ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 504.064.36/453:574.64 (470.61)

DOI: 10.23885/2500-395x-2018-1-3-328-333

ЛОКАЛЬНЫЕ МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОТОКСИЧНОСТИ ВОД РЕКИ КУНДРЮЧЬЯ (ЮФО)

Е.Н. Бакаева^{1,2,3}, М.Н. Тарадайко^{1,2,3}, Н.А. Игнатова¹, Г.Г. Черникова¹, Х.А. Васта Ахмед³

¹Институт водных проблем РАН, Гидрохимический отдел,

²ФГБУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону

³Южный федеральный университет, Институт наук о Земле, г. Ростов-на-Дону

rotaria@mail.ru, marusi_2010@mail.ru, ignatse@gmail.com, Hemn.haje84@gmail.com

Аннотация. Локальный мониторинг токсичности вод Кундрючья и Большая Гнилуша проведён набором биотестов в 2010–2018 гг. Отклик тест-объектов отличался. Итоговая степень токсичности была выше в р. Кундрючья. Токсичность в обеих реках сохранялась во все годы, кроме 2015. Необходимо использовать комплекс биотестов.

Ключевые слова: экотоксичность, набор биотестов, тест-объект, фитотоксичность, вода, реки.

На поверхностные водные объекты бассейна Нижнего Дона, в особенности, водотоки, расположенные между реками Дон, Тузлов и Северский Донец, оказывается максимальное антропогенное воздействие, обусловленное сосредоточением на данной территории крупных промышленных предприятий и обширных сельхозугодий. Существенный вклад в осложнение экологической ситуации в пределах данного района, являющегося территорией Восточного Донбасса, вносят предприятия угольной промышленности. Реструктуризация угледобывающей отрасли, в основу которой легла ликвидация нерентабельных шахт «мокрым способом», способствовала усилению негативного влияния на поверхностную и подземную гидросферу региона [1].

Результаты многолетнего химического мониторинга загрязнения поверхностных вод водных объектов бассейна реки Дон в зонах влияния шахт Восточного Донбасса (Ростовская область) свидетельствуют о различной степени антропогенного воздействия [2].

Вследствие того, что многие водотоки бассейна Нижнего Дона берут своё начало на сопредельных территориях (в соседних регионах России, Украине), присутствует трансграничное загрязнение поверхностных вод [2].

Антропогенное воздействие негативно сказывается на качестве вод поверхностных водных объектов, способствует возникновению и сохранению токсичности. Известно, что на сегодняшний день, именно токсичность является одной из наиболее опасных характеристик качества поверхностных

вод, как в локальном, так и в глобальном масштабе. Наиболее адекватную оценку токсичности, как биологической характеристики качества вод, получают приёмами биотестирования [3]. Наличие токсичности и степень токсического действия поверхностных вод определяют с использованием представителей гидробиоты. Однако в последние годы внимание уделяют оценке фитотоксичности вод в отношении высших растений, используемых в сельскохозяйственном растениеводстве. Поэтому применение биотестов по оценке фитотоксичности важно в регионах с сельскохозяйственной направленностью, использующих природные воды для орошения. Приоритет использования биологических компонентов экосистемы при оценке её состояния прописан в Водной Рамочной Директиве ЕС 2000/60 (ВРД), принятой в странах Европейского сообщества [4].

Цель работы заключалась в исследовании токсичности вод реки Кундрючья и её притока Большая Гнилуша комплексом биотестов в ходе проведения локальных мониторинговых исследований.

