

## ДИАТОМОВЫЙ АНАЛИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА Р. КАЛЬМИУС

© 2023

Мирненко Э.И.

Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация)

**Аннотация.** В статье рассматривается биоразнообразие диатомовых водорослей искусственных водохранилищ бассейна р. Кальмиус, а также степень воздействия промышленных предприятий на водные ресурсы методом биоиндикации. Установлено современное состояние водного баланса рек и использование водных ресурсов в промышленности Донбасса. Так, водный баланс сформирован за счет части притока вод из р. Северский Донец и вод основного бассейна р. Кальмиус. Сельское хозяйство и промышленные предприятия в общей сумме потребляют 77% водных ресурсов всего региона, что является крайне высокой степенью вовлечения в общий баланс водных ресурсов. Для оценки состояния водохранилищ был выбран метод определения видового разнообразия и биологического анализа диатомовых водорослей DA<sub>Ipo</sub>. В рамках исследования было установлено, что флора диатомовых водорослей согласно индексу Шеннона–Уивера варьирует от 1,98 до 4,65 бит/экз., при этом в водохранилищах массово распространены только 11 видов диатомовых водорослей. Коэффициент роста видового разнообразия (*r*) варьирует (от 0,2135 до 0,9522 бит/экз.) в зависимости от сезона года и места отбора. Установлено, что увеличение индекса DA<sub>Ipo</sub> происходило при переходе от Нижнекальмиусского водохранилища к Старобешевскому за счёт присутствия большего числа видов сапроксенов *Achnanthes andicola*, *Fragilaria virescens*, *Navicula viridula* var. *viridula*, *Nitzschia sigmaidea* var. *sigmaidea*, *Navicula radiosa* var. *radiosa*. Следовательно, в работе прослеживается уровень загрязнения по наличию индикаторных видов и степень толерантности диатомовых водорослей к условиям среды.

**Ключевые слова:** фитопланктон; флора диатомовых водорослей; Bacillariophyta; биоиндикация; биоразнообразие; индекс DA<sub>Ipo</sub>; индекс Шеннона–Уивера; водохранилища бассейна р. Кальмиус.

## THE DIATOM ANALYSIS OF THE RESERVOIRS LOCATED ON THE KALMIUS RIVER

© 2023

Mirnenko E.I.

Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation)

**Abstract.** The paper examines biodiversity of diatoms in artificial reservoirs of the Kalmius river basin, as well as the degree of impact of industrial enterprises on water resources by bioindication. The author has established the current state of the water balance of rivers, and the use of water resources in the industry of Donbass. Thus, the water balance is formed due to a part of the inflow of water from the Seversky Donetsk river basin and the waters of the main Kalmius River basin. Agriculture and industrial enterprises in total consume 77% of the water resources of the entire region, which is an extremely high degree of involvement in the overall balance of water resources. To assess the condition of reservoirs, the method of determining the species diversity and biological analysis of diatoms DA<sub>Ipo</sub> was chosen. As part of the study, it was found that the flora of diatoms according to the Shannon–Weaver index varied from 1,98 to 4,65 bps, while only 11 species of diatoms were massively distributed in reservoirs. The coefficient of growth of species diversity (*r*) varies (from 0,2135 to 0,9522 bps) depending on the season of the year and the place of selection. It was found that the increase in the DA<sub>Ipo</sub> index occurred during the transition from the Nizhnekalmius reservoir to the Starobeshevsky reservoir, due to the presence of a larger number of saproxene species *Achnanthes andicola*, *Fragilaria virescens*, *Navicula viridula* var. *viridula*, *Nitzschia sigmaidea* var. *sigmaidea*, *Navicula radiosa* var. *radiosa*. Consequently, the paper traces the level of pollution by the presence of indicator species and the degree of tolerance of diatoms to environmental conditions.

**Keywords:** phytoplankton; flora of diatoms; Bacillariophyta; bioindication; biodiversity; DA<sub>Ipo</sub> index; Shannon–Weaver index; reservoirs of the Kalmius River basin.

