

УДК 502:504.453:574.64 (470.61)

## ТОКСИЧНОСТЬ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК БАССЕЙНА РЕКИ ТУЗЛОВ ПО НАБОРУ БИОТЕСТОВ

<sup>1-3</sup>Бакаева Е.Н., <sup>1-3</sup>Тарадайко М.Н.

<sup>1</sup>Гидрохимический (Южный) отдел Института водных проблем РАН,  
Ростов-на-Дону, e-mail: rotaria@mail.ru;

<sup>2</sup>Южный федеральный университет, Институт наук о Земле,  
Ростов-на-Дону, e-mail: marusi\_2010@mail.ru;

<sup>3</sup>ФГБУ «Гидрохимический институт», Ростов-на-Дону

Территория Восточного Донбасса, в пределах которой расположен бассейн реки Тузлов, в настоящее время относится к экологически неблагоприятным районам Ростовской области. Экосистемы малых рек испытывают многофакторную антропогенную нагрузку. Роль донных отложений двояка: они способствуют самоочищению водных экосистем и могут служить источником вторичного загрязнения водной толщи. Исследовали необработанные (нативные) донные отложения и их водные вытяжки. Данные о токсичности донных отложений получены набором из трёх биотестов. В качестве тест-объектов использовали экологически соответствующий вид – представителя бентоса личинок хирономид *Chironomus plumosus*, представителя планктонных гетеротрофов – коловратку *Brachionus calyciflorus*, представителя автотрофов – высшее растение *Raphanus sativus* (редис). Выбор тест-объекта *Raphanus sativus* для оценки фитотоксичности донных отложений в отношении высших растений основан на том, что это растение нетребовательно к питательной среде, широко используется в практике биотестирования и является одной из востребованных сельскохозяйственных культур, возделываемых в данном регионе. Токсичность донных отложений по результатам разных биотестов отличалась. Наибольшее количество токсичных проб выявлено в биотесте с коловратками (100%), наименьшее – в биотесте по фитотоксичности (77%). Близким по чувствительности к коловраткам оказался биотест с хирономидами (92%). По результатам трёх биотестов донные отложения всех тринадцати исследованных створов семи малых рек бассейна р. Тузлов характеризовались как оказывающие токсическое действие. Водные вытяжки донных отложений оказались более токсичными, чем нативные донные отложения, что подтверждает опасность для гидробиоты вторичного загрязнения водной толщи донными отложениями. Использование набора биотестов, включающего тест-объекты разной систематической принадлежности и трофического уровня, позволяет оценить токсичность как нативных донных отложений, так и выявить потенциальную опасность их водных вытяжек для представителей планктоценозов. В проведённой оценке токсичности донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов наиболее чувствительными оказались гетеротрофы-фильтраторы (коловратки).

**Ключевые слова:** токсичность, набор биотестов, донные отложения, Восточный Донбасс, малые реки, фитотоксичность, коловратки, хирономиды

## BOTTOM SEDIMENTS TOXICITY OF TUZLOV RIVER BASIN SMALL RIVERS BY BIOASSAY BATTERY

<sup>1-3</sup>Bakaeva E.N., <sup>1-3</sup>Taradayko M.N.

<sup>1</sup>Hydrochemical (Southern) department of RAS Water Problems Institute,  
Rostov-on-Don, e-mail: rotaria@mail.ru;

<sup>2</sup>Southern Federal University, Institute of Earth science, Rostov-on-Don, e-mail: marusi\_2010@mail.ru;

