



ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ КРЫНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ И ФЛУОРИМЕТРИИ

© 2026

Чуфицкий С.В., Беспалова С.В., Романчук С.М., Аникина Е.А.
Донецкий государственный университет (г. Донецк, Россия)

Аннотация. В статье рассматривается возможность применения флуориметрического анализа фотосинтетической активности фитопланктона при оценке токсичности природных проб воды методом биотестирования на культуре клеток *Chlorella vulgaris*. В исследовании проводилась оценка токсичности проб воды из реки Крынка, ее притоков – рек Ольховка, Ольховая, а также Ханженковского, Ольховского и Зуевского водохранилищ, которые являются источниками водных ресурсов для региона. Включение флуориметрической оценки фотосинтетической активности клеток фитопланктона по кривым индукции флуоресценции хлорофилла дает возможность более детально изучить изменение состояния тест-объекта. Биотестирование выполняли на культуре зеленых микроводорослей *Chlorella vulgaris*. В ходе исследования выявлено снижение интенсивности флуоресценции и фотосинтетического индекса клеток водорослей при культивировании на фильтрате из всех мониторинговых точек. Установлено острое токсическое действие для проб воды из Ханженковского и Ольховского водохранилищ, а также хроническое токсическое действие для Зуевского водохранилища. Ухудшение качества поверхностных вод в водохранилищах связано не только с попаданием шахтных вод, но и с интенсивным водопользованием, которое приводит к значительному снижению уровня воды и гибели гидробионтов. Полученные результаты могут стать основой для дальнейшего проведения мониторинговых исследований поверхностных вод, с целью выявления и устранения факторов, оказывающих негативное воздействие на реки и водохранилища региона.

Ключевые слова: биотестирование; флуоресценция; кривые индукции флуоресценции; река Крынка; Ханженковское водохранилище; Ольховское водохранилище; Зуевское водохранилище; *Chlorella vulgaris*.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE SURFACE WATERS OF THE KRYNKA RIVER USING BIOTESTING AND FLUORIMETRY METHODS

© 2026

Chufitskiy S.V., Bepalova S.V., Romanchuk S.M., Anikina E.A.
Donetsk State University (Donetsk, Russia)

Abstract. The article considers the possibility of using fluorimetric analysis of photosynthetic activity of phytoplankton in assessing the toxicity of natural water samples by biotesting on *Chlorella vulgaris* culture. The study assessed the toxicity of water samples from the Krynka River, its tributaries – the Olkhovka and Olkhovaya Rivers, as well as the Khanzhenkovskoye, Olkhovskoye and Zuyevskoye Reservoirs, which are sources of water resources for the region. The inclusion of a fluorimetric assessment of the photosynthetic activity of phytoplankton cells using chlorophyll fluorescence induction curves makes it possible to study in more detail the change in the state of the test object. Biotesting was performed on a culture of green microalgae *Chlorella vulgaris*. The study revealed a decrease in the fluorescence intensity and photosynthetic index of algae cells when cultured on filtrate from all monitoring points. Acute toxic effects have been established for water samples from the Khanzhenkovskoye and Olkhovskoye Reservoirs, as well as chronic toxic effects for the Zuyevskoye Reservoir. The deterioration of surface water quality in reservoirs is associated not only with the ingress of mine waters, but also with intensive water use, which leads to a significant decrease in water levels and the death of aquatic organisms. The results obtained can become the basis for further monitoring studies of surface waters in order to identify and eliminate factors that have a negative impact on rivers and reservoirs in the region.

Keywords: biotesting; fluorescence; fluorescence induction curves; Krynka River; Khanzhenkovskoye Reservoir; Olkhovskoye Reservoir; Zuyevskoye Reservoir; *Chlorella vulgaris*.

Введение

Проблема водообеспечения Донецкой области остается актуальной на сегодняшний день. Основным источником обеспечения питьевой водой служил канал «Северский Донец – Донбасс», прекративший свое функционирование в 2022 году [1, с. 24]. Это привело к сильному дефициту воды и ухудшению качества жизни населения [2, с. 42]. Весной 2023 года был запущен новый водовод «Дон – Северский Донец», который лишь частично решил проблему водообеспечения [2, с. 42; 3, с. 114]. Наполнение бассейнов рек региона, во многом, обеспечивается за счет шахтных, подземных и карьерных вод [4, с. 118], что в значительной мере сказывается на физико-химическом составе воды. Основные реки Донбасса (Кальмиус, Крынка, Грузской Еланчик, Берда) отличаются повышенной жёсткостью, высоким содержанием взвешенного вещества, сульфатов и тяжелых металлов [5, с. 14; 6, с. 78; 7–9]. Природных водных ресурсов региона, даже с учетом нового водо-

вода, недостаточно для того, чтобы в полной мере обеспечить и удовлетворить потребности населения [10]. Активное потребление воды, приводящее к обмелению рек и водохранилищ, их загрязнение предприятиями тяжелой и угольной промышленности, сбрасывающих недостаточно очищенные шахтные воды от тяжелых металлов, приводит к ухудшению их состояния [11, с. 32]. В связи с этим, возникает необходимость в проведении постоянного экологического мониторинга состояния природных водных объектов, разработке методов быстрой оценки и анализа качества природных поверхностных вод [12, с. 6]. Одним из способов решения данной проблемы является метод биотестирования, представляющий собой процесс установления токсического действия компонентов исследуемой среды на живой тест-организм [12, с. 6]. Преимущества метода заключаются в его доступности, высокой чувствительности тест-организмов к низким концентрациям токсичных веществ, отсутствию потребности в дорогостоящих реактивах и оборудовании. Одним из недостатков данного метода, является проведение анализа на изолированных группах организмов, которые могут иметь ограниченные физиологические и поведенческие реакции [13, с. 897]. Наиболее часто в качестве тест-организмов используют культуры микроводорослей *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus quadricauda* [14, с. 57; 15, с. 70], а также отдельные виды зоопланктона *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis* [16, с. 28; 17; 18, с. 38]. Для Донецкого региона оценка антропогенного воздействия, как правило, проводится по состоянию высших растений [19–21].