### Введение

Водохранилища представляют собой озеровидные антропогенные объекты, изначально созданные для нужд деятельности человека, позволяющие преобразовывать гидросферу и налаживать водные ресурсы в необходимом для общества направлении. Согласно классификации водных объектов стран СНГ [1, с. 15–20], к водохранилищам относят водоёмы, имеющие объём не менее 1 млн м<sup>3</sup> [2, с. 8–9]. Исторически главная цель создания водохранилищ – это ирригация, однако на современном этапе развития человечества водохранилища выполняют ряд более значимых задач. Одна из них – это формирование единой природно-техногенной системы электростанций (ТЭС, ТЭЦ, АЭС, ГРЭС) и прилегающих водоёмов-охладителей.

Так, в северных регионах в соответствии с планом электрификации России в 1920–1930-х годах были созданы водохранилища на базе крупных рек для обеспечения промышленности и населения электроэнергией [2, с. 6–7]. После начала массовой электрификации количество водохранилищ увеличивалось в геометрической прогрессии. Также стоит упомянуть, что в северных регионах водохранилища строили преимущественно для судоходства, водного транспорта, лесосплава, рыбного хозяйства, рекреации и других целей [2, с. 8–9; 3, с. 414].

В южных районах России основной целью создания водохранилищ осталась ирригация, а также орошение земель, при этом водохранилища комплексно выполняют несколько задач: гидроэнергетика, рыбное, коммунальное хозяйство [4, с. 59].

Исторически сложилось так, что Донбасс крайне малообеспечен пресной водой среди регионов СНГ. На это повлияли запасы полезных ископаемых Донецкого угольного бассейна, способствовавшие развитию промышленности и притоку населения [5, с. 58]. На современном этапе водные ресурсы региона сформированы за счёт транзитного притока поверхностных вод по р. Северский Донец и основного притока по р. Кальмиус. Водный баланс рек образует основную часть гидрологических ресурсов, таких как пруды и водохранилища. Меньшую часть составляют отстойники угольных шахт и затопленные карьеры [5, с. 59]. На базе р. Кальмиус создан ряд водохранилищ. В верхнем участке реки близ истока расположено Верхнекальмиусское водохранилище, которое частично используется для питьевого водоснабжения г. Донецка. В среднем участке реки зарегулировано Нижнекальмиусское водохранилище, используемое для городского стока. Ниже в 30 км по течению расположено Старобешевское водохранилище, которое используется как водоем-охладитель Старобешевской ТЭС [6].

По состоянию на 2021 год в Донецком промышленном регионе свою деятельность осуществляли 397 водопотребителей [7, с. 27]. Использование водных ресурсов было распределено в следующей пропорции: промышленность – 126 предприятия (31%), сельское хозяйство – 63 предприятия (16%), в использовании рыбного хозяйства 87 предприятий (22%), коммунальное хозяйство – 33 предприятий (9%), другие отрасли – 88 предприятий (22%) от общего количества водопользователей по отраслям. Вовлечение сельского хозяйства является наиболее опасным для состояния водных ресурсов, т.к. приводит к накоплению в природных водоемах основных биогенов (азота и фосфора), что в свою очередь вызывает увеличение вегетации микроводорослей с прямо пропорциональным ростом органического вещества в воде.

Известно [8, с. 4; 9, с. 417], что биологический метод оценки состояния загрязнения органическими веществами водных экосистем основан на изучении динамики развития фитопланктона. Это позволяет оперативно решать задачи обнаружения разных типов антропогенного и естественного загрязнения [10, с. 18; 11, с. 13]. Органическое загрязнение является комплексным показателем, которое имеет гораздо большее воздействие, чем может быть отражено [12, р. 112].

Таким образом, целью работы является определение состояния водохранилищ по концентрации органического загрязнения в водохранилищах, расположенных на р. Кальмиус.

