

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ АШКАДАР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Н.О. Знобищева, Т.Х. Галиев, Р.Р. Хатмуллина, И.В. Овсянникова,
А.А. Исламутдинова

Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
в г. Стерлитамаке, РФ, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, пр. Октября, 2
E-mail: inna.ovsyannikova.80@mail.ru

В работе приведены результаты исследования поверхностных вод р. Ашкадар на токсичность методом биотестирования по аттестованной методике ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013. В качестве тест-объекта были использованы семена растений кресс-салата сорта «Забава». Оценка токсичности проводилась по трем параметрам: всхожесть семян, средняя длина проростка, средний сухой вес проростка. Проведенные исследования показывают, что чувствительным параметром является средняя длина проростка. Выявлена тенденция негативного влияния антропогенной деятельности на р. Ашкадар. Полученные результаты, возможно, использовать для моделирования динамики экологической ситуации в исследуемых водных объектах.

Ключевые слова: биотестирование, кресс-салат, токсичность, средняя длина, всхожесть семян, сухой вес, коэффициент корреляции.

Поступила в редакцию: 05.02.2020. После доработки: 21.04.2020.

Введение. Значительная часть населения Российской Федерации проживает на малых и средних реках, которые выполняют очень важную экологическую роль, дренируя большую часть площади водосбора, определяют водность, качество, режим и другие показатели более крупных водотоков. Юридически, они не защищены и никто не отвечает за их состояние. В настоящее время серьезное влияние на состояние малых и средних рек оказывает антропогенная деятельность людей. Список токсичных веществ, попадающих в окружающую среду в результате антропогенной деятельности, постоянно растет, поэтому возникает необходимость в разработке менее затратных интегральных методов оценки состояния окружающей среды [1]. Одним из основных методов данного исследования являются методы биотестирования, которые дают интегральную оценку анализируемой водной пробы [2]. Этот интегральный показатель включает совокупность физико-химических параметров, природных условий и отдельных экологических параметров [3, 4].

Река Ашкадар на Южном Урале имеет большое значение для региона, так как является левым притоком реки Бе-

лой, впадает у г. Стерлитамак. Длина реки 165 км. Берет начало в 2,2 км к западу от села Ижбуляк Федоровского района Республики Башкортостан, далее протекает по Мелеузовскому и Стерлитамакскому районам [5].

Целью данной работы было изучение токсичности поверхностных вод р. Ашкадар с использованием в качестве тест-объекта семян растения кресс-салата.

Материалы и методы. Отбор проб воды из р. Ашкадар проводили в феврале, апреле и октябре 2018 г. 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 (*Lepidium sativum*) ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013 [6]. Биотестирование проводилось с использованием семян кресс-салата сорта «Забава».

Выбор данного растения обусловлен быстрым прорастанием семян и высокой всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей. Эксперимент проводили в лабораторных условиях. В чашках Петри на фильтро-

вальную бумагу раскладывали 30 семян кресс-салата. Затем из анализируемых проб готовили ряд следующих разбавлений: 1:2, 1:4, 1:8 и 1:16. Для разбавления и в качестве контроля использовали дистиллированную воду. Опыт проводили в трех повторениях. В каждую чашку Петри с семенами кресс-салата вносили по 5 мл исходной пробы и пробы с разведением водой 1:2, 1:4, 1:8 и 1:16. На седьмые сутки после начала эксперимента измеряли всхожесть семян (%), среднюю длину проростка (мм) и средний сухой вес проростка (мг). Коэффициенты корреляции рассчитывались для 15 пар наблюдений, при которых достоверными считались $r > 0,514$ при доверительной вероятности 95% [6, 7]. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Statistica_5.0.

Результаты исследования всхожести семян кресс-салата представлены в табл. 1. В анализируемой пробе, отобранной в феврале, всхожесть семян кресс-салата составляла 97–100%. Причем всхожесть семян в неразбавленной пробе составляла 97,78%, а в контрольной пробе – 100%, что говорит о незначительном токсичном эффекте неразбавленной пробы по отношению к

контролю. В пробе, отобранной в апреле, всхожесть семян варьирует в пределах 93–97%, однако всхожесть семян в неразбавленной пробе составляла 94,45%, а в контрольной пробе 93,33%, что свидетельствует о стимулирующем эффекте неразбавленной пробы по отношению к контролю. В октябре всхожесть семян в образцах, отобранных до города и после города, в исходной пробе и ее разбавлениях находилась в пределах 95–98% и 98–100% соответственно. Всхожесть в неразбавленной пробе была на уровне контроля. Всхожесть семян в неразбавленной пробе в апреле составляла 94,45%, максимальная всхожесть семян выявлена в пробе, отобранной в октябре после города – 100%. Всхожесть семян в пробе, отобранной в октябре до города меньше на 4,44% всхожести семян в пробе, отобранной после города. Это говорит о повышенном содержании биогенных веществ в поверхностных водах р. Ашкадар. Следует отметить, что погрешность эксперимента в некоторых случаях достигала 6,9%. Согласно методике ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013 погрешность эксперимента не должна превышать 35 % [6].

