

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЭВТРОФИЦИРОВАННОСТИ МАЛЫХ РЕК
В ОБЛАСТИ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА**

И.В. Овсянникова, Л.Р. Асфандиярова, Г.В. Хакимова, М.С. Лузина

Институт химических технологий и инжиниринга ФГБОУ ВО
«Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке,
РФ, г. Стерлитамак, пр. Октября, 2
E-mail: yunusovagv@gmail.com

Статья посвящена исследованиям по определению эвтрофицированности реки Стерля, которые проводили с целью апробации разработанного метода определения уровня эвтрофикации поверхностных вод рек. Эксперимент проводили по методике определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса проростков семян кресс-салата. Результаты проведенных исследований показывают, что токсичное и эвтрофицирующее действие экосистемы речных вод происходит одновременно, и лучшими индикаторами уровня их эвтрофицированности служат такие параметры как средняя длина (мм) и средний сухой вес (мг) проростков семян кресс-салата.

Ключевые слова: малые реки, эвтрофицирование, биотестирование, всхожесть, корреляция, токсичность, тест-объект.

Поступила в редакцию: 27.03.2023. После доработки: 26.04.2023.

Введение. Одной из основных экологических проблем мирового уровня в настоящее время является антропогенное эвтрофирование пресноводных водоемов и водотоков. Если природное эвтрофирование водоемов – это медленный процесс повышения первичной продукции экосистемы и идет на ее благо, то антропогенное эвтрофирование – это быстроразвивающийся процесс, который может привести к полной деградации водной экосистемы [1].

Малые реки, отличаясь от средних и крупных по водности, тем не менее выполняют очень важную экологическую роль, именно они, дренируя большую часть площади водосбора, определяют водность, качество, режим и другие показатели более крупных водотоков. С другой стороны, незначительные их размеры, непосредственный контакт с результатами разносторонней деятельности человека определяют их уязвимость. В долинах рек быстрее и сильнее всего происходят все негативные изменения.

В Республике Башкортостан (РБ) насчитывается более 12,5 тыс. малых рек общей протяженностью около 50 тыс.

км. Они составляют основную часть (99,9% по количеству и 87% – по протяженности) речной сети республики. Продолжительные наблюдения показывают, что в результате необоснованной хозяйственной деятельности происходит повышение мутности, резкое снижение стока малых рек, а также загрязнение сточными водами, имеющими в своем составе тяжелые металлы, нефтепродукты, сульфаты, нитраты и др., поэтому возникает необходимость в разработке менее затратных интегральных методов оценки состояния экосистемы речных вод [2].

Одними из основных методов данного исследования являются методы фито- и биотестирования, которые дают интегральную оценку анализируемой пробы [3]. Этот интегральный показатель включает совокупность физико-химических параметров, природных условий и отдельных экологических параметров [4].

Основная часть. Исследования по определению уровня эвтрофикации поверхностных вод реки Стерля проводили с целью апробации разработанного ме-

тогда определения уровня эвтрофикации поверхностных вод.

Река Стерля — левый приток Ашкандара. Начало берет западнее с. Стерлибашево и течет на всем протяжении на северо-восток по Стерлибашевскому и Стерлитамакскому районам до устья в черте г. Стерлитамак, длина реки составляет 94 км [4]. Отбор проб воды из реки Стерля проводили в феврале, апреле, октябре 2018 г. и в мае 2022 г. в черте города Стерлитама-

ка, являющегося крупным промышленным центром юга РБ (рис. 1). Эксперимент проводили по методике согласно ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013 «Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса проростков семян кресс-салата (*Lepidium sativum*)» [5].



Рис. 1. Отбор проб анализируемых вод из реки Стерля, май 2022 г.
Fig. 1. Sampling of analyzed waters from the Sterlya River, May 2022

Необходимо отметить, что данная методика используется для определения именно токсичности водных объектов, однако используя данный метод можно выявить уровень эвтрофикации водных объектов.

В качестве тест-объекта, согласно методике, использовали семена кресс-салата. Выбор данного растения обусловлен отзывчивостью на токсичность среды трех параметров (всхожести семян, длины проростков и сухого веса проростков).

В чашках Петри на фильтровальную

бумагу укладывали по 30 семян кресс-салата. Далее из анализируемых проб готовили ряд следующих разбавлений: 1:2, 1:4, 1:8 и 1:16. В качестве контрольной пробы и для разбавлений использовали дистиллированную воду. Каждое разбавление и контрольную пробу дублировали в трёх повторностях. В каждую чашку Петри с семенами кресс-салата вносили по 5 мл, анализируемой пробы и приготовленных разбавлений (рис. 2). Результаты всхожести семян кресс-салата представлены в табл. 1.