#### Материалы и методы

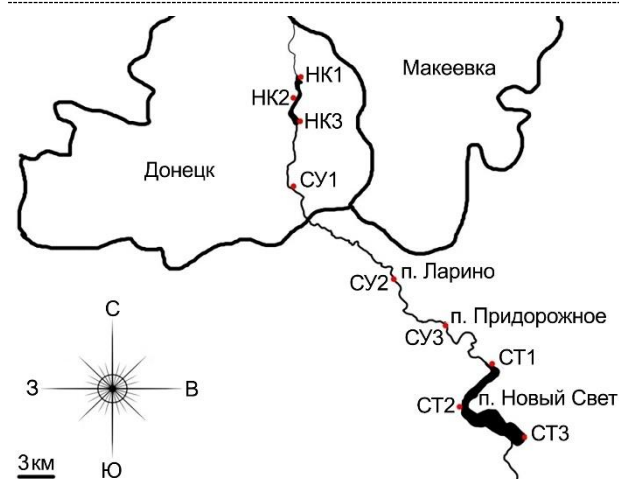
Для проведения исследований было установлено 9 точек отбора проб с разной степенью антропогенной нагрузки (рис. 1). Из них по уровню антропогенного воздействия выделено три участка. Точки, расположенные в г. Донецке на Нижнекальмиусском водохранилище (НК1–3) и средний участок р. Кальмиус (СУ1), точки, расположенные за городом ниже по течению (СУ2–3), и точки, расположенные на водоеме охладителя Старобешевской ТЭС (СТ1–3).

Определение качественного состава фитопланктона проводили в препаратах раздавленной капли с

помощью светового микроскопа МБИ-3, Primo Star Carl Zeiss. Количественные показатели водорослей были установлены в специальной счётной камере Горяева объемом 1 мм<sup>3</sup> [13, с. 186–187]. Для изучения видового состава фитопланктона было проведено сгущение проб с помощью насоса Комовского. Фиксацию проводили 4%-раствором формальдегида [13, с. 177].

В работе проводили расчёт индекса DA<sub>Ipo</sub> для каждой точки отбора, после чего полученные данные были сведены в таблицу 1. Отбор проб осуществляли по общепринятой методике согласно ГОСТ 51592-2000 в 2019 г. [14, с. 68]. Биоиндикационные исследования загрязнения вод основаны на изучении диатомовых водорослей впервые были предложены японским учёным Ватанабе [15, р. 36; 16, р. 383–385; 17, р. 210–211; 18, р. 49–53]. Метод получил название DA<sub>Ipo</sub> (diatom assemblage index to organic water pollution). Ряд ученых на территории СНГ используют комплексный подход к методу биологического анализа качества вод [1, с. 34; 10, с. 17–23; 11, с. 14; 12, р. 107–112].

Метод биоиндикации Ватанабе [1, с. 30; 15, р. 36; 16, р. 383–385; 17, р. 210–211; 18, р. 49–53] основан на шкале устойчивости диатомовых водорослей к органическому загрязнению, что выражается индексе толерантности – D (чем меньше D, тем больше организм имеет устойчивость к наличию органического загрязнения). Стандартная шкала имеет три группы устойчивости: 0 < D < 29 – сапрофилы (sp); 30 < D < 74 – эврисапробы или индифференты (es); 75 < D < 100 – сапроксены (sx). Следовательно, чем меньше DA<sub>Ipo</sub>, тем более загрязнён исследуемый объект.



**Рисунок 1** – Карта-схема расположения точек отбора проб. НК – Нижнекальмиусское водохранилище; СУ – Средний участок р. Кальмиус; СТ – Старобешевское водохранилище

Индекс DA<sub>Ipo</sub> рассчитывали по следующей формуле:

$$DA_{Ipo} = 50 + \frac{1}{2} (\sum_{i=1}^p Xi - \sum_{j=1}^q Si),$$

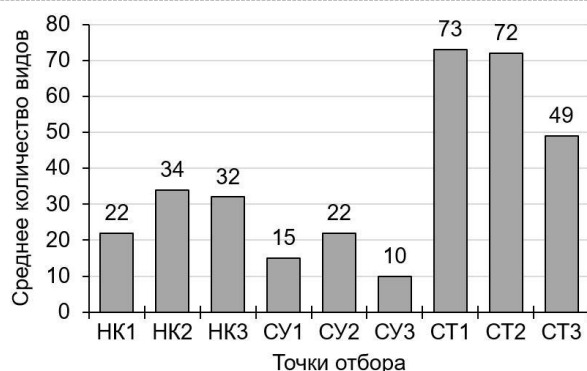
где:  $\sum_{i=1}^p Xi$  – сумма относительной встречаемости видов сапроксенов в точке отбора проб, %;  $p$  – число сапроксенов в точке отбора  $\sum_{j=1}^q Si$ ; сумма относительной встречаемости видов сапрофилов в точке отбора проб, %;  $q$  – число сапрофилов в точке отбора.

