистки, а также контроль за антропогенным загрязнением.

Для расчёта в губе Лодейная Кольского залива взяты точки со следующими координатами: первая точка (69.36205 с.ш. 33.44925 в.д.), вторая (69.37971 с.ш. 33.50864 в.д.), третья (69.39747 с.ш. 33.51757 в.д.), четвертая (69.34292 с.ш. 33.50624 в.д.). В отличие от губы Ура, данные точки имеют разные глубины. Так, первой точке соответствует глубина равная 50 м, второй точке – 75 м, третьей – 100 м, четвертой – 75 метров. На рисунке 3 представлена изменчивость концентрации хлорофилла «а» в районе губы Лодейная Кольского залива в течение года.

По данным расчётов, приведённых в таблице 2, величина E-TRIX в первой исследуемой точке изменялась в диапазоне от 2,491 до 3,629, во второй – от 2,206 до 3,761, в третьей – от 2,313 до 3,605, в четвертой – от 2,528 до 3,903. Относительно высокий показатель первой точки характеризуется приливами и отливами, а также – небольшой глубиной данной местности. Приливно-отливные течения отличаются от всех других течений тем, что они захватывают всю толщу водных масс от поверхности до дна, лишь незначительно уменьшая свою скорость в придонных слоях. Третья точка, находясь в месте, которое в два раза глубже первого, имеет меньший индекс. В общем воды указанной акватории характеризуются низким уровнем трофности и способны эффективно справляться со сбросами антропогенного характера, а также отходами жизнедеятельности рыб, разбавляя повышенные концентрации биогенных веществ. Повышение трофности в данном районе может привести к нежелательным последствиям, таким как образование водорослевых цветений, увеличение численности бактерий и ухудшение качества воды и снижению биоразнообразия.

Садковая аквакультура в данном районе возможна, однако необходимо учитывать особенности течений и приливов и выбирать подходящие виды рыб для выращивания в указанных условиях, например, из семейства лососевых, а также щуковых.

Для расчёта в Кильдинском проливе взяты точки со следующими координатами: первая точка (69.31856 с.ш. 33.95256 в.д.), вторая (69.31129 с.ш. 34.00406 в.д.), третья (69.30959 с.ш. 34.07547 в.д.), четвертая (69.31104 с.ш. 34.11976 в.д.). Точкам соответствуют следующие глубины: 70, 100, 70 и 50 м, соответственно. На рисунке 4 представлена изменчивость концентрации хлорофилла «а» Кильдинского пролива в течение года.

По данным расчётов, приведенных в таблице 3, величина E-TRIX в первой исследуемой точке изменялась в диапазоне от 2,488 до 4,648, во

второй – от 2,513 до 2,944, в третьей – от 2,657 до 4,806, в четвертой – от 2,557 до 5,543. Для выбранного района качество вод имеет сложный характер – минимумы значений E-TRIX для всех месяцев наблюдаются только во второй точке, в остальных – средние показатели трофности. Кильдинский пролив характеризуется сильным течением прилива и отлива. Также в проливе часто наблюдаются вихри и сильные течения, вызванные изменением глубины и формы дна. Имеет место высокий показатель индекса в четвертой точке в сентябре, во время окончания цветения водорослей.

Для хозяйственного освоения данной акватории и расширения антропогенной деятельности, без негативных последствий для окружающей среды, рекомендуется использование экологически чистых и устойчивых методов выращивания рыб, таких как: применение натуральных источников питания, например, водоросли и другие микроорганизмы, чтобы уменьшить необходимость в дополнительных питательных добавках. Также необходимо регулярное тестирование воды для контроля уровня органических веществ и других параметров (рН и кислород).

ВЫВОДЫ

Расчет индекса E-TRIX показал, что в среднем более высокий уровень эвтрофикации имеет Кильдинский пролив: $E-TRIX_{cp} = 4,225$. В губе Ура наибольшее среднее значение $E-TRIX_{cp} = 3,907$, в районе губы Лодейная Кольского залива $E-TRIX_{cp} = 3,213$. Максимальные значения индекса достигали 4,944 для губы Ура, 3,903 для губы Лодейная и 5,543 для Кильдинского пролива. Уровень трофности вод Баренцева моря можно охарактеризовать как переходный от низкого к среднему в западной части, а в восточной – в основном как средний.