Целью данной работы являлась оценка качества состояния р. Крынка с применением методов биотестирования и флуориметрического анализа на культуре клеток *Chlorella vulgaris*.

Материалы и методика исследований

При проведении исследования рассматривали участок русла реки Крынка между населенными пунктами Нижняя Крынка и Шахтное, включая левый приток – реку Ольховую. В русле реки Крынка находятся водохранилища питьевого (Ханженковское, Ольховское) и технического (Зуевское) назначения. Для проведения мониторинга водных объектов всего было выделено 9 мониторинговых точек (рис. 1).

Мониторинговая точка 1 располагалась около н.п. Нижняя Крынка до впадения реки Крынка в Ханженковское водохранилище. Точка 2 соответствовала нижней части Ханженковского водохранилища, точка 3 находилась около н.п. Ольховка на реке Ольховка, которая является северным притоком Ольховского водохранилища. Данная река подвержена негативному воздействию шахтных вод. Мониторинговая точка 4 располагалась в русле реки Ольховая, после Ольховского водохранилища. Мониторинговая точка 5 соответствовала Ольховскому водохранилищу около дамбы. На территории н.п. Зуевка река Ольховая впадает в реку Крынка (точка 6), на данном участке происходит смешивание вод из Ханженковского и Ольховского водохранилищ. Далее река Крынка впадает в Зуевское водохранилище, на территории которого было выделено две мониторинговые точки: в верховье, около н.п. Водобуд (точка 7) и около дамбы, г. Зугрэс (точка 8). Воду из русла реки Крынка после Зуевского водохранилища отбирали на территории н.п. Шахтное (точка 9).

Для биотестирования отобранные пробы воды предварительно фильтровали через ацетилцеллюлозные мембранные фильтры с диаметром пор 0,6 мкм с целью удаления природного фитопланктона и зоопланктона. При оценке токсичности проб воды за основу были взяты рекомендации Р 52.24.808-2014 [22]. Токсичность проб выявляли при непрерывном биотестировании. Содержание хлорофилла *a* в исследуемых пробах оценивали по флуоресценции клеток тест-культуры, подсчет численности клеток выполняли в камере Горяева. Методику биотестирования [22] дополняли анализом фотосинтетической активности [23; 24] – для исследуемых проб выполняли регистрацию кривых индукции флуоресценции хлорофилла при помощи лабораторного флуориметра ФС-2, разработанного на базе Донецкого государственного университета. Биотестирование выполняли для каждой мониторинговой точки не менее, чем в трех повторностях на предварительно выращенной лабораторной культуре клеток *Chlorella vulgaris*.

Токсичность проб воды определяли по изменению коэффициентов прироста концентрации хлорофилла и численности клеток в тест-культуре микроводорослей. Если коэффициенты прироста достоверно отклонялись от контрольных значений, констатировали токсическое действие фильтрата из исследуемой мониторинговой точки [22]. Если отклонение показателей прироста тест-культуры происходило спустя 24 часа культивирования, токсическое действие фильтрата считали острым, если спустя 96 часов – хроническим.

В ходе эксперимента, регистрировали и анализировали полученные кривые индукции флуоресценции с помощью программы RuPhotoSyn [25]. определяя следующие параметры [26, с. 85–95]:

F_0 – минимальный уровень флуоресценции, соответствующий состоянию, когда все реакционные центры (РЦ) фотосистемы II (ФС II) открыты;

F_m – максимальный уровень флуоресценции, соответствующий состоянию, когда все реакционные центры (РЦ) фотосистемы II (ФС II) закрыты;

$F_0 = (F_m - F_0) / F_m$ – квантовый выход флуоресценции, показатель эффективности протекания первичной фотохимической реакции в ФС II;

F_t – флуоресценция, излучаемая в момент времени t ;

F_J – флуоресценция, измеренная на 2 мс во время фазы J;

F_I – флуоресценция, измеренная на 30 мс, после начала освещения – во время фазы I;

$V_J = (F_J - F_0) / (F_m - F_0)$ – относительная величина переменной флуоресценции в фазе J после 2 мс освещения (отражает количество закрытых РЦ по отношению к общему числу РЦ, которые могут быть закрыты);

$V_I = (F_I - F_0) / (F_m - F_0)$ – относительная величина переменной флуоресценции во время фазы I (30 мс), связанную с промежуточным стационарным уровнем восстановления пула пластохинонов (отражает способность ФС I и ее акцепторов окислять PQH₂);

PI – показатель функциональной активности ФС II, ФС I и цепи переноса электронов между ними;
 RE_0 / ET_0 – эффективность, с которой поглощенный электрон ФС II передается от $Q\dot{O}_2$ к акцепторам ФС I;
 RE_0 / TR_0 – эффективность, с которой поглощенный электрон ФС II передается акцепторам ФС I;
 Dl_0 / ABS – квантовый выход энергии диссипации в ФС II;
 ET_0 / RC – поток электронов, переносимых через один активный реакционный центр;
 RE_0 / RC – поток электронов, переносимых через один активный реакционный центр и редуцирующих крайние акцепторы на акцепторной стороне ФС I.