Таблица 1. Средние значения всхожести семян кресс-салата, %

Период выполнения исследования	Кратность разбавления					
	Неразбавленная проба	1:2	1:4	1:8	1:16	Контроль
Февраль, 2018 г.	100	98,9	100	100	100	100
Апрель, 2018 г.	96,7	100	98,9	95,6	97,8	100
Октябрь, 2018 г.	100	98,9	98,9	100	100	100
Май, 2022 г.	96,7	98,3	95,0	96,7	93,3	100



Рис. 2. Проведение анализа поверхностных вод реки Стерля в лабораторных условиях, май 2022 г.

Fig. 2. Analysis of the surface waters of the Sterlya River in laboratory conditions, May 2022

Всхожесть семян в пробах, отобранных в 2018 г., варьирует в пределах 97–100%, а в пробах, отобранных в мае 2022 г., всхожесть семян составила 93–98,3%. Следует отметить, что всхожесть семян в неразбавленной пробе, отобранной в апреле 2018 г., равна всхожести семян, в пробе, отобранной в мае 2022 года (табл. 1). Ошибка эксперимента составляет не более 3,3%.

Наименьшая длина проростков наблюдается в пробе, отобранной в феврале 2018 г. (рис. 3). В пробах, отобранных в феврале 2018 г, октябре 2018 г. и в

мае 2022 г., с увеличением кратности разбавления длина проростков увеличивается. В отношении длины проростков кресс-салата в данных пробах выявлен токсичный эффект, что подтверждается положительными коэффициентами корреляции (табл. 2). В пробе, отобранной в апреле 2018 г., начиная с 4-х кратного разбавления до 16-тикратного разбавления, длина проростков меняется незначительно. Полученную зависимость (рис. 3) можно объяснить изменением химического состава и качества вод в зависимости от сезона [6].

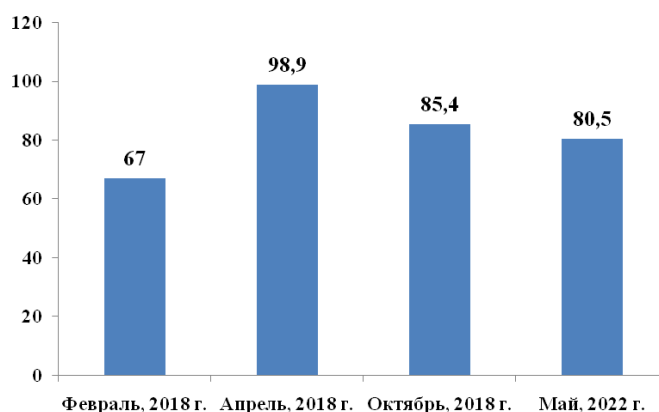


Рис. 3. Динамика изменения средней длины проростка (мм) в неразбавленных пробах, отобранных из реки Стерля

Fig. 3. Dynamics of change in the average seedling length (mm) in undiluted samples Taken from the Sterlya River

Максимальный рост проростков кресс-салата в неразбавленных пробах наблюдался в апреле 2018 г, данная зависимость объясняется с началом снеготаяния, что привело к увеличению количества биогенных веществ в речной воде, в результате чего на среднюю длину растений повлияли факторы эвтрофикации. Следовательно, можно предположить и увеличение выбросов парниковых газов (CO₂ и CH₄) из поверхностных вод изучаемого объекта в данный период, отражающих интенсивность процесса эвтрофикации [7, 8].

Минимальная длина проростков была зафиксирована в феврале 2018 г. Однако в мае 2022 г. длина проростков значительно ниже длины проростков кресс-

салата, чем в пробе, отобранной в апреле 2018 г. Ошибка эксперимента не превышает 10%. Полученные результаты могут свидетельствовать о снижении уровня эвтрофикации с 2018 по 2022 гг.