Для успешной хозяйственной деятельности в исследуемых районах необходимо принимать меры по снижению эвтрофикации. Они могут включать в себя улучшение системы очистки сточных вод, ограничение использования удобрений и пестицидов на прилегающих земельных участках, а также – проведение регулярного контроля за качеством воды и состоянием экосистемы. Такие меры помогут сохранить биоразнообразие и устойчивость водной экосистемы, что является важным для успешной хозяйственной деятельности в долгосрочной перспективе.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад в работу авторов: *Скуратова П.Н.* – сбор и анализ данных, подготовка статьи, окончательная проверка; *Хасанова Л.Н.* – подготовка обзора литературы; *Мусина С.А.* – идея статьи, корректировка текста.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution to the work of the authors: *Skuratova P.N.* – data collection and analysis, preparation of the article, final verification; *Khasanova L.N.* – preparation of a literature review; *Musina S.A.* – the idea of the article, text correction.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. *Азатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И., Кодрян К.В.* Органическое вещество и скорости его трансформации в различных экосистемах Баренцева моря // Гидрология и гидрохимия. 2017. С. 212–235. DOI:10.29006/978-5-6045110-0-8/(17)
2. *Arrigo K.R., van Dijken G.L.* // Progr. in Oceanogr. 2015. V. 136. Pp. 60-70. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.poceaan.2015.05.002>. (Дата обращения 01.06.2023)
3. *Яценко-Степанова Т.Н., Немцева Н.В., Игнатенко М.Е.* Основные подходы к определению трофности природных водоемов // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2014. №1. С. 1-7
4. *Слепчук К.А., Хмара Т.В., Маньковская Е.В.* Сравнительная оценка уровня трофности Севастопольской и Южной бухт с использованием индекса E-TRIX // Морской гидрофизический журнал. 2017. №5. С. 67-77
5. *Деревенская О.Ю.* Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология». – Казань: КФУ. 2015. 44 с.
6. *Giovanardi F., Vollenweider R.A.* Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas // J. Limnol. – 2004. – 63, No. 2. – Pp. 199–218. – URL: <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2004.199>. (Дата обращения 01.06.2023)
7. *Fiori E., Zavatarelli M., Pinardi N. et al.* Observed and simulated trophic index (TRIX) values for the Adriatic Sea basin // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2016. 16. Iss. 9. Pp. 2043-2054. DOI:10.5194/nhess-16-2043-2016
8. *Balkis N., Toklu-Aliçli B., Balci M.* Evaluation of Ecological Quality Status with the Trophic Index (TRIX) Values in the Coastal Waters of the Gulfs of Erdek and Bandırma in the Marmara Sea // Ecological Water Quality – Water Treatment and Reuse / Ed. by Dr. Voudouris. – Rijeka: InTech. 2012. Pp. 3-22. DOI:10.5772/33698
9. *Романова Н.Д., Часовников В.К., Арашкевич Е.Г.* Оценка состояния экосистемы шельфово-склоновой зоны северо-восточной части Черного моря на основе индекса трофности (TRIX) // Океанология. 2016. 56. № 1. С. 120-124. DOI:10.7868/S0030157416010159
10. *Орлова И.Г., Павленко Н.Е., Украинский В.В.* Состояние эвтрофированности вод северо-западной части Черного моря по результатам многолетнего комплексного мониторинга // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2007. Вып. 15. С. 32-43
11. *Тучковенко Ю.С., Иванов В.А., Сапко О.Ю.* Оценка влияния береговых антропогенных источников на качество вод Одесского района северо-западной части Черного моря. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». 2011. 169 с.
12. *Куфттаркова Е.А., Губанов В.И., Ковригина Н.П.* Экологическая оценка современного состояния вод в районе взаимодействия Севастопольской бухты с