Материал и методы исследований. Объектом наших исследований являлась р. Кундрючья – один из крупных правых притоков р. Северский Донец. Кундрючья относится к категории средних рек. Общая протяженность составляет 244 км, общая площадь водосбора – 2,32 тыс. км². Берёт начало на территории Украины. Большая часть русла расположена в Ростовской области, в широтном направлении пересекает три административных района: Красносулинский, Белокалитвенский и Усть-Донецкий. Кундрючья достаточно многоводна, в целом имеет

быстрое течение. Дно реки илистое с чередованием песчано-глинистых грунтов, имеются перекаты. Водоток достаточно сильно зарегулирован [1; 5]. Водные ресурсы реки Кундрючей используются для снабжения водой населения, промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных предприятий и орошения земель. Река испытывает значительную антропогенную нагрузку. По ее притокам Бургусте и Гнилуше, а также непосредственно в саму реку поступают слабоочищенные шахтные воды, загрязненные сточные воды предприятий коммунального комплекса. Так, по материалам [6; 7; 8] основными предприятиями-загрязнителями реки Кундрючья являются ООО «Шахтоуправление Садкинское» и ООО «ДОНРЕКО», основной деятельностью последней является водоснабжение, водоотведение и очистка сточных вод (табл. 1).

Предметом исследования служила токсичность вод реки Кундрючья и её притока Большая Гнилуша.

Исследовали створ р. Большая Гнилуша в месте впадения в р. Кундрючья (25.1), расположенный в пределах селитебной территории города Красный Сулин, а также участок р. Кундрючья ниже по течению после места выхода шахтных вод (ш. в.) шахты № 62 (27.1) близ хутора Прохоровка.

Таблица 1
Основные предприятия-загрязнители р. Кундрючей [6; 7; 8]

Предприятие	Год	Объем сброса загрязненных сточных вод, млн м ³
ООО «Шахтоуправление Садкинское»	2014	1,6
	2015	2,95
ООО «ДОНРЕКО»	2014	0,75
	2015	0,6

В 2016 году ущерб от ООО «ДОНРЕКО» составил 6 125,4 тыс. руб.

В основу работы положены результаты изучения токсичности вод водотоков методом биотестирования по набору биотестов, полученные в ходе комплексных экспедиционных исследований поверхностных водных объектов бассейна р. Северский Донец в 2010–2018 годах. Исследования проведены совместно сотрудниками кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Института наук о Земле ЮФУ, Гидрохимического отдела Института водных проблем РАН и ФГБУ «Гидрохимический институт».

Оценку токсичности поверхностных вод проводили с помощью набора биотестов, включавших тест-объекты различных трофических уровней и систематической принадлежности: зеленые микро-

водоросли *Scenedesmus obliquus* [9], *Chlorella vulgaris* [10], хемотаксис инфузорий *Paramecium caudatum* [11], ветвистоусые рачки *Daphnia magna* [9] и биотест по оценке фитотоксичности с семенами редиса *Raphanus sativus* [12]. Тест-показателями служили коэффициент прироста и оптическая плотность микроводорослей, перемещение инфузорий, гибель рачков, биологические и метрические характеристики ростков редиса.

Результаты и обсуждение

Итоговая токсичность вод исследованных в 2010–2018 годах створов реки Кундрючья и её притока Б. Гнилуша комплексом биотестов была различной (табл. 2). Степень токсичности вод в каждый отдельный год изменялась от отсутствия токсического действия до острого токсического действия. Воды створа на реке Кундрючья (27.1) характеризовались более тяжелой токсикологической ситуацией. Во все годы, кроме 2015, здесь отмечена наиболее высокая степень токсичности – острое токсическое действие.

Неоднозначная характеристика токсичности обусловлена различным откликом использованных тест-объектов. Напомним, что итоговую токсичность оценивают по наиболее «худшему» отклику тест-объекта, т.е. проявившему большую чувствительность к тестируемой воде. В свою очередь чувствительность тест-объекта, в случае использования нескольких его показателей, как например, в биотесте по фитотоксичности, определяется наиболее чувствительным тест-показателем. Действие тестируемых вод проявлялось и в угнетении, и в стимуляции развития *Raphanus sativus*.

Так, в 2010 и 2014 тестируемые воды створов характеризовались фитотоксичностью. Воды в эти годы оказывали негативное угнетающее действие на все четыре использованных тест-показателя (рис.1–4). 2015 и 2018 годы характеризовались отсутствием фитотоксичности (рис.1–4). Было отмечено небольшое стимулирующее действие на все тест-показатели. Итоговая фитотоксичность основана комплексе метрических и биологических тест-показателей, поскольку каждый из них может давать разный отклик на воздействие одной и той же тестируемой воды.