Достоверность отличий средних значений полученных данных определяли с использованием критерия Вилкоксона [27, с. 54–57].

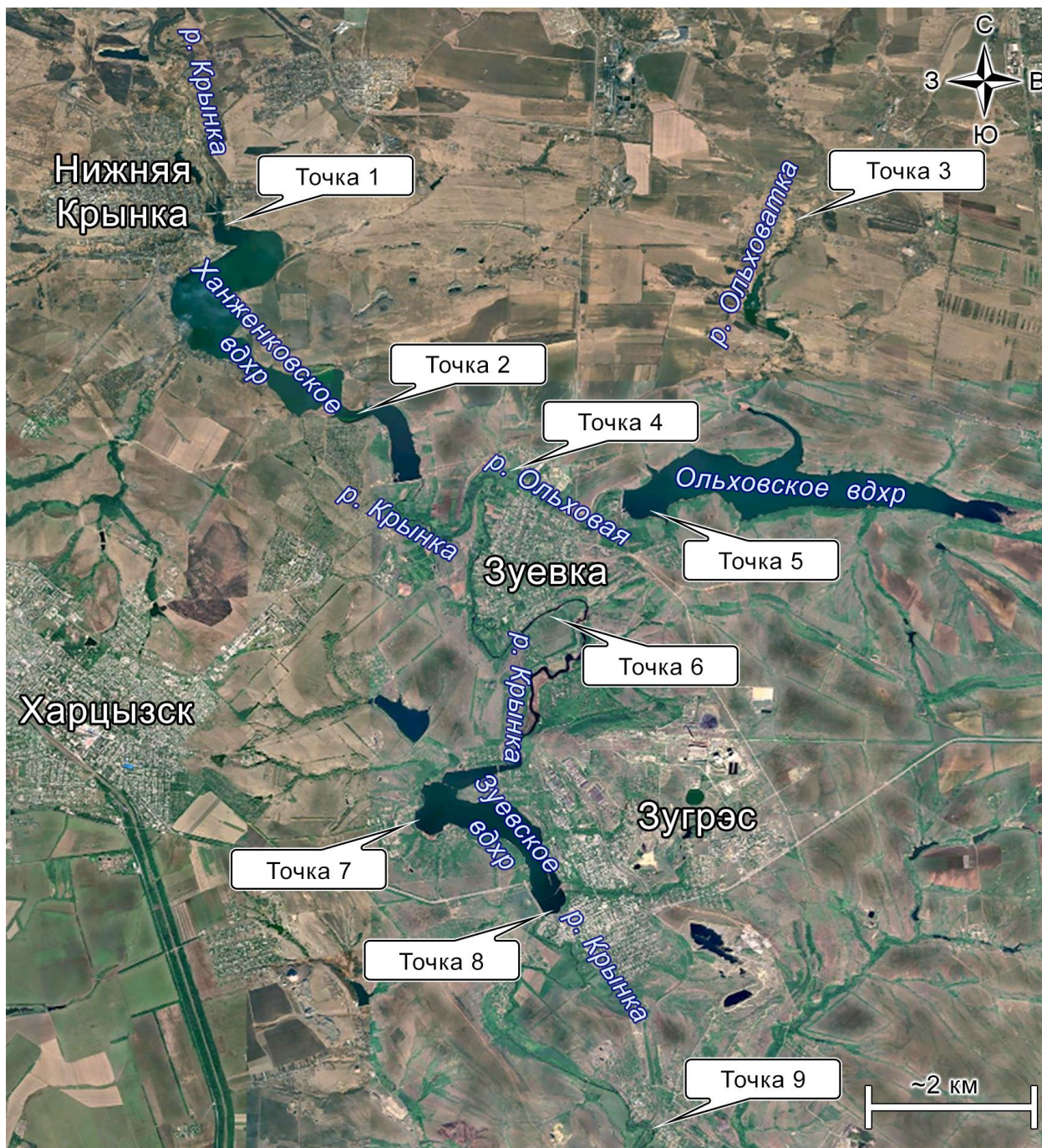


Рисунок 1 – Мониторинговые точки участка русла реки Крынка

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка токсичности проб воды методом биотестирования на культуре клеток *Chlorella vulgaris*

Согласно результатам биотестирования (табл. 1) после 24 часов экспозиции, острое токсическое действие (ОТД) было выявлено для фильтрата из нижней части Ханженковского (точка 3) и Ольховского (точка 5) водохранилищ, и места впадения р. Ольховая в р. Крынка (точка 6). Также, для данных точек прирост хлорофилла выходил за границы нормы. Для мониторинговых точек 4 и 9 не удалось получить статистически значимое отличие от контроля.