<sup>3</sup>FSBI «Hydrochemical institute», Rostov-on-Don

The Tuzlov river basin is located within the territory of the Eastern Donbass, which currently belongs to environmentally disadvantaged areas of the Rostov region. Ecosystems of small rivers are subjected to multifactor anthropogenic load. The role of bottom sediments is twofold: it contributes to the self-purification of aquatic ecosystems and can be a source of secondary pollution of the water column. Untreated (native) bottom sediments and their aqueous extracts were investigated. Data on the bottom sediments toxicity were obtained by a set of three bioassays. The organism of an ecologically relevant group – benthos – of the chironomid larvae *Chironomus plumosus*, a representative of planktonic heterotrophs – the rotifer *Brachionus calyciflorus*, a representative of autotrophs – the higher plant *Raphanus sativus* (radish) were used as test-objects. The choice of the test-object *Raphanus sativus* to assess the phytotoxicity of bottom sediments in relation to higher plants is justified by the undemanding of the plant to the nutrient medium, the widespread use in the practice of bioassay and the demand for this crop in the studied region. The bottom sediments toxicity according to the results of bioassay battery differed. The largest number of toxic samples was detected in the bioassay with rotifers (100%), the smallest was detected in the phytotoxicity bioassay (77%). Bioassay with *Chironomidae* (92%) was similar in sensitivity to the bioassay with rotifers. The bottom sediments of all the studied Tuzlov River Basin small rivers sections were characterized as having an acute toxic effect by the results of three bioassays. Aqueous extracts of bottom sediments were more toxic than native bottom sediments. It confirms the danger of secondary contamination of the water column by bottom sediments for hydrobionts. The bioassay battery including test-objects of different systematic affiliation and trophic level allows to assess the toxicity of native sediments and to identify the potential danger of their aqueous extracts for planktonocenes organisms. Heterotrophic filter feeders (rotifers) were the most sensitive in the bottom sediments toxicity assessment of Tuzlov river basin small rivers.

**Keywords:** toxicity, bioassay battery, bottom sediments, Eastern Donbass, small rivers, phytotoxicity, rotifers, chironomids

Бассейн р. Тузлов расположен в западной части Ростовской области на территории Восточного Донбасса, которая в настоящее время относится к экологически напряженным районам Ростовской области. Одним из основных экологических последствий реструктуризации угледобывающей отрасли в этом районе, включавшей ликвидацию шахт «мокрым способом» (затоплением), является экологическое неблагополучие водотоков [1, 2].

Воздействие техногенных шахтных вод в больших масштабах проявляется в бассейне р. Тузлов [1].

Донные отложения, являясь долговременно депонирующей средой, отражают длительное загрязнение водных экосистем. Экосистемная роль донных отложений двойственна: они способствуют самоочищению водной толщи и в то же время являются источником её вторичного загрязнения. Характеристику токсичности донных отложений водного объекта на конкретный момент времени получают приёмами биотестирования. Как правило, биотестирование проводят с использованием одного биотеста. Однако в этом

случае токсичность определяется в отношении только одной группы гидробиоты, представитель которой был использован в качестве тест-объекта. Объективную оценку токсичности можно получить только набором биотестов [3].

Поэтому цель настоящей работы заключалась в оценке токсичности донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов набором биотестов.

#### Материалы и методы исследования

Токсичность донных отложений исследовали в тринадцати створах семи малых рек бассейна р. Тузлов. Схема отбора проб представлена на рис. 1, наименования и расположение исследованных створов – в табл. 1. Материалы для исследований были получены в ходе комплексных экспедиций кафедры геоэкологии и прикладной геохимии Института наук о Земле Южного федерального университета, ФГБУ «Гидрохимический институт» и Гидрохимического отдела ИВП РАН. Биотестовый анализ токсичности проб донных отложений по набору биотестов проведён в ФГБУ «Гидрохимический институт».