Для бассейна р. Кальмиус индекс DA<sub>pro</sub> изменялся в широком диапазоне. Начало шкалы устойчивости к органическому загрязнению была определена для вида *Nitzschia palea* ( $D = 0$ ), конец шкалы для *Cymbella verticosa* ( $D = 100$ ) [16, p. 383–385].

#### Результаты и обсуждение

Проведенные исследования альгофлоры диатомовых водорослей показали, что в водохранилищах бассейна р. Кальмиус идентифицировано 130 видов и внутривидовых таксонов, а систематическая структура включает 3 класса 12 порядков и 16 семейств. Распределение видов по исследуемым участкам р. Кальмиус было неоднородным (рис. 2). Так, максимальное количество идентифицированных видов было определено для Старобешевского водохранилища (точки СУ), что, вероятнее всего, связано с увеличенным вегетационным периодом вследствие притока теплых вод из Старобешевской ТЭС.

Флора диатомовых водорослей р. Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней, имеет высокое видовое разнообразие (индекс Шеннона–Уивера составляет от 1,98 до 4,65 бит/экз.), однако виды, имеющие массовое распространение, незначительны. По уровню встречаемости можно выделить 11 представителей диатомовых водорослей: *Fragilaria intermedia*, *Synedra acus*, *Synedra ulna*, *Diatoma vulgare*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia sigmaidea*, *Cymbella lata*, *Navicula viridis*, *Nitzschia pupula*, *Stephanodiscus hantzschii* var. *hantzschii*, *Melosira varians*. Видовым доминантом по встречаемости является *Nitzschia sigmaidea*, которая в сочетании с видами *Nitzschia pupula*, *Stephanodiscus hantzschii* var. *hantzschii* и *Melosira varians* формирует доминирующие комплексы. При этом *N. sigmaidea* часто является единственным доминантом в альгофлоре, численность составляла от 25 кл/дм<sup>3</sup> до 600 тыс. кл/дм<sup>3</sup>.



**Рисунок 2** – Распределение диатомовых водорослей по точкам отбора на р. Кальмиус

В зимний период состав диатомовых водорослей характеризовался наиболее высоким количеством видов, одновременно встречаемых в одной пробе. Старобешевское водохранилище не покрывается ледоставом, вследствие чего в январе 2019 г. было обнаружено 16 видов и внутривидовых таксонов диатомовых водорослей. Средний видовой показатель варьирует от 8 до 16 видов для индивидуальной пробы. Численность фитопланктона не превышает 5 тыс. кл/дм<sup>3</sup>, биомасса в среднем составляла 100 мг/дм<sup>3</sup>. При этом максимальное значение количественных показателей было отмечено преимущественно для декабря, т.к. за счёт притока подогретых вод диато-

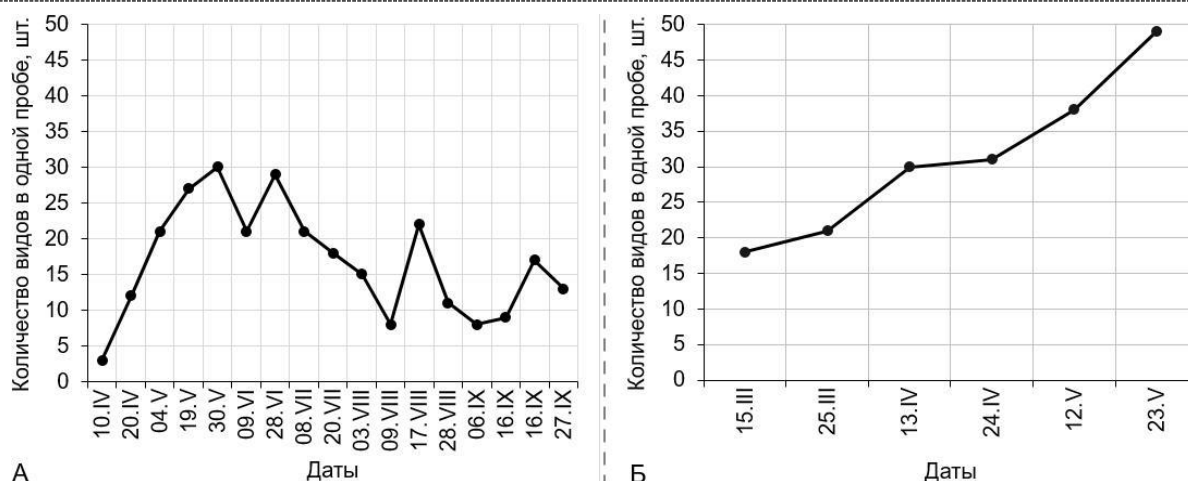
мовые водоросли имеют удлинённый вегетационный период.