Средний сухой вес проростков кресс-салата с увеличением разбавления снижается в пробах, отобранных в феврале 2018 г. и в мае 2022 г., что свидетельствует о проявлении эффекта эвтрофикации. Данная зависимость также подтверждается отрицательными коэффициентами корреляции (табл. 2). В пробах, отобранных в апреле и в октябре 2018 г, вес с увеличением разбавления не изменяется (рис. 4)

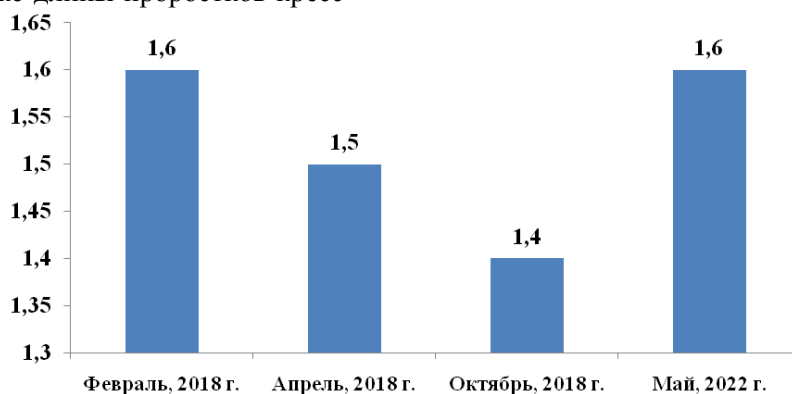


Рис. 4. Динамика изменения среднего сухого веса проростка (мг) в неразбавленных пробах, отобранных из реки Стерля

Fig. 4. Dynamics of changes in the average dry weight of the seedling (mg) in undiluted samples taken from the Sterlya River

Средний сухой вес в неразбавленных пробах, отобранных в феврале 2018 г. и в мае 2022 г., одинаковый.

Полученные результаты свидетельствуют, что наиболее чувствительным параметром является средняя длина про-

ростков, что подтверждается достоверными коэффициентами корреляции (табл. 2). Которые в свою очередь показывают достоверную зависимость анализируемых показателей от кратности разбавления.

Таблица 2. Зависимость анализируемых параметров от кратности разбавления

Месяц отбора проб воды	Коэффициент корреляции		
	всхожесть семян	средняя длина проростка*	средний сухой вес проростка
Февраль, 2018 г.	0,44	0,55	-0,51*
Апрель, 2018 г.	0,08	0,89	-0,48*
Октябрь, 2018 г.	0,23	0,81	-0,063
Май, 2022 г.	-0,80	0,64	-0,55*

*– достоверные коэффициенты корреляции

С увеличением кратности разбавления средняя длина проростков увеличивается, при этом, учитывая также положительные коэффициенты корреляции, можно сделать вывод, что проба, отобранная в реке Стерля, негативно влияет на рост и развитие растений, что свидетельствует о проявлении токсичного эффекта.

Однако на средний сухой вес проростков анализируемая проба оказывает наоборот стимулирующее действие, что также подтверждается отрицательными достоверными коэффициентами корреляции (табл. 2). В 2022 г. по сравнению с 2018 г. фиксируется снижение уровня эвтрофикации изучаемого водного объекта.

Заключение. Результаты проведенных исследований показывают, что токсичное и эвтрофицирующее действие экосистемы речных вод происходит одновременно, но в большинстве случаев анализируется только эффект токсичности.

Проведенные исследования показывают пригодность разработанного экспресс - метода для определения уровня эвтрофикации речной воды с учетом одновременно протекающих процессов токсикации и эвтрофикации по изменению параметров развития семян кресс-салата (средней длины проростка (мм) и среднего сухого веса проростка (мг)).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стрельцова Н.Б., Шенгиев С.А. Особенности эвтрофирования малых рек ростовской области // *Экология и водное хозяйство*. 2020. № 4(07). С. 12–21.

2. Асадуллина Г.Р., Шкундина Ф.Б. Использование фитопланктона для оценки экологического состояния рек на территории г. Стерлитамака // *Геология, полезные ископаемые и проблемы гео-*

экологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. 2010. № 8. С. 261–263.

3. Даминев Р.Р., Асфандиярова Л.Р., Панченко А.А., Юнусова Г.В., Овсянникова И.В. Экотоксикологический анализ состояния водного объекта // *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология*. 2017. № 3. С. 141–147.

4. Зейферт Д.В., Абдрашитов Я.М., Овсянникова И.В. Экологический мониторинг поверхностных вод с использованием биотестирования // *Экологический вестник России*. 2014. № 5. С. 34–40.

5. ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-20131. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса проростков семян кресс-салата (*Lepidium sativum*). Дата принятия 01 января 2013. № 4.1:2:4.19-2013.