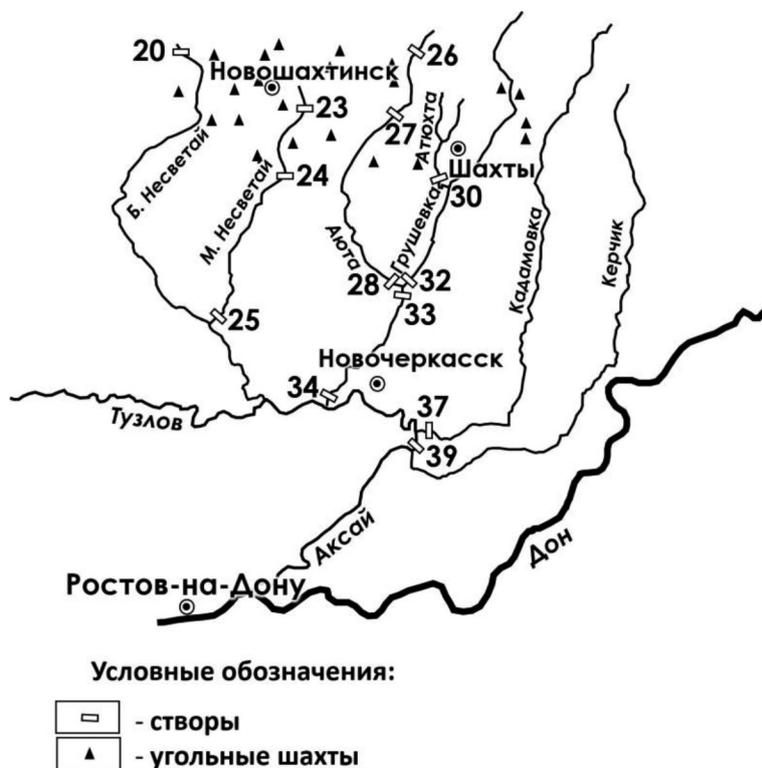


Рис. 1. Карта-схема отбора проб донных отложений в малых реках бассейна р. Тузлов

Для исследования в каждой реке были выделены участки с учетом разных видов антропогенной нагрузки. Первый участок – верховья рек, испытывающие влияние сельскохозяйственной и хозяйственно-бытовой деятельности населенных пунктов. Второй участок расположен ниже выхода техногенных шахтных вод, третий участок – устья рек, суммирующие все виды антропогенной нагрузки.

Биотестовому анализу подвергали нативные (необработанные) донные отложения и их водные вытяжки. Токсичность исследовали набором из трёх биотестов. В качестве тест-объектов использовали следующие организмы: экологически соответствующий вид – представителя бентоса личинка комаров-звонцов *Chironomus plumosus* (хируномид) [4], представителя планктонных гетеротрофов – коловратку *Brachionus calyciflorus* [5], представителя автотрофов – высшее растение редис *Raphanus sativus* (биотест выполнен с учетом положений ГОСТ Р ИСО 22030-2009) [6]. Выбор тест-объекта *Raphanus sativus* для оценки фитотоксичности донных отложений в отношении высших растений основан на том, что это растение нетребовательно к питательной среде, широко используется в практике биотестирования и является одной из востребованных сельскохозяйственных культур, возделываемых в данном регионе.

Тест-показателями токсического действия тестируемых проб донных отложений

служили гибель хируномид, гибель и плодовитость коловраток, биологические (всхожесть, количество ростков) и метрические (длина ростков и корней) тест-показатели редиса.

### Результаты исследования и их обсуждение

В биотесте с нативными донными отложениями гибель хируномид наблюдалась во всех исследованных створах (рис. 2). Острое токсическое действие (ОТД) донных отложений было выявлено во всех кроме створа ниже выхода шахтных вод на р. Малый Несветай (24).

В биотесте с водной вытяжкой донных отложений наблюдали аналогичную с хируномидами ситуацию – гибель коловраток происходила во всех исследованных створах (рис. 2). Наибольшая гибель коловраток отмечена в створах 32 (р. Грушевка), 37 (р. Кадамовка) и 39 (р. Тузлов). В биотесте с коловратками с учётом тест-показателя «плодовитость» водные вытяжки донных отложений всех створов оказывали острое токсическое действие.