*Весенний период* характеризуется экспоненциальным ростом видового состава диатомовых водорослей (что особенно выражено в Нижнекальмиусском водохранилище) (рис. 3: А). Удельная скорость роста популяции имела 270% (за 1 декаду). В марте-апреле коэффициент роста ( $r$ ) составлял 0,9522 бит/экз. Предел роста количества видов заканчивался в мае увеличением температуры и, как следствие, уменьшением концентрации растворённого кислорода в воде (рис. 3: Б). Численность клеток диатомовых водорослей по исследуемым водохранилищам варьировала от 15,8 тыс. кл/дм<sup>3</sup> до 700 тыс. кл/дм<sup>3</sup>, а биомасса не превышала 300 мг/дм<sup>3</sup>. В данный период наиболее часто встречались виды: *Cymbella lata* var. *lata*, *Diatoma elongatum* var. *elongatum*, *Fragilaria intermedia*, *Melosira varians*, *Synedra ulna*, *Amphora ovalis* var. *ovalis*, *Cymatopleura solea* var. *gracilis*.

*Летний период* характеризовался уменьшением популяции видов диатомовых водорослей по сравнению с весенним, что связано с воздействием летнего термоклина. В наблюдаемый период по исследуемым водохранилищам, доминирующим по количеству видов, был определен средний слой, глубиной >2 м, где наиболее часто встречали: *Amphiprora alata*, *Amphora ovalis* var. *ovalis*, *Cymbella lata* var. *lata*, *Melosira varians*, *Navicula planctetula* f. *rostrata*, *Navicula pupula* var. *pupula*. Виды, вызывавшие массовое развитие: *Bacillaria paradoxa* (июль 2019 г. >60 колоний и отдельных клеток в одной пробе) и *Cyclotella bodaniga* (июнь 2018–2019 гг. >120 клеток в пробе). Средняя численность клеток диатомовых водорослей составляла от 25 тыс. кл/дм<sup>3</sup> до 1 млн кл/дм<sup>3</sup>, а биомасса не превышала 900 мг/дм<sup>3</sup>.

*Осенний период* имел среднюю скорость роста популяции диатомовых водорослей (120–260%) по сравнению с весенним. Коэффициент роста ( $r$ ) составлял 0,2135. Наблюдаемое увеличение индекса видового разнообразия диатомовых было характерно для второй декады октября, что вызвано поступлением стоков автохтонного и аллохтонного происхождения. Данное наблюдение не характерно для осени 2019 г., когда в октябре в Старобешевском водохранилище было отмечено максимальное однопиковое количество видов (1,4 млн кл/дм<sup>3</sup>), встречаемых в летний и осенний период во всех наблюдаемых точках. Осеннее похолодание и изменение температуры поверхностного слоя приводило к вертикальной стратификации вод, что увеличивало количество бентосных видов, начиная с первой декады ноября. Численность диатомовых постепенно снижалась до 5–12 тыс. кл/дм<sup>3</sup>, а биомасса не превышала 150 мг/дм<sup>3</sup>. При этом только в Старобешевском водохранилище средняя численность диатомовых поддерживалась на уровне 100–200 тыс. кл/дм<sup>3</sup>.