Таблица 1 – Результаты биотестирования токсичности проб воды

Исследуемые пробы	Токсическое действие	Исследуемые пробы	Токсическое действие
24 часа		96 часов	
Точка 1	нет ОТД	Точка 1	ХТД
Точка 2	нет ОТД	Точка 2	нет ХТД
Точка 3	ОТД	Точка 3	–
Точка 4	нет ОТД	Точка 4	ХТД
Точка 5	ОТД	Точка 5	–
Точка 6	ОТД	Точка 6	–
Точка 7	нет ОТД	Точка 7	ХТД
Точка 8	нет ОТД	Точка 8	нет ХТД
Точка 9	нет ОТД	Точка 9	ХТД

После 96 часов экспозиции хроническое токсическое действие (ХТД) было выявлено для р. Крынки до Ханженковского (точка 1) и после Зуевского (точка 9) водохранилищ, р. Ольховка после Ольховского водохранилища (точка 4) и верховья Зуевского водохранилища (точка 7). Для данных мониторинговых точек наблюдалось достоверное отличие в численности клеток и увеличение прироста хлорофилла.

Анализ фотосинтетической активности тест-культуры Chlorella vulgaris

На рисунках 2 и 3 представлены лепестковые диаграммы параметров ОЖР-теста мониторинговых точек после 24 часов биотестирования. Для более удобного отображения мониторинговые точки поделены на отдельные диаграммы (рис. 2: Б; рис. 3: А, Б). Тест-культура микроводорослей в фильтрате из русла реки Ольховая (точка 4) отличалась высокой интенсивностью передачи электронов от ФС II и пула пластохинонов к ФС I (параметры ET_0/RC , RE_0/RC и V_i), а также высокой долей закрытых реакционных центров ФС II (V_j) (рис. 2: Б). Параметры максимальной и минимальной флуоресценции, фотосинтетический индекс, квантовый выход флуоресценции, а также эффективность передачи поглощения электронов ФС II (RE_0/ET_0 и RE_0/TR_0) имели низкие показатели.

Клетки *Chlorella vulgaris*, культивируемые на фильтрате из реки Ольховка (точка 3) и места слияния вод из Ханженковского и Ольховского водохранилищ (точка 6) отличались низкой интенсивностью флуоресценции, а также снижением квантового выхода и увеличением тепловой диссипации в антенных комплексах ФС II (DI_0/ABS). Значение параметра (V_j) для точки 3 было значительно выше, в сравнении с другими мониторинговыми точками.

Для проб из Зуевского водохранилища (точки 7 и 8), было зафиксировано снижение параметров флуоресценции и фотосинтетической активности клеток *Chlorella vulgaris* (рис. 3). Число закрытых РЦ было низким, что отражалось, в уменьшении значений параметров ET_0/RC и RE_0/RC . В сравнении с другими мониторинговыми точками, для низовья Зуевского водохранилища наблюдалось увеличение эффективности переноса электронов между переносчиками ФС II (RE_0/TR_0 и ET_0/TR_0). Для реки Крынка после Зуевского водохранилища (точка 9) наблюдалось снижение параметров F_0 , F_m , PI , V_i . Также снижался поток энергии тепловой диссипации в антенных комплексах ФС II.

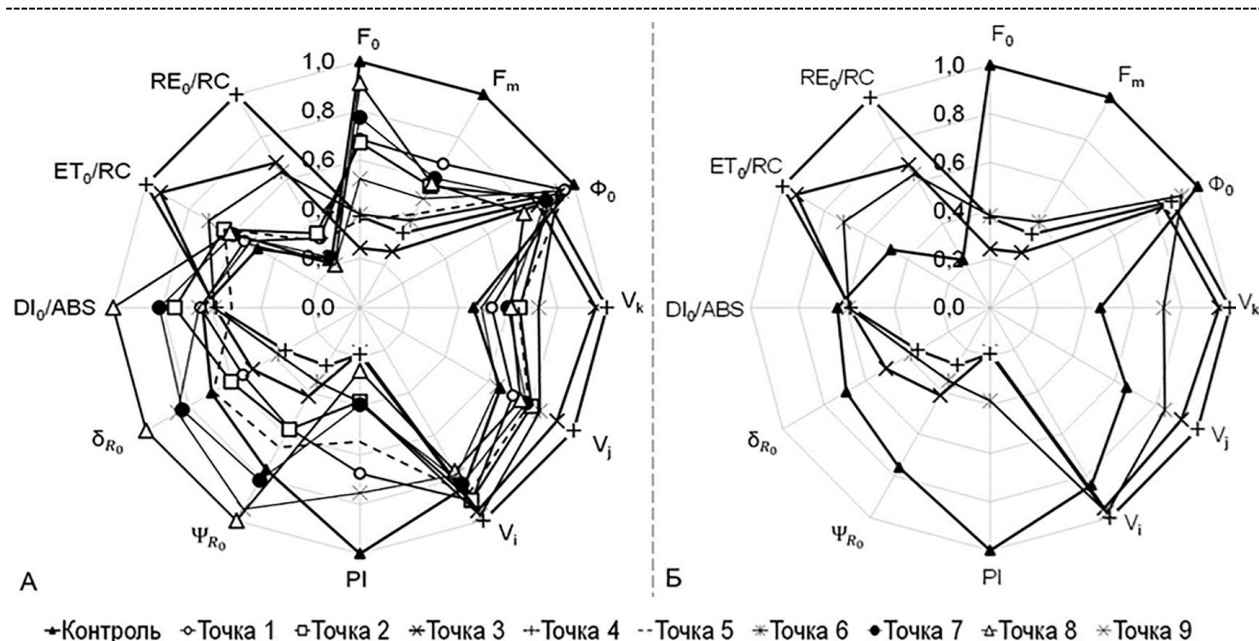


Рисунок 2 – Параметры флуоресценции тест-культуры *Chlorella vulgaris* после 24 часов биотестирования: для всех мониторинговых точек (А); для точек 3, 4, 6 (Б)

Таким образом, после 24 часов экспозиции происходило снижение фотосинтетической активности клеток тест-культуры для всех исследуемых мониторинговых точек. Это выражается в снижении доли активных реакционных центров и снижении эффективности передачи поглощенной световой энергии на уровне фотосистемы II. Фильтрат из Ольховского водохранилища вызывал острое токсическое действие. Полученный результат не согласуется с изменением фотосинтетической активности клеток. Негативное воздействие фильтрата из Ханженковского водохранилища вызывало снижение фотосинтетической активности тест-культуры без значимого снижения прироста хлорофилла.