В биотесте с нативными донными отложениями по фитотоксичности с *Raphanus sativus* всхожесть семян была угнетена практически во всех створах, исключение составили створы верховьев рек М. Несветай (23) и Аюта (26), а также створ 27, расположенный ниже сброса Кировских ОС на р. Аюта, в котором была отмечена легкая стимуляция.

Таблица 1

Наименование и расположение исследованных створов малых рек бассейна р. Тузлов

Река	№ створа	Расположение створа
Большой Несветай	20	Выше выхода шахтных вод шахты «Соколовская»
Малый Несветай	25	Устье
	24	Ниже места выхода шахтных вод шахты № 19, ШУ «Несветаевская» (северная окраина хут. Алексеевка)
	23	Верховье реки (пос. Новопавловка)
Аюта	28	Устье
	27	Ниже сброса Кировских очистных сооружений (ОС) (восточная окраина хут. Новогригорьевка)
	26	Выше сброса шахтных вод шахты «Аютинская» (северо-западная окраина пос. Аютинский)
Атюхта	30	Устье
Грушевка	34	Устье
	33	Ниже устья Аюты (северная окраина ст. Красноковская)
	32	Выше устья р. Аюта
Кадамовка	37	Устье (у моста автодороги к ст. Багаевская)
Тузлов	39	Устье (ниже впадения р. Кадамовка)

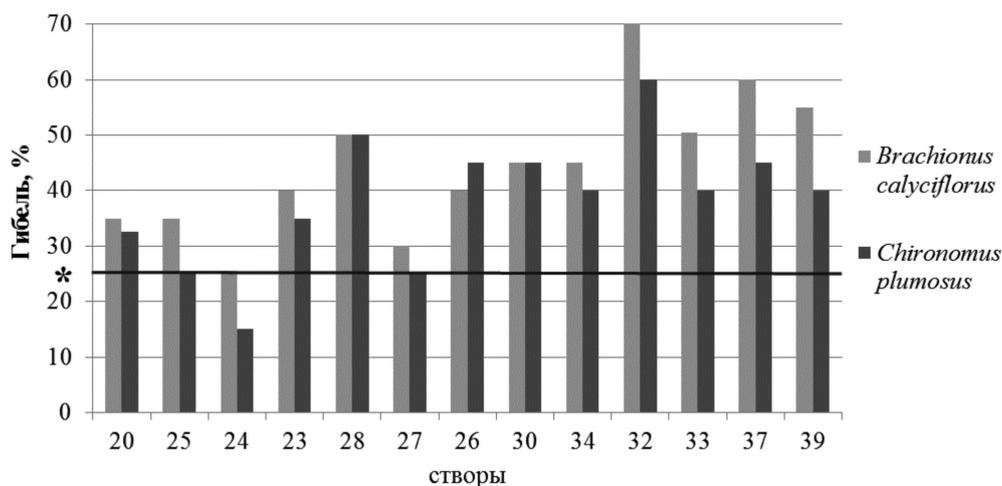


Рис. 2. Результаты биотестирования нативных донных отложений малых рек бассейна р. Тузов по тест-показателю гибели хирономид *Chironomus plumosus* (%) и водной вытяжки донных отложений по гибели коловраток *Brachionus calyciflorus* (отклонение от контроля, %). Примечание. \* – критерий токсичности (гибель 25% и более)

Особенно негативное влияние на всхожесть оказали донные отложения устьевых створов рек Атюхта (30), и Тузлов (39). В пробах створов устьев рек Малый Несветай (25) и Кадамовка (37), а также р. Грушевка выше устья р. Аюта (32) взойшла только половина взятых в биотест семян. Это свидетельствует о токсическом действии донных отложений указанных створов.

При одинаковой невысокой всхожести семян наблюдались значительные различия в количестве появившихся ростков (рис. 3). По этому тест-показателю донные отложения устьевого створа реки Малый Несветай оказались менее токсичными по сравнению с устьевым створом р. Кадамовка и створом в среднем течении р. Грушевка.