Таблица 1. Влияние поверхностных вод р. Ашкадар на всхожесть семян кресс-салата (%)

Вариант опыта	Февраль		Апрель		Октябрь			
	\bar{x}	$\pm SD$	\bar{x}	$\pm SD$	до города		после города	
					\bar{x}	$\pm SD$	\bar{x}	$\pm SD$
Исходная проба	97,78	1,92	94,45	3,85	95,56	5,09	100,0	0,001
1:2	100,0	0,001	97,78	1,9	97,78	1,9	98,89	1,9
1:4	98,89	1,9	93,33	3,3	95,56	5,1	100,0	0,001
1:8	98,89	1,9	96,67	3,3	95,56	1,9	100,0	0,001
1:16	98,89	1,9	95,55	6,9	98,89	1,9	98,89	1,9
Контроль	100,0	0,001	93,33	5,8	95,55	3,9	100,0	0,001

Примечание: 1:2 (4, 8, 16) – разбавление исходной пробы с дистиллированной водой.

Результаты средней длины проростка представлены в табл. 2. Средняя длина проростка в исходной пробе, отобранной в феврале, меньше на 27,73% по сравнению

с контролем, на 15,2% в пробе, отобранной в апреле и на 23,44% и 27,52% в пробе, отобранной в октябре до города и после города соответственно.

В анализируемых пробах, отобранных в феврале и в октябре, с увеличением разбавления средняя длина проростка увеличивается, что подтверждается достоверными положительными коэффициентами корреляции, представленными в табл. 4. Увеличение длины проростка в неразбавленной пробе наблюдалось в пробе, отобранной в апреле, уменьшение данного показателя – в пробе, отобранной в феврале. Средняя длина проростка в пробе, отобранной до города меньше на 15,5% средней длины проростка, в пробе отобранной после города.

Ошибка эксперимента в пробах, отобранных в феврале и в октябре, составляет 25%, что соответствует методике ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013 [6] и подтверждается положительными коэффициентами корреляции. В пробе, отобранной в апреле, ошибка эксперимента превышает допустимое значение, коэффициент корреляции в этой пробе недостоверен (табл. 4). Показатели среднего сухого веса проростка анализируемых проб представлены в табл. 3.

Таблица 2. Влияние поверхностных вод р. Ашкадар на длину проростка семян кресс-салата (мм)

Вариант опыта	Февраль		Апрель		Октябрь			
	\bar{x}	$\pm SD$	\bar{x}	$\pm SD$	до города		после города	
					\bar{x}	$\pm SD$	\bar{x}	$\pm SD$
Исходная проба	70,45	18,3	113,49	30,9	79,12	21,7	93,64	21,9
1:2	77,87	15,8	122,51	27,7	101,67	23,6	106,46	23,7
1:4	81,77	24,3	120,35	28,5	102,28	25,2	115,9	24,9
1:8	97,18	22,7	130,46	34,4	105,80	25,0	134,07	24,5
1:16	94,92	25,1	126,45	32,6	112,41	24,9	145,77	25,4
Контроль	97,48	29,2	133,82	33,8	103,34	25,9	129,2	25,4

Таблица 3. Влияние поверхностных вод р. Ашкадар на средний сухой вес проростка семян кресс-салата (мг)

Кратность разбавления	Февраль		Апрель		Октябрь			
	\bar{x}	$\pm SD$	\bar{x}	$\pm SD$	до города		после города	
					\bar{x}	$\pm SD$	\bar{x}	$\pm SD$
Неразбавленная проба	1,4586	0,5	1,6403	0,5	1,2599	0,4	1,4811	0,5
1:2	1,3911	0,4	1,6902	0,4	1,5292	0,4	1,4622	0,4
1:4	1,4511	0,5	1,4954	0,3	1,2392	0,3	1,4289	0,4
1:8	1,2070	0,5	1,4206	0,4	1,3078	0,4	1,3922	0,5
1:16	1,2313	0,4	1,4878	0,3	1,2736	0,4	1,4551	0,4
Контрольная проба	1,2189	0,4	1,4820	0,5	1,1762	0,4	1,4089	0,5

В табл. 4 представлены коэффициенты корреляции зависимости анализируемых параметров от кратности разбавления. В пробе, отобранной в феврале, выявлена положительная достоверная корреляционная связь между средней длиной проростка и разбавлением, что гово-

рит о проявлении токсического эффекта. Для параметра среднего сухого веса установлена обратная зависимость, свидетельствующая о стимуляции роста и развития проростков кресс-салата с уменьшением кратности разбавления (табл. 4). В пробах, отобранных в октяб-

ре до и после города, достоверные положительные коэффициенты корреляции выявлены только у параметра средней длины проростка.