Для исследованных водоёмов значение индекса DA<sub>pro</sub> варьировало в пределах от 35,64 до 79,21% (табл. 1). В точках Нижнекальмиусского водохранилища значение индекса не превышало 60,83%. В исследуемый период характерно наличие в фитопланктоне видов рода *Nitzschia*, которые являются индикаторами органического загрязнения. Также стоит отметить высокую численность видов *Stephanodiscus hantzschii* ( $D = 50$ ), *Cyclotella kuetzingiana* ( $D = 32,9$ ), которые относятся к сапрофитам, т.е. устойчивыми к органическому загрязнению.



**Рисунок 3** – Динамика развития диатомовых водорослей в искусственных водохранилищах бассейна р. Кальмиус. А – апрель–сентябрь 2019 г., Старобешевское водохранилище; Б – март–май 2019 г., Нижнекальмиусское водохранилище

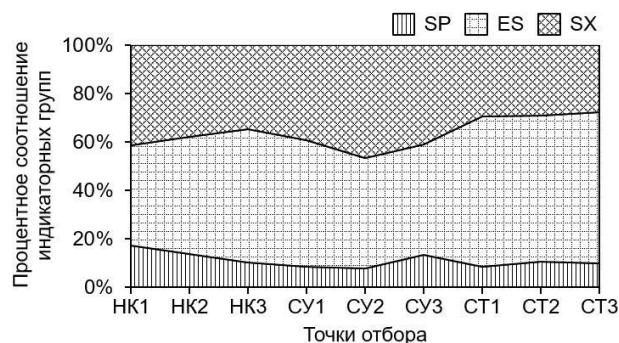
**Таблица 1** – Индекс DAIpо в бассейне р. Кальмиус, %

| Показатель | Точки отбора проб |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | HK1               | HK2   | HK3   | CY1   | CY2   | CY3   | CT1   | CT2   | CT3   |
| DAIpо      | 60,83             | 58,27 | 35,64 | 73,09 | 79,56 | 78,24 | 81,17 | 79,21 | 78,39 |
| SP         | 17,19             | 13,79 | 10,35 | 8,70  | 7,69  | 13,64 | 8,62  | 10,53 | 9,84  |
| ES         | 41,43             | 48,28 | 55,17 | 52,17 | 45,69 | 45,45 | 62,07 | 60,65 | 62,70 |
| SX         | 41,38             | 37,93 | 34,48 | 39,13 | 46,62 | 40,91 | 29,31 | 28,82 | 27,46 |

*Примечание.* В таблице показано процентное соотношение основных показательных видов для 9 точек отбора р. Кальмиус.

Ниже по среднему течению индекс DAIpо увеличивается до 79,56 преимущественно за счёт присутствия большего числа видов сапроксенов *Achnanthes andicola* (D = 70), *Fragilaria virescens* (D = 70), *Navicula viridula* var. *viridula* (D = 73,9).

В Старобешевском водохранилище определён наиболее высокий индекс DAIpо (81,17%), при этом доминирует процентное содержание сапробионтов. Для исследуемого участка бассейна реки характерно наличие ранее изученных видов, но также стоит выделить наиболее часто встречающиеся диатомовые *Nitzschia kuetzingiana* (D = 73); *Nitzschia sigmaidea* var. *sigmaidea* (D = 72,2), *Navicula radiosa* var. *radiosa* (D = 71,6). Распределение групп индикаторов DAIpо по р. Кальмиус показано на рис. 4.



**Рисунок 4** – Графическое отображение трёх групп индикаторов (SP – сапрофилы; ES – эврисапробы или индифференты; SX – сапроксены) DAIpо. Точки отбора: HK – Нижнекальмиусское водохранилище; CY – средний участок р. Кальмиус; CT – Старобешевское водохранилище

#### Вывод

Таким образом, проведённый анализ развития диатомовых водорослей показал высокую степень биоразнообразия диатомовых в водохранилищах бассейна р. Кальмиус. Анализ состояния водной среды по индексу DAIpо позволил установить концентрацию органического загрязнения. Стоит отметить, что данные по ряду точек не согласуются за счёт несоответствия толерантности индикаторных таксонов, вследствие ряда сопутствующих факторов. Так, например, «цветение» сине-зелёных в Нижнекальмиусском водохранилище выявило ряд несоответствий с общепринятым списком Бариновой и Ватанабе, вид *Nitzschia kuetzingiana* наблюдался во время массового «цветения» сине-зелёных, что является нехарактерным, поскольку обитает в водах с низкой концентрацией органических веществ. Индикацию по сообществам диатомовых водорослей целесообразно проводить преимущественно в текущих водоёмах, т.к. в стоячих водоёмах толерантность к загрязнению у ряда видов повышается.