На рисунках 4 и 5 представлена лепестковая диаграмма параметров ОЛР-теста мониторинговых точек после 96 часов биотестирования. Для реки Крынка до Ханженковского (точка 1) и после Зуевского водохранилищ (точка 9), а также для рек Ольховка (точка 3) и Ольховая (точка 6) было характерно снижение параметров флуоресценции и фотосинтетического индекса (рис. 4: Б).

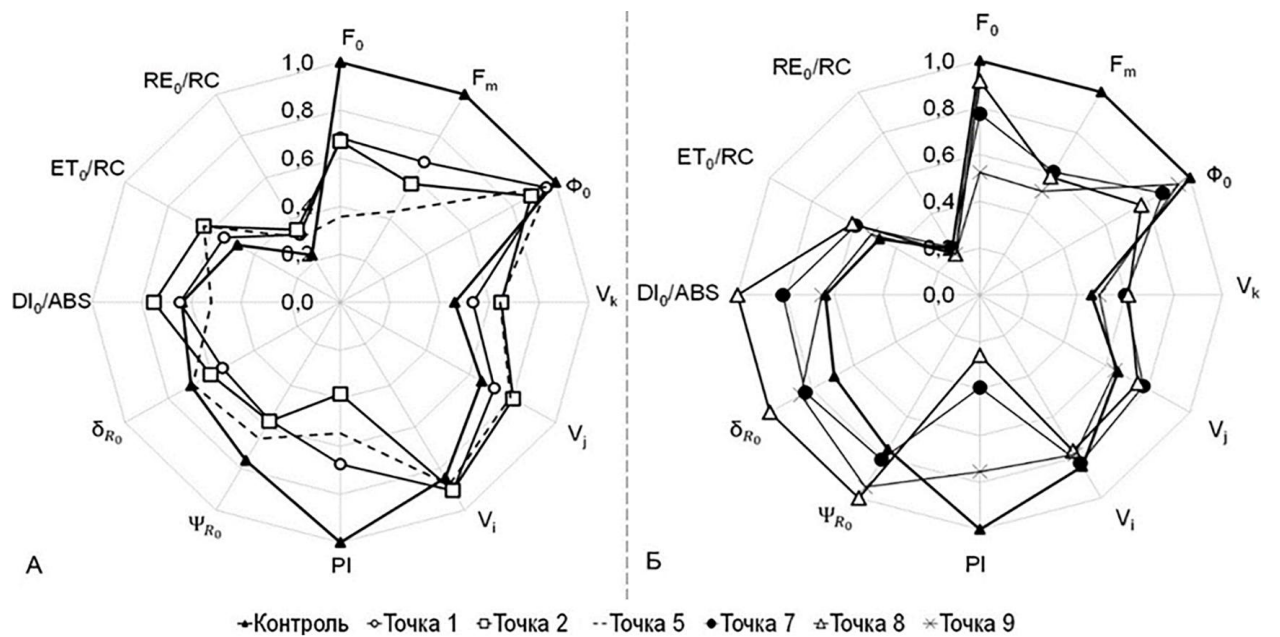


Рисунок 3 – Параметры флуоресценции тест-культуры *Chlorella vulgaris* после 24 часов биотестирования: для Ханженковского (точки 1 и 2) и Ольховского (точка 5) водохранилищ (А); для Зуевского водохранилища (точки 7, 8) и р. Крынка (точка 9) (Б)