Согласно используемой методике о токсичности пробы судят по тем параметрам, у которых наблюдаются положительные достоверные коэффициенты корреляции. Установлено, что чувствительным параметром была средняя длина проростка тест-растения.

Анализируя отклонения средней длины проростка неразбавленной пробы от контроля, токсичной являются пробы, отобранные в феврале и в октябре после города, где отклонения составляют 27,73% и 27,52% соответственно менее токсичной выявлена проба, отобранная в октябре до города, где отклонение составляет 23,44%.

Таблица 4. Корреляционная связь анализируемых морфометрических параметров кресс-салата и кратности разбавления исходной пробы поверхностных вод р. Ашкадар

Месяц отбора проб воды	Коэффициент корреляции		
	всхожесть семян	средняя длина проростка	средний сухой вес проростка
Февраль	0,03	0,74	-0,64
Апрель	0,03	0,39	-0,46
Октябрь	до города	0,27	0,58
	после города	-0,20	0,77

Заключение. Проведенные исследования показывают, что наиболее чувствительным параметром является средняя длина проростка кресс-салата. В исходной пробе поверхностных вод р. Ашкадар, отобранных в октябре после города, данные всех анализируемых морфометрических параметров тест-растения свидетельствуют о невысокой токсичности вод по сравнению с исходной пробой, отобранной до города. Полученные результаты указывают на тенденцию отрицательного влияния антропогенной деятельности на р. Ашкадар. Судить о токсичности поверхностных вод, отобранных в апреле, не можем, так как не выявлен ни по одному параметру достоверный коэффициент корреляции. Отсутствие достоверных коэффициентов корреляции можно объяснить началом паводкового периода. Полученные результаты, возможно, использовать для моделирования динамики экологической ситуации в исследуемых водных объектах, что будет являться прогнозной со-

ставляющей системы экологического мониторинга водных объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Овсянникова И.В.* Новые методики биотестирования с использованием растений кресс-салата (*Lepidium sativum*) для экологического контроля окружающей среды // Системы контроля окружающей среды – 2016: тезисы докладов Междунар. науч.-техн. конф. 2016. С. 108.
2. *Экотоксикологический анализ состояния водного объекта / Р.Р. Даминев, Л.Р. Асфандиярова, А.А. Панченко [и др.]* // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2017. № 3. С. 141–147.
3. *Зейферт Д.В., Абдрашитов Я.М., Овсянникова И.В.* Экологический мониторинг поверхностных вод с использованием биотестирования // Экологический вестник России. 2014. № 5. С. 34–40.

4. 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.

5. Асадуллина Г.Р., Шкундина Ф.Б. Использование фитопланктона для оценки экологического состояния рек на территории г. Стерлитамака // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. 2010. № 8. С. 261–263.

6. 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*) ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013.

7. Урбах В.Ю. Биометрические методы (статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине). М.: Наука, 1964. 415 с.

STUDY OF THE TOXYLOGICAL STATUS OF SURFACE WATERS OF THE ASHKADAR RIVER USING BIOTESTING METHODS

N.O. Znobishcheva, T.Kh. Galiev, R.R. Khatmullina, I.V. Ovsyannikova, A.A. Islamutdinova

«Ufa State Petroleum Technological University» branch in Sterlitamak, RF, Sterlitamak, October Av., 2.

The paper presents the results of a study of the surface water of the Ashkadar River on toxicity by a biotest method according to certified PND F T 14.1: 2: 4.19-2013 methodology. Seeds of cress plant of the sort “Zabava” were used as test objects. Toxicity was assessed by three parameters: seed germination, average seedling length and average seedling dry weight. The results obtained show that the most sensitive parameter is the average seedling length. Negative impact of anthropogenic activity on the Ashkadar River is revealed. It is concluded that the results obtained can be used for modeling dynamics of environmental situation in water objects under investigation.

Keywords: biotest, *Lepidium sativum*, toxicity, average length, seed germination, dry seedling weight, correlation coefficient.