Из использованного набора тест-объектов наиболее стойкими к загрязнению вод оказались представители зоопланктона – ветвистоусые рачки *Daphnia magna*. Наиболее чувствительными из зоопланктонных тест-объектов оказались инфузории *Paramecium caudatum*. Микроводорослевые тест-объекты *Scenedesmus obliquus* и *Chlorella vulgaris* на протяжении всех лет наблюдений свидетельствовали о наличии токсического действия вод обоих створов.

Таблица 2
Токсичность воды р. Кундрючья и Б.Гнилуша по комплексу биотестов

№№	Год	Тест-объекты				Итоговая оценка токсичности
		<i>Daphnia magna</i> ¹	<i>Scenedesmus obliquus</i> / <i>Chlorella vulgaris</i> ²	<i>Paramecium caudatum</i> ³	Фито-токсичность	
25.1	2010	нет ОТД	нет ТД	-	ТД	ТД
	2014	нет ОТД	ТД	-	ТД	ТД
	2015	нет ОТД	-	-	нет ТД	нет ТД
	2018	нет ОТД	ТД	ОТД	нет ТД	ОТД
27.1	2010	ОТД	ТД	-	ТД	ОТД
	2014	ОТД	ТД	-	ТД	ОТД
	2015	нет ОТД	-	-	нет ТД	нет ТД
	2018	нет ОТД	ТД	ОТД	нет ТД	ОТД

¹ Гибель, отклонение от контроля, %; ² Коэффициент прироста численности, оптическая плотность, отклонение от контроля, %;

³ Хемотаксис, % переместившихся особей.

ТД – токсическое действие; ОТД – острое токсическое действие

Рис. 1 – Динамика фитотоксичности вод р. Кундрючья и Б. Гнилуша по тест-показателю всхожести семян *Raphanus sativus*

Рис. 3 – Динамика фитотоксичности вод р. Кундрючья и Б. Гнилуша по тест-показателю длина корней *Raphanus sativus*

Рис. 2 – Динамика фитотоксичности вод р. Кундрючья и Б. Гнилуша по тест-показателю количество ростков *Raphanus sativus*

Рис. 4 – Динамика фитотоксичности вод р. Кундрючья и Б. Гнилуша по тест-показателю длина стеблей *Raphanus sativus*

Неудовлетворительное качество вод по биологическим показателям токсичности согласуется с аналитическими данными. Так, согласно данным обобщенной характеристики изменчивости качества воды за период 2010–2015 гг. в створе 25.1 (устье р. Большая Гнилуша)

вода характеризовалась как стабильно «экстремально грязная», 5-го класса качества, УКИЗВ 6,20–7,09. В створе 27.1 (р. Кундрючья ниже выхода ш.в. ш. № 62) вода была стабильно «экстремально грязная», 5-го класса качества, УКИЗВ 5,62–7,38 [1]. Как правило,

расчёт УКИЗВ основан на данных о концентрации тяжёлых металлов. Известно, что тяжёлые металлы оказывают негативное действие на рост и развитие протококковых зелёных микроводорослей, использованных нами в качестве тест-объектов. Таким образом, высокие значения УКИЗВ подтверждаются откликом микроводорослевых тест-объектов, регулярно во все годы выявляющим токсическое действие вод.

Анализ многолетних исследований токсичности вод реки Кундрючья в ходе локального мониторинга по комплексу биотестов позволил установить следующее:

- воды обоих тестируемых створов оказывали токсическое действие разной степени на протяжении всех лет, исключение составил 2015 год;
- воды створа р. Кундрючья (27.1) ниже выхода шахтных вод шахты № 62 характеризовались более высокой степенью токсичности (оказывали острое токсическое действие), чем воды створа

устья р. Большая Гнилуша (25.1)