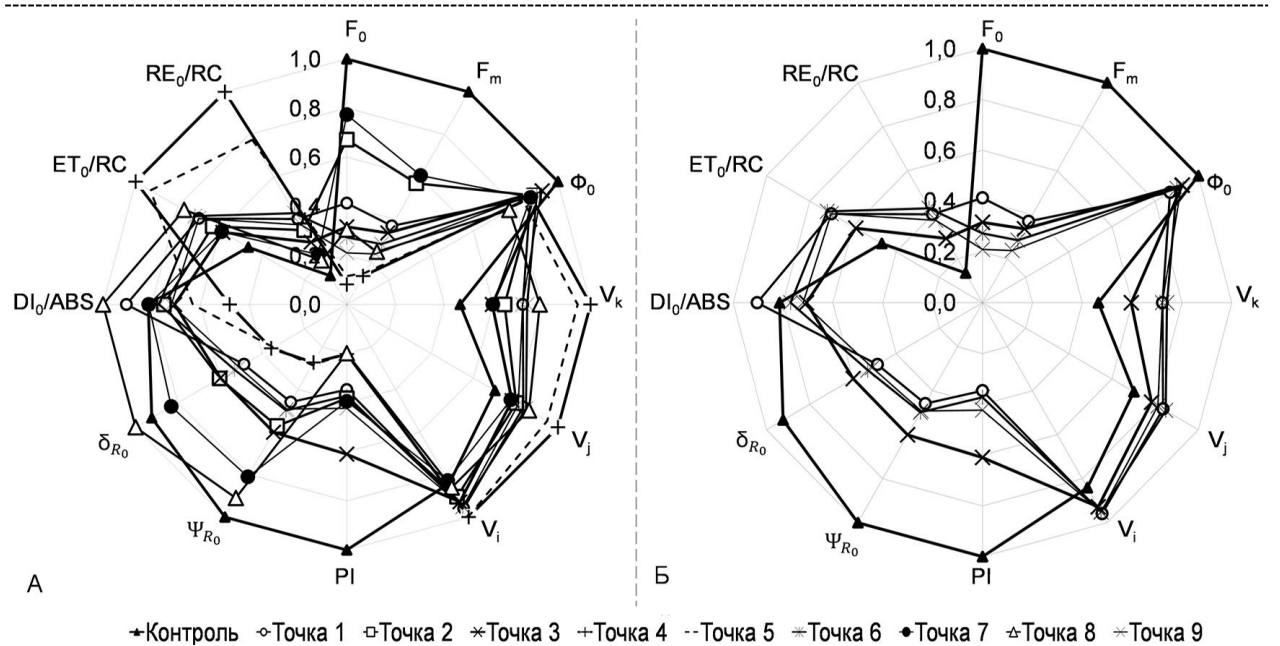


Рисунок 4 – Параметры флуоресценции тест-культуры *Chlorella vulgaris* после 96 часов биотестирования: для всех мониторинговых точек (А); для рек Крынка (точки 1, 6 и 9) и Ольховка (точка 4) (Б)

Параметры RE_0 / ET_0 и RE_0 / TR_0 имели также низкое значение для всех мониторинговых точек. Для точки 1 наблюдалось увеличение процессов тепловой диссипации (DI_0 / ABS). Значительное угнетение фотосинтетической активности клеток *Chlorella vulgaris* согласуется с результатами стандартной методики биотестирования (табл. 1), поскольку для данных проб выявлено токсическое действие.

Для проб из низовья Ханженковского водохранилища (точка 2) и Зуевского водохранилища (точки 7 и 8) наблюдалось снижение параметров F_0 , F_m , PI , V_i (рис. 5). Увеличение доли закрытых реакционных центров приводило к снижению эффективности переноса электронов по электрон-транспортной цепи между фотосистемами I и II.

Для низовья Ханженковского водохранилища наблюдалось увеличение квантового выхода энергии диссипации в антенне ФС II и параметров RE_0 / ET_0 и RE_0 / TR_0 . Для русла реки Ольховая (точка 4) и Ольховского водохранилища (точка 5) было характерно увеличение параметра (V_j) и как следствие, увеличение потоков электронов в сторону ФС I (ET_0 / RC и RE_0 / RC), однако, эффективность переноса электронов между переносчиками ФС II была довольно низкой. Значения параметров минимальной и максимальной флуоресценции, фотосинтетического индекса, квантового выхода флуоресценции и энергии диссипации были низкими.

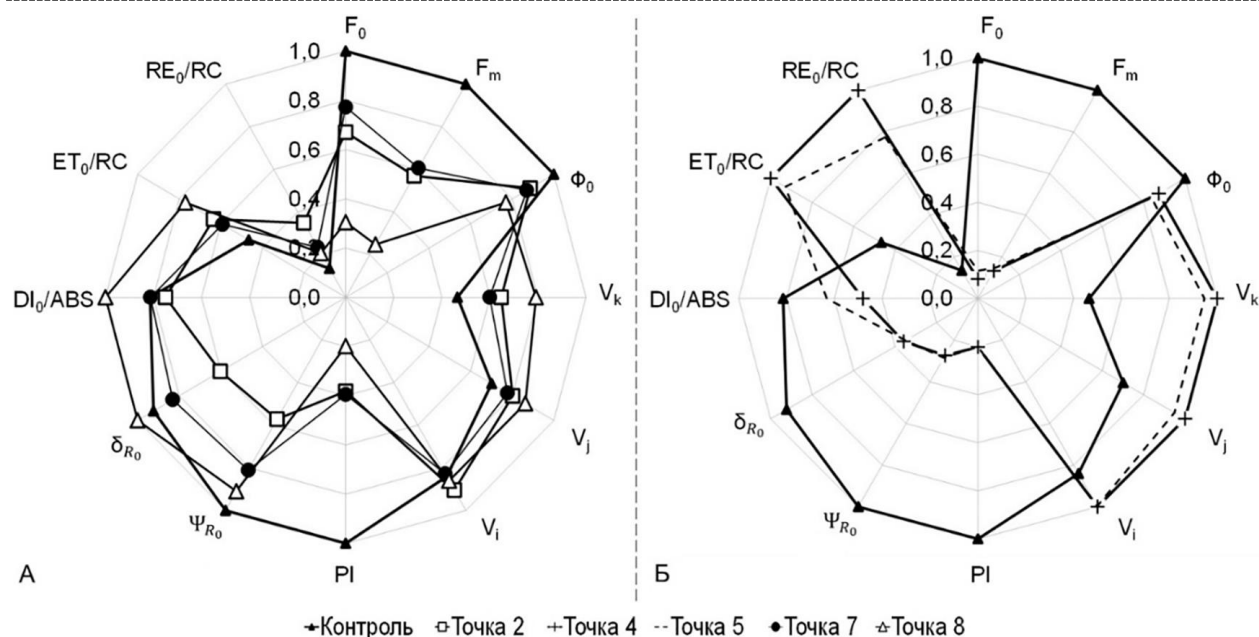


Рисунок 5 – Параметры флуоресценции тест-культуры *Chlorella vulgaris* после 96 часов биотестирования: для проб из Ханженковского (точка 2) и Зуевского (точки 7 и 8) водохранилищ (А); для Ольховского водохранилища (точка 4) и реки Ольховая (точка 5) (Б)