6. Живетина А.В., Нохрин Д.Ю., Дерхо М.А., Мухамедьярова Л.Г. Сезонные особенности химического состава и качества воды в водохранилище руслового типа // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия*. 2021. Т. 7 (73). № 1. С. 259–276

7. Аскарлов Р.Р., Голощанов А.П., Овсянникова И.В. Оценка антропогенной нагрузки на поверхностные воды среднего течения реки Белой методом биотестирования // *Проблемы региональной экологии*. 2015. № 1. С. 6–11.

8. Овсянникова И.В. и др. Оценка эвтрофицированности водного объекта методом биотестирования // *Естественные и технические науки*. 2022. № 8 (171). С. 48–50.

**DETERMINATION OF THE LEVEL OF EUTROPHICATION
OF SMALL RIVERS IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE INDUSTRIAL CITY**

I.V. Ovsyannikova, L.R. Asfandiyarova, G.V. Khakimova, M.S. Luzina

Institute of Chemical Technology and Engineering FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technological University», RF, Sterlitamak, Oktyabrya St., 2

The article is focused on the studies aimed at determining the eutrophication of the Sterlya River. The studies were carried out so as to test the developed method for determining the level of eutrophication of surface waters of rivers. The experiment was performed according to the method for determining the toxicity of drinking, ground, surface and waste waters, solutions of chemicals by measuring germination rates, average length and average dry weight of watercress seedlings. The results of the conducted studies show that toxic and eutrophication effects on ecosystems occur simultaneously, and the best indicators of their level of eutrophication are the average length (mm) and average dry weight (mg) of watercress seedlings.

Keywords: small rivers, eutrophication, biotesting, germination, correlation, toxicity, test object.

REFERENCES

1. *Strel'cova N.B. and Sheptiev S.A.* Osobennosti evtrofirovaniya malyh rek rostovskoj oblasti (Peculiarities of eutrophication of small rivers in the Rostov region). *Ekologiya i vodnoe hozyajstvo*, No. 4(07), 2020, pp. 12–21.
2. *Asadullina G.R. and Shkundina F.B.* Ispol'zovanie fitoplanktona dlya ocenki ekologicheskogo sostoyaniya rek na territorii g. Sterlitamaka (Usage of phytoplankton to assess the ecological state of rivers in the territory of Sterlitamak). *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorij*, 2010, Vol. 8, pp. 261–263.
3. *Daminev R.R., Asfandiyarova L.R., Panchenko A.A., Junusova G.V., and Ovsjannikova I.V.* Ekotoksikologicheskij analiz sostoyaniya vodnogo ob'ekta (Ecotoxicological analysis of the state of the water body). *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya i ekologiya*, 2017, Vol. 3, pp. 141–147.
4. *Zeifert D.V., Abdrashitov J.M., and Ovsjannikova I.V.* Ekologicheskij monitoring poverhnostnyh vod s ispol'zovaniem biotestirovaniya (Environmental monitoring of surface waters using biotesting). *Ekologicheskij vestnik Rossii*, 2014, Vol. 5, pp. 34–40.
5. *PND FT 14.1:2.4.19-2013* Metodika opredeleniya toksichnosti pit'evykh, gruntovykh, poverhnostnyh i stochnyh vod, rastvorov himicheskikh veshhestv po izmereniju pokazatelej vshozhesti, srednej dliny, srednego suhogo vesa prorostkov semyan kress-salata (*Lepidiumsativum*) (Method for determining the toxicity of drinking, ground, surface and waste waters, solutions of chemicals by measuring germination, average length and average dry weight of cress seedlings (*Lepidiumsativum*)). Acceptance 01 January. 2013. № 4.1:2.4.19-2013.
6. *Zhivetina A.V., Nohrin D.Ju., Derho M.A., and Muhamed'jarova L.G.* Sezonnnye osobennosti himicheskogo sostava i kachestva vody v vodohranilishche ruslovogo tipa (Seasonal features of the chemical composition and quality of water in a channel-type reservoir). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya*, 2021, Vol. 7 (73), No. 1, pp. 259–276.
7. *Askarov R.R., Goloshhapov A.P., and Ovsjannikova I.V.* Ocenka antropogennoj nagruzki na poverhnostnye vody srednego techeniya reki Beloj metodom biotestirovaniya (Assessment of the anthropogenic load on the surface waters of the middle reaches of the Belaya River by the method of biotesting). *Problemy regional'noj ekologii*, 2015, Vol. 1, pp. 6–11.
8. *Ovsjannikova I.V. i dr.* Ocenka jevtrofirovannosti vodnogo ob'ekta metodom biotestirovaniya (Estimation of eutrophication of a water body by biotesting). *Estestvennye i tehicheskie nauki*, 2022, No. 8 (171), pp. 48–50.