- прилегающей частью моря // Морской экологический журнал. 2006. 5. № 1. С. 72-91
13. Губанов В.И., Мальченко Ю.А., Куфтаркова Е.А. Диагноз современного состояния вод Севастопольского взморья (Черное море) по результатам мониторинга гидрохимических характеристик // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2004. Вып. 10. С. 141-148
 14. Жирков И.А. Полихеты Северного ледовитого океана. – М., Янус-К. 2001. С. 632
 15. Moncheva S., Doncheva V. Eutrophication index (TRIX) – an operational tool for the Black Sea coastal water ecological quality assessment and monitoring // Int. Symposium “The Black Sea ecological problems”: proc. Odessa: SCSEIO. 2000. Pp. 178-185
 16. Макаров М.В., Воскобойников Г.М. Влияние освещения и температуры на макроводоросли Баренцева моря, Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН (г. Мурманск). №212. 1996. URL:<http://algology.ru/1183>. (Дата обращения 08.08.2023)
 17. The Bridge Between Data and Science. – URL: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=TmAvMp&starttime=&endtime=&variableFacets=dataFieldDiscipline%3AHydrology%3B>. (Дата обращения 08.08.2023)
 18. Степанова И.Э. Анализ связи степени развития фитопланктона, оцененной по хлорофиллу «а», с содержанием биогенных элементов в рыбинском водохранилище // Известия РАН. Серия Биологическая. 2021. №2. С. 177-183. DOI: 10.31857/S0002332921020119
- LITERATURE AND SOURCES**
1. Agatova A.I., Lapina N.M., Torgunova N.I., Kodryan K.V. (2017). Organic matter and its transformation rates in various ecosystems of the Barents Sea // Hydrology and hydrochemistry. – Pp. 212-235. DOI:10.29006/978-5-6045110-0-8/(17). (In Russ.)
 2. Arrigo K.R., van Dijken G.L. // Progr. in Oceanogr. 2015. V. 136. p. 60-70. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocan.2015.05.002>. (Date of application 01.06.2023). (In Russ.)
 3. Yatsenko-Stepanova T.N., Nemtseva N.V., Ignatenko M.E. (2014). Basic approaches to determining the trophic nature of natural reservoirs // Bulletin of the Orenburg Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. No. 1. Pp. 1-7. (In Russ.)
 4. Slepchuk K.A., Khmara T.V., Mankovskaya E.V. (2017). Comparative assessment of the trophic level of the Sevastopol and Southern bays using the E-TRIX index // Marine Hydrophysical Journal. No. 5. Pp. 67-77. (In Russ.)
 5. Derevenskaya O.Yu. (2015). Methods of assessing water quality by hydrobiological indicators: educational and methodological development for the course “Hydrobiology”. – Kazan: KFU. 44 p. (In Russ.)
 6. Giovanardi F., Vollenweider R.A. (2004). Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas // J. Limnol. 63. No. 2. Pp. 199-218. URL: <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2004.199>. (Date of application 01.06.2023)
 7. Fiori E., Zavatarelli M., Pinaridi N. et al. (2016). Observed and simulated trophic index (TRIX) values for the Adriatic Sea basin // Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 16. Iss. 9. Pp. 2043-2054. DOI:10.5194/nhess-16-2043-2016
 8. Balkis N., Toklu-Aliçli B., Balci M. (2012). Evaluation of Ecological Quality Status with the Trophic Index (TRIX) Values in the Coastal Waters of the Gulfs of Erdek and Bandırma in the Marmara Sea // Ecological Water Quality – Water Treatment and Reuse / Ed. by Dr. Voudouris. – Rijeka: InTech. Pp. 3-22. DOI:10.5772/33698
 9. Romanova N.D., Chasovnikov V.K., Arashkevich E.G. (2016). Assessment of the state of the ecosystem of the shelf-slope zone of the northeastern part of the Black Sea based on the trophic index (TRIX) // Oceanology. 56. № 1. Pp. 120-124. DOI:10.7868/S0030157416010159. (In Russ.)
 10. Orlova I.G., Pavlenko N.E., Ukrainsky V.V. (2007). The state of eutrophication of the waters of the north-western part of the Black Sea according to the results of long-term comprehensive monitoring // Environmental safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources. – Sevastopol: EKOSI-Hydrophysics. Issue 15. Pp. 32-43. (In Russ.)
 11. Tuchkovenko Yu.S., Ivanov V.A., Sapko O.Yu. (2011). Assessment of the impact of coastal anthropogenic sources on the water quality of the Odessa region of the northwestern part of the Black Sea. – Sevastopol: SPC “EKOSI-Hydrophysics”. 169 p. (In Russ.)
 12. Kuftarkova E.A., Gubanov V.I., Kovrigina N.P. Ecological assessment of the current state of waters in the area of interaction of the Sevastopol Bay with the adjacent part of the sea // Marine Environmental Journal. 2006. 5. № 1. Pp. 72-91. (In Russ.)
 13. Gubanov V.I., Malchenko Yu.A., Kuftarkova E.A. (2004). Diagnosis of the current state of the waters of the Sevastopol seashore (Black Sea) based on the results of monitoring of hydrochemical characteristics // Environmental safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources. – Sevastopol: EKOSI-Hydrophysics. Issue 10. Pp. 141-148. (In Russ.)
 14. Zhirkov I.A. (2001). Polychaetes of the Arctic Ocean. – M., Janus-K. P. 632. (In Russ.)
 15. Moncheva S., Doncheva V. (2000). Eutrophication index (TRIX) – an operational tool for the Black Sea coastal water ecological quality assessment and monitoring // Int. Symposium “The Black Sea ecological problems”: proc. Odessa: SCSEIO. Pp. 178-185
 16. Makarov M.V., Voskoboinikov G.M. (1996). The influence of lighting and temperature on macroalgae of the Barents Sea, Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences (Murmansk). No.212. URL:<http://algology.ru/1183>. (Date of application 08.08.2023)
 17. The Bridge Between Data and Science. – URL:<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=TmAvMp&starttime=&endtime=&variableFacets=dataFieldDiscipline%3AHydrology%3B>. (Date of application 08.08.2023)
 18. Stepanova I.E. (2021). Analysis of the relationship of the degree of phytoplankton development estimated by chlorophyll “a” with the content of biogenic elements in the Rybinsk reservoir // Izvestiya RAS. Biological Series. No. 2. Pp. 177-183. DOI: 10.31857/S0002332921020119. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию/ Received 16.12.2023
 Принят к публикации / Accepted for publication 01.04.2024