Заключение

В ходе биотестирования на культуре *Chlorella vulgaris* для всех мониторинговых точек было установлено снижение уровня флуоресценции и фотосинтетической активности клеток. Острое токсическое действие было выявлено для фильтрата из нижней части Ханженковского (точка 3) и Ольховского (точка 5) водохранилищ, и места впадения р. Ольховая в р. Крынка (точка 6). Хроническое токсическое действие было выявлено для р. Крынка (точки 1 и 9), р. Ольховая (точка 4) и верховья Зуевского водохранилища (точка 7). Результаты определения фотосинтетической активности не согласуются с показателями прироста численности и хлорофилла, поскольку негативное воздействие на фотосинтетический аппарат водорослей наблюдалось и для проб, не оказывающих явного токсического действия на численность клеток и концентрацию хлорофилла. При увеличении длительности экспозиции происходило снижение общего фотосинтетического индекса производительности (PI). Таким образом, параметры флуоресценции служили маркерами негативного воздействия водной среды на тест-культуру.

Результаты биотестирования отражают значительную степень загрязнения поверхностных вод реки Крынка, ее притоков и водохранилищ.

Список источников:

1. Ветров С.Ф., Клишкан Д.Г., Андреев Р.Н., Крапивин С.С., Колосова О.В., Тарануха С.В., Выхованец Ю.Г., Максимова М.А., Зинченко К.В. Гигиеническая оценка питьевого водообеспечения населения Донецкой Народной Республики: проблемы и пути их решения // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2024. № 2 (55). С. 23–31. DOI: 10.24412/2227-1384-2024-255-23-31.

2. Кочура И.В. Перспективы использования шахтных вод Донбасса: инновационная стратегия и экономическая эффективность // Вестник Института экономических исследований. 2025. № 3 (39). С. 41–54.