По метрическим тест-показателям (рис. 3) стимулирующее действие донных отложений также проявилось в створе, расположенном ниже сброса Кировских ОС на р. Аюта (27). Донные отложения всех остальных исследованных створов оказывали сильное угнетающее действие на метрические тест-показатели ростков – длину корней и ростков.

В створах верховьев рек Большой Несветай (20), Малый Несветай (23), Аюта (26) токсическое действие донных отложений на метрические тест-показатели редиса было менее интенсивным. Стимуляция по всем четырём тест-показателям редиса отмечалась в створе ниже Кировских ОС (27), расположенном в среднем течении р. Аюта.

Оценка фитотоксичности донных отложений складывается из анализа четырех тест-показателей (всхожесть семян, количество ростков, длина ростков и корней) и окончательно даётся по наиболее чувствительному из них. Полученные данные указывают на наличие фитотоксичности нативных донных отложений в десяти створах.

Обобщённые результаты токсичности донных отложений по набору биотестов и свидетельствуют, что токсичность одной той же тестируемой пробы по результатам трёх биотестов не всегда совпадает (табл. 2).

Это связано с биологическими особенностями используемых тест-объектов, различающихся систематической принадлежностью и способами питания. Так, нативные донные отложения были более токсичны для хирономид. По биотесту с хирономидами токсичность донных отложений выявлена в 92% створов, фитотоксичность – только в 77%. В то время как водные вытяжки донных отложений всех створов по результатам биотеста с коловратками оценивались как оказывающие острое токсическое действие.

Итоговая оценка токсичности тестируемых проб является экспертной, её проводят по биотесту, проявившему наибольшую чувствительность. Таким образом, донные отложения всех исследованных створов характеризовались как оказывающие острое токсическое действие.

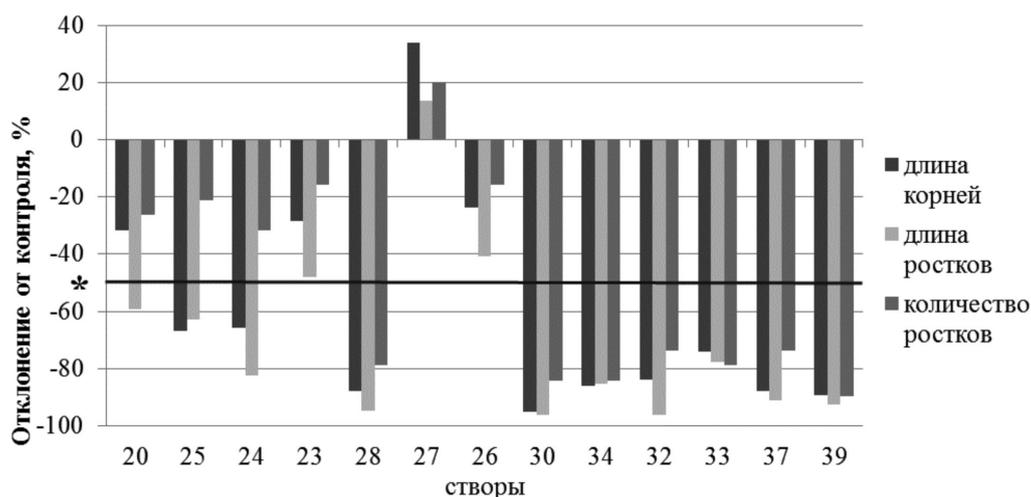


Рис. 3. Результаты биотеста по фитотоксичности нативных донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов по метрическим и биологическим тест-показателям редиса *Raphanus sativus*. Примечание. \* – критерий токсичности (–50% и более)

Таблица 2

Токсичность донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов по набору биотестов