- наиболее чувствительными из числа зоопланктонных тест-объектов оказались инфузории *Paramecium caudatum*, из числа автотрофных тест-объектов – зелёные микроводоросли *Scenedesmus obliquus* и *Chlorella vulgaris*;
- наиболее устойчивым к воздействию тестируемых вод оказался общепринятый тест-объект – представитель зоопланктона *Daphnia magna*;
- фитотоксичность вод необходимо оценивать по комплексу метрических и биологических тест-показателей;
- неудовлетворительное качество вод по биологическим показателям токсичности согласуется с качеством вод по гидрохимическим показателям, выраженное в УКИЗВ.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 14-17-00376)

Список литературы

1. Подземные и поверхностные воды в пределах техногенно нарушенных геосистем Восточного Донбасса: формирование химического состава и оценка качества: монография/ В.Е. Закруткин, Г.Ю. Складенко, Е.Н. Бакаева, О.С. Решетняк, Е.В. Гибков, Н.Е. Фоменко; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – 172 с.
2. Айдаркина Е.Е. Водопользование Ростовской области: основные проблемы и пути их решения /Привожский научный вестник. 2012. 12(16). С.43–49.
3. Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н. Экологичность поверхностных вод бассейна реки Северский Донец (Ростовская область) по результатам набора биотестов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2016. – №4. – С. 57–61.
4. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.
5. Бессонов О.А., Закруткин В.Е., Коронкевич Н.И., Долгов С.В. Эвтрофирование малых рек как индикатор экологического состояния их водосборов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2004. – №4. – С.56–59.
6. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 году». Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «МС», 2015. – 383 с.
7. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году». Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «МС», 2016. – 371 с.
8. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2016 году». Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «МС», 2017. – 369 с.
9. Р 52.24.566–94 Рекомендации. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. /Жулидов А.В., Хоружая Т.А., Предеина Л.М., Бакаева Е.Н., Морозова Е.В. М.: ФСР Госкомгидромета, 1994, 130 с.
10. Григорьев. Ю.С Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10–04 ПНД Ф Т 16.1:2:2:3:3.7–04 (издание 2014 г.), 36 с.
11. Р 52.24.741–2010 Оценка токсичности поверхностных вод суши в условиях чрезвычайных ситуаций методом экспрессного биотестирования /Сборник рекомендаций Обеспечение безопасности поверхностных вод суши РФ в условиях чрезвычайных ситуаций / Бакаева Е.Н., Игнатова Н.А. Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2011. С. 67–90.
12. ГОСТ Р ИСО 22030–2009 Качество почв. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.

LOCAL MONITORING RESEARCHES OF KUNDRYUCHYA RIVER'S WATER ECOTOXICITY (SOUTHERN FEDERAL DISTRICT)

E.N. Bakaeva^{1,2,3}, M.N. Taradayko^{1,2,3}, N.A. Ignatova¹, Vasta Ahmed Hemn Abdullah³

¹Water Problems Institute RAS, Hydrochemical department, Rostov-on-Don, Russia

²Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russia

³Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

e-mail: rotaria@mail.ru; marusi_2010@mail.ru, ignatse@gmail.com, Hemn.haje84@gmail.com

Abstract – Local monitoring of Kundruchya and Bolshaya Gnilusha rivers's water toxicity was conducted by a biotest battery in 2010–2018. The response of the test-objects was different. The final degree of toxicity was higher in the Kundryuchya river. Toxicity in both rivers persisted throughout the years, except for 2015. It is necessary to use a biotest battery.

Keywords: ecotoxicology, a biotest battery, a test-object, phytotoxicity, water, rivers.

References:

1. Zakrutkin V.E., Sklyarenko G.Yu., Bakaeva E.N., Reshetnyak O.S., Gibkov E.V., Fomenko N.E. Poverhnostnie i podzemnie vody v predelakh tehnogenno narushennykh geosistem Vostochnogo Donbassa: formirovanie himicheskogo sostava i ocenka kachestva: monografiya [Surface and groundwater within the technologically disturbed geosystems of the Eastern Donbass: chemical composition and quality assessment] Southern federal university. – Rostov-on-Don: Publishing House of Southern federal university, 2016. – 172 p. (In Russian).
2. Aydarkina E.E. Vodopolzovanie Rostovskoy oblasti: osnovnye problemy i puti ih resheniya [Water use of the Rostov region: the main problems and ways to solve them] / Privozhsky nauchny vestnik. 2012. 12 (16). C.43–49 (In Russian).
3. Bakaeva E.N., Taradayko M.N. Ekotoksichnost poverhnostnykh vod basseyna reki Severskiy Donec (Rostovskaya oblast) po rezul'tatam nabora biotestov [Ecotoxicity of surface waters of the Seversky Donets River basin (Rostov region) according to the results of a biotest battery] // University news. North-Caucasian region. Natural sciences series. – 2016. – №4. – P. 57–61 (In Russian).
4. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy (In English).
5. Bessonov O.A., Zakrutkin V.E., Koronkevich N.I., Dolgov S.V. Evtrofirovaniye mal'kh rek kak indikator ekologicheskogo sostoyaniya ih vodosborov [Eutrophication of small rivers as an indicator of the ecological state of their watersheds] // University news. North-Caucasian region. Natural sciences series. – 2004. – №4. – P.56–59 (In Russian).
6. Ekologicheskiy vestnik Dona "O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodn'kh resursov Rostovskoy oblasti v 2014 godu" [Environmental Bulletin of the Don "On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2014"]. Rostov-on-Don: Publishing house of LLC "MS", 2015. – 371 p. (In Russian).
7. Ekologicheskiy vestnik Dona "O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodn'kh resursov Rostovskoy oblasti v 2015 godu" [Environmental Bulletin of the Don "On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2015"]. Rostov-on-Don: Publishing house of LLC "MS", 2016. – 371 p. (In Russian).
8. Ekologicheskiy vestnik Dona "O sostoyanii okruzhayushchey sredy i prirodn'kh resursov Rostovskoy oblasti v 2016 godu" [Environmental Bulletin of the Don "On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2016"]. Rostov-on-Don: Publishing house of LLC "MS", 2017. – 371 p. (In Russian).
9. Rekomendatsii 52.24.566–94 Metody toksikologicheskoy ocenki zagryazneniya presnovodnykh ekosistem [Recommendations 52.24.566–94 Methods for toxicological assessment of pollution of freshwater ecosystems]/ Zhulidov A.V., Horuzhaya T.A., Predeina L.M., Bakaeva E.N., Morozova E.V. – Moscow: FSR Goskomgidrometa 130 p. (In Russian).
10. Grigoryev Yu.S. Metodika izmereniy opticheskoy plotnosti kultury vodorosli hlorella (*Chlorella vulgaris* Beijer) dlya opredeleniya toksichnosti pitevykh, presnykh prirodn'kh i stochnykh vod, vodnykh vytyazhek iz gruntov, pochv, osadkov stochnykh vod, othodov proizvodstva i potrebleniya [Method for measuring the optical density of chlorella alga (*Chlorella vulgaris* Beijer) for determining the toxicity of drinking, fresh natural and waste water, water extracts from soils, sewage sludge, production and consumption wastes]. Environmental regulatory document of the federal level T 14.1: 2: 3: 4.10–04 Environmental regulatory document of the federal level T 16.1: 2: 2.3: 3.7–04 (edition of 2014), 36 p. (In Russian).
11. Rekomendatsii 52.24.741–2010 Ocenka toksichnosti poverhnostnykh vod sushi v usloviyakh chrezvychaynykh situatsiy metodom ekspressnogo biotestirovaniya [Recommendations 52.24.741–2010 Assessment of toxicity of surface waters of land in emergency situations using the method of express bioassay / Collection of recommendations Providing safety of surface waters of the RF land in emergency situations] / Bakaeva E.N., Ignatova N.A. Rostov-on-Don: Roshydromet, 2011. P. 67–90 (In Russian).
12. GOST R ISO 22030–2009 Kachestvo pochv. Biologicheskie metody. Hronicheskaya fitotoksichnost v otnoshenii vysshikh rasteniy [GOST (Russian state standard) R ISO 22030–2009 R ISO 22030–2009 Quality of soils. Biological methods. Chronic phytotoxicity concerning the higher plants] (In Russian).