#### Список литературы:

1. Баринова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
2. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
3. Горохова О.Г. Состав и структура сообществ фитопланктона реки Самары (бассейн Саратовского водохранилища) // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2020. Т. 162, № 3. С. 413–429. DOI: 10.26907/2542-064x.2020.3.413-429.
4. Бурдин Е.А. Волжская ирригация: миф или реальность? // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2012. № 1 (57). С. 58–60.

5. Бунтовский С.Ю. История Донбасса: научно-популярное издание. Донецк: Донбасская Русь, 2016. 545 с.
6. Государственный водный реестр [Электронный ресурс] // Государственный комитет водного и рыбного хозяйства Донецкой Народной Республики. <https://gkvrh.dnr.ru/gosudarstvennyj-vodnyj-reestr>.
7. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Донецкой Народной Республики за 2021 год. Донецк, 2022. 89 с.
8. Макрушин А.В. Биологический анализ качества вод / под ред. Г.Г. Винберга. Л., 1974. 60 с.
9. Константинов А.С. Общая гидробиология: учеб. пособие. 4-е изд., перераб. М.: Высшая школа, 1986. 472 с.
10. Мирненко Э.И. Оценка загрязнения органическими соединениями прудов г. Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2017. № 3–4. С. 17–23.
11. Мирненко Э.И., Касько А.А. Оценка состояния водохранилищ Донбасса по показателям степени сапробности // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2020. № 1–2. С. 12–17.
12. Suresh S., Aravinda H.B., Thirumala S. Phytoplankton for biomonitoring or organic pollution in two tanks of Davangere district, Karnataka, India // South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment. 2011. Vol. 2, № 2. P. 107–112.
13. Вассер С.П. Водоросли. Справочник / отв. ред. С.П. Вассер. Киев: Наук, думка, 1989. 608 с.
14. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: энц. справочник. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Протектор, 2000. 848 с.
15. Asai K., Watanabe T. Statistic classification of epilithic diatom species into three ecological groups relating to organic water pollution. 2. Saprophilous and saproxenous taxa // Diatom. 1995. Vol. 10. P. 35–47. DOI: 10.11464/diatom1985.10.0\_35.
16. Watanabe T., Asai K. Diatoms on the pH gradient from 1,0 to 12,5 // Proceedings of the 14 International Diatom Symposium. Koenigstein: Koeltz Scientific Books, 1999. P. 383–412.
17. Watanabe T., Asai K., Houki A. Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage – diatom assemblage index (DAIpo) // The Science of the Total Environment. 1986. Vol. 55. P. 209–218. DOI: 10.1016/0048-9697(86)90180-4.
18. Watanabe T., Asai K., Houki A. Biological information closely related to the numerical index DAIpo (Diatom Assemblage Index to organic water pollution) // Diatom. 1988. Vol. 4. P. 49–60. DOI: 10.11464/diatom1985.4.0\_49.

| Информация об авторе(-ах):                                                                                                                                                                                                                           | Information about the author(-s):                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Мирненко Эдуард Игоревич</b>, старший преподаватель кафедры ботаники и экологии; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Российская Федерация).<br/>E-mail: <a href="mailto:eduard_mirnenko@list.ru">eduard_mirnenko@list.ru</a>.</p> | <p><b>Mirnenko Eduard Igorevich</b>, senior lecturer of Botany and Ecology Department; Donetsk State University (Donetsk, Russian Federation).<br/>E-mail: <a href="mailto:eduard_mirnenko@list.ru">eduard_mirnenko@list.ru</a>.</p> |

**Для цитирования:**

Мирненко Э.И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 1. С. 82–86. DOI: 10.55355/snv2023121112.