№ створа	Токсичность по тест-объектам			Итоговая оценка токсичности
	<i>Chironomus plumosus</i>	<i>Brachionus calyciflorus</i>	<i>Raphanus sativus</i>	
20	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
25	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
24	нет ОТД	ОТД	ТД	ОТД
23	ОТД	ОТД	нет ТД	ОТД
28	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
27	ОТД	ОТД	нет ТД	ОТД
26	ОТД	ОТД	нет ТД	ОТД
30	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
34	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
32	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
33	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
37	ОТД	ОТД	ТД	ОТД
39	ОТД	ОТД	ТД	ОТД

ОТД – острое токсическое действие, ТД – токсическое действие

### Выводы

1. Донные отложения всех тринадцати исследованных створов семи малых рек бассейна р. Тузлов оказывали острое токсическое действие по результатам применения набора биотестов. Наибольшее проявление токсичности обнаружено в устьях рек Атюхта, Аюта, Кадамовка, Тузлов, Грушевка и среднего течения Грушевки.

2. Нативные (необработанные) донные отложения в 92% створов характеризовались

как оказывающие острое токсическое действие в биотесте с хирономидами *Chironomus plumosus*, исключая 24 створ р. Малый Несветай. Фитотоксичность по *Raphanus sativus* была обнаружена в десяти створах (77%), её отсутствие было отмечено в верховьях рек Малый Несветай (23), Аюта (26) и в створе р. Аюта ниже сброса Кировских очистных сооружений.

3. Водные вытяжки, как и нативные донные отложения, оказывали острое токсическое действие, которое было обнаружено по

биотесту с коловратками *Brachionus calyciflorus* во всех тринадцати створах (100%). Токсичность водных вытяжек донных отложений подтверждает опасность для гидробиоты вторичного загрязнения водной толщи донными отложениями.

4. Использование набора биотестов, включающего тест-объекты разной систематической принадлежности и трофического уровня, позволяет как оценить токсичность нативных донных отложений, так и выявить потенциальную опасность их водных вытяжек для представителей планктоценозов.

В проведённой оценке токсичности донных отложений малых рек бассейна р. Тузлов наиболее чувствительными оказались гетеротрофы-фильтраторы (коловратки).

*Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 14-17-00376).*

#### Список литературы / References

1. Закруткин В.Е., Складенко Г.Ю., Бакаева Е.Н., Решетняк О.С., Гибков Е.В., Фоменко Н.Е. Подземные и поверхностные воды в пределах техногенно нарушенных геосистем Восточного Донбасса: формирование химического состава и оценка качества. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. 172 с.

Zakrutkin V.E., Sklyarenko G.Yu., Bakaeva E.N., Reshetnyak O.S., Gibkov E.V., Fomenko N.E. Surface and groundwater

within the technologically disturbed geosystems of the Eastern Donbass: chemical composition and quality assessment. Rostov-on-Don: Publishing House of Southern federal university, 2016. 172 p. (in Russian).

2. Экологический вестник Дона. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2014 г. / Под общ. ред. В.Н. Василенко, Г.А. Урбан, А.Г. Куренкова, С.В. Толчеевой, С.Ю. Покуля. Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «МС», 2015. 383 с.

Ecological bulletin of Don. About state of environment and natural resources of the Rostov region in 2014 / Under a general Edition V.N. Vasilenko, G.A. Urban, A.G. Kurenkova, S.V. Tolcheeva, S.Yu. Pokul. Rostov-on-Don: Izd-vo ООО «MS», 2015. 371 p. (in Russian).

3. Бакаева Е.Н., Тарадайко М.Н. Экоотоксичность 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.

Bakaeva E.N., Taradayko M.N. 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. Р 52.24.868-2017 Использование методов биотестирования воды и донных отложений водотоков и водоемов. Ростов н/Д., 2017. 57 с.

5. РД 52.24.662-2004 Оценка токсического загрязнения вод и донных отложений пресноводных экосистем методами биотестирования с использованием коловраток. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 32 с.

6. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почв. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартинформ, 2010. 36 с.