3. Иванкова Т.В., Фесенко Л.Н., Рожков В.С. Состояние природно-технической системы бассейна реки Грузской Еланчик Донецкой Народной Республики // *Строительство: наука и образование*. 2025. Т. 15, № 2. С. 112–140. DOI: 10.22227/2305-5502.2025.2.7.
4. Головатенко Е.Л. Оценка состояния водных ресурсов на территории Донецкого региона // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2023. № 5 (163). С. 118–125.
5. Алексеева Н.В., Должанов П.Б., Мироненко О.А. Оценка состояния экосистемы реки Грузской Еланчик с использованием гидробиологических и гидрохимических показателей сапробности // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2025. № 7. С. 7–16.
6. Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю. Состояние поверхностных водоемов и их экологические последствия // *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2017. № 2 (124). С. 76–83.
7. Chufitskiy S., Romanchuk S., Meskhi B., Olshevskaya A., Shevchenko V., Odabashyan M., Teplyakova S., Ver-shinina A., Savenkov D. Assessment of surface water quality in the Krynka River basin using fluorescence spectroscopy methods // *Plants*. 2025. Vol. 14, iss. 13. Art. 2014. DOI: 10.3390/plants14132014.
8. Понамарев Ю.Ю., Хазипова В.В. Мониторинг подземных и поверхностных вод в зоне влияния полигона промышленных отходов // *Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования*. 2018. № 1 (1). С. 143–146.
9. Макеева Д.А., Козырь Д.А., Гутовская О.А. Экологический мониторинг состояния водных ресурсов и маловодья реки Кальмиус // *Вести Автомобильно-дорожного института*. 2021. № 3 (38). С. 25–33.
10. Головатенко Е.Л., Савенкова Т.И. Анализ современного состояния запасов пресных водных ресурсов // *Проблемы техносферной и экологической безопасности в промышленности, строительстве и городском хозяйстве: сб. мат-лов II междунар. науч. конф. (15 февраля 2024 г.)*. Макеевка: ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», 2024. С. 336–339.
11. Елизарова О.В. Анализ качества воды из источников централизованного водоснабжения ДНР в современных условиях // *Архив клинической и экспериментальной медицины*. 2023. Т. 32, № 4. С. 32–35.
12. Аникина Е.А. Применение методов биотестирования при оценке состояния водных экосистем // *Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»*. 2025. Т. 1, № 17. С. 6–10.
13. Александрова В.В. Определение качества природных вод методом биотестирования в полевых условиях // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Т. 15, № 3–3. С. 897–899.
14. Тютькова Е.А., Григорьев Ю.С. Чувствительность биотестов на основе водорослей хлорелла и сценедесмус к тяжёлым металлам // *Теоретическая и прикладная экология*. 2014. № 2. С. 57–60.
15. Польшов В.А., Максимова Е.Н., Богданов А.В., Цырендылыкова Л.Б. Оценка чувствительности стандартизированных альгобиотестов на основе зелёных водорослей к действию «модельного» токсиканта // *Вода: химия и экология*. 2024. № 4. С. 70–79.
16. Бакаева Е.Н., Коваленко И.В. Методическая база биотестирования в мониторинге качества вод // *Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг: сб. тр. всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. В 2 т., т. 2 (Ростов-на-Дону, 20–22 сентября 2023 г.)*. Новочеркасск: Лик, 2023. С. 27–33.
17. Олькова А.С. Процедура выбора методов биотестирования в условиях разных видов загрязнения // *Трансформация экосистем*. 2022. Т. 5, № 3 (17). С. 63–75. DOI: 10.23859/estr-220324.
18. Гончарук В.В., Зуй О.В., Мельник Л.А., Мищук Н.А., Наниева А.В., Пелищенко А.В. Оценка физиологической полноценности питьевой воды методом биотестирования // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2021. Т. 29, № 1. С. 35–41. DOI: 10.15372/khur2021275.
19. Сафонов А.И. Опыт фитоиндикационной оценки антропогенных экотопов Донбасса (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2025. № 2. С. 16–29. DOI: 10.25750/1995-4301-2025-2-016-029.
20. Safonov A. Changes in plant CSR strategies under new anthropogenic transformations // *E3S Web of Conferences*. 2025. Vol. 614. Art. 04022. DOI: 10.1051/e3sconf/202561404022.
21. Kornienko V., Pirkó I., Meskhi B., Olshevskaya A., Shevchenko V., Odabashyan M., Teplyakova S., Ver-shinina A., Eroshenko A. Evaluating the vitality of introduced woody plant species in the Donetsk–Makeyevka urban agglomeration // *Plants*. 2025. Vol. 14, iss. 20. Art. 3160. DOI: 10.3390/plants14203160.
22. Р 52.24.808-2014. Оценка токсичности поверхностных вод суши методом биотестирования с использованием хлорофилла *a*. Ростов-на-Дону, 2014. 23 с.
23. Аникина Е.А., Чуфицкий С.В., Романчук С.М., Горбунов Р.И., Сергеева Е.С. Флуориметрическая оценка фотосинтетической активности клеток микроводорослей при проведении биотестирования // *Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки*. 2025. № 4. С. 53–60. DOI: 10.5281/zenodo.17199887.
24. Аникина Е.А., Чуфицкий С.В. Биомониторинг участка русла реки Крынка с применением метода флуориметрии // *Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: мат-лы X междунар. науч. конф., посв. 60-летию создания Донецкого научного центра (Донецк, 5–7 ноября 2025 г.)*. Т. 3: Биологические, химические, медицинские науки и экология / под общ. ред. С.В. Беспаловой. Донецк: Изд-во ДонГУ, 2025. С. 11–13.
25. Antal T., Konyukhov I., Volgusheva A., Plyusnina T., Khrushchev S., Kukarskikh G., Goryachev S., Rubin A. Chlorophyll fluorescence induction and relaxation system for the continuous monitoring of photosynthetic capacity in photobioreactors // *Physiologia Plantarum*. 2019. Vol. 165, iss. 3. P. 476–486. DOI: 10.1111/ppl.12693.

26. Гольцев В.Н., Каладжи М.Х., Кузманова М.А., Аллавердиев С.И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла *a* – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 220 с.

27. Новиков Д.А., Новочадов В.В. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типичные случаи). Волгоград: Издательство ВолГМУ, 2005. 84 с.

Статья публикуется в рамках государственного задания «Комплексная оценка и прогнозирование состояния водных экосистем на основе информации технических средств, биофизических и нейросетевых методов для решения задач экологического мониторинга» (№ FRRE-2026-0024).

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<p>Чуфицкий Сергей Викторович, доцент кафедры физиологии и биофизики; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Россия). E-mail: chufitsky@donnu.ru.</p> <p>Беспалова Светлана Владимировна, доктор физико-математических наук, профессор, ректор; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Россия). E-mail: bespalova@donnu.ru.</p> <p>Романчук Сергей Михайлович, кандидат технических наук, проректор по цифровой трансформации; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Россия). E-mail: s.romanchuk@donnu.ru.</p> <p>Аникина Елизавета Александровна, стажёр-исследователь научно-исследовательской части; Донецкий государственный университет (г. Донецк, Россия). E-mail: elizavetaalexandrovna2505@yandex.ru.</p>	<p>Chufitskiy Sergey Viktorovich, associate professor of Physiology and Biophysics Department; Donetsk State University (Donetsk, Russia). E-mail: chufitsky@donnu.ru.</p> <p>Bespalova Svetlana Vladimirovna, doctor of physical and mathematical sciences, professor, rector; Donetsk State University (Donetsk, Russia). E-mail: bespalova@donnu.ru.</p> <p>Romanchuk Sergey Mikhailovich, candidate of technical sciences, prorector for digital transformation; Donetsk State University (Donetsk, Russia). E-mail: s.romanchuk@donnu.ru.</p> <p>Anikina Elizaveta Alexandrovna, intern researcher of Scientific and Research Department; Donetsk State University (Donetsk, Russia). E-mail: elizavetaalexandrovna2505@yandex.ru.</p>

Для цитирования:

Чуфицкий С.В., Беспалова С.В., Романчук С.М., Аникина Е.А. Оценка качества поверхностных вод реки Крынка с применением методов биотестирования и флуориметрии // Самарский научный вестник. 2026. Т. 15, № 1. С. 53–60. DOI: 10.55355/snv2026151108.