

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПИРИДИНА НА ТРЕХ ВИДАХ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПРЕСНОВОДНЫХ МИКРОКОСМОВ

В. А. Поклонов

Международный независимый эколого-политологический университет

Поступила в редакцию 19.01.2017 г.

Аннотация. В условиях биотестирования изучали воздействие пиридина на макрофиты: *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis*. В микрокосмах были созданы концентрации пиридина по 5 ПДК (предельно допустимая концентрация). Инкубация продолжалась 7 дней. Макрофиты *Elodea canadensis* и *Ceratophyllum demersum* продемонстрировали высокую толерантность к загрязнению пиридином и могут использоваться в целях фиторемедиации. После инкубации в течение 24 часов (1 сутки) проявились заметные признаки фитотоксичности вида *Chara fragilis*, к этому времени побеги данного растения погибли. Макрофит *Chara fragilis* является высокочувствительным тест-объектом и годится для биоиндикации в загрязненной водной среде. Данный биотест представил полезную информацию для выявления потенциального риска токсичности пиридина в пресноводных экосистемах.

Ключевые слова: водные экосистемы, фитотоксичность, микрокосмы фиторемедиация, химическое загрязнение, высшие водные растения, качество воды, пиридин.

Abstract. In the conditions of the bioassay studied the effects of pyridine on macrophytes: *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis*. In the microcosms was created in the concentration of pyridine at 5 MPC (maximum permissible concentration). The incubation lasted 7 days. Macrophytes *Elodea canadensis* and *Ceratophyllum demersum* showed a high tolerance to contamination and pyridine can be used for phytoremediation. After incubation for 24 hours (1 day) manifested visible signs of phytotoxicity species *Chara fragilis* by this time the shoots of the plants died. Macrophyte *Chara fragilis* is a highly sensitive test-object and suitable for bioindication in the polluted aquatic environment. This biotest has provided useful information to identify the potential risk of toxicity of pyridine in freshwater ecosystems.

Keywords: aquatic ecosystems, phytotoxicity, phytoremediation microcosm, chemical pollution, aquatic plants, water quality, pyridine.

По данным Российского регистра потенциально опасных химических и биологических веществ, в Российской Федерации производится и применяется порядка 2600 веществ, из них около 1700 соединений имеют утвержденные ПДК (Предельно допустимая концентрация) в различных средах. Более половины из этих веществ — органические соединения. Эти соединения являются приоритетными при экологическом и гидробиологическом мониторинге. Поэтому необходимо изучение воздействия загрязняющих веществ на растения, в том числе и водные [1].

Среди различных классов органических веществ большую опасность представляют гетероциклические соединения, одним из представителей которого является пиридин (II класс опасности по санитарно - токсикологическому показателю). ПДК пиридина в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 0.2 мг/л [2].

Пиридин — бесцветная жидкость с резким неприятным запахом; смешивается с водой и органическими растворителями. Применяют в синтезе красителей, лекарственных веществ, инсектицидов, в аналитической химии, как растворитель многих органических и

некоторых неорганических веществ, для денатурации спирта. Пиридин токсичен, действует на нервную систему, кожу человека [3].

В настоящее время сточные воды фармацевтических, а также коксохимических и металлургических предприятий, содержащие пиридин в концентрациях до 10 - 200 ПДК (2 - 100 мг/дм³), подвергаются, в лучшем случае, биохимической очистке, эффективность которой недостаточна [4,5,6].

В литературе очень мало информации о пиридине, как о токсиканте окружающей среды.

В Российской литературе практически нет данных о воздействии пиридина на водные экосистемы. В мировой литературе было найдено всего 2 работы по воздействию пиридин-содержащих гербицидов на Ряску (*Lemna minor*) [7,8].

Цель работы - выявить фитотоксичность пиридина в пресноводных экосистемах (микроскомах) содержащих побеги высших водных растений *Ceratophyllum demersum* (семейство: Роголистниковые-Ceratophyllaceae G.), *Elodea canadensis* (семейство: Водокрасовые-Hydrocharitaceae Mchk.), *Chara fragilis* (семейство: Харовые-Characeae L.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

До проведения опытов побеги высших водных растений *Ceratophyllum demersum* (Роголистник темно-зеленый), *Elodea canadensis* (Элодея канадская), *Chara fragilis* (Хара ломкая) содержались в условиях оранжереи, в ботаническом саду Московского государственного университета, в больших резервуарах с водой, прошедшей обработку фильтрацией через мембраны.

Всего в опыте было задействовано 12 сосудов (микроскомов).

В микроскомы № 1,2,3 с добавлением пиридина вносились побеги макрофитов *Ceratophyllum demersum*.

В микроскомы № 4,5,6 с добавлением пиридина вносились побеги макрофитов *Elodea canadensis*. В микроскомы № 7,8,9 с добавлением пиридина вносились побеги макрофитов *Chara fragilis*.

В качестве контроля были взяты сосуды № 10,11,12, куда вносились побеги, но не добавлялся пиридин.

В состав экспериментальных микроскомов входили следующие компоненты: отстаиваемая водопроводная вода (ОВВ), по 1000 мл; органическое загрязняющее вещество (добавка пиридина по 5 ПДК в каждый сосуд кроме контрольных) и три вида макрофитов, как указано в таблице (таб. 1).

По критериям уровня токсического загрязнения воды 5 ПДК для пиридина это граница между высокотоксичной и чрезвычайно токсичной средой в водной экосистеме. Сточные воды многих предприятий, как сказано выше содержат пиридин минимум в 2 раза выше исследуемой концентрации.

Инкубация была в лабораторных условиях при температуре 22 ± 5°C, при естественном фотопериоде.

Длительность инкубации для микроскомов составила 7 суток (таб. 2). В течение 7 суток вели ежедневный визуальный мониторинг состояния макрофитов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Макрофиты показали неодинаковую толерантность к загрязнению пиридином. Тестируемый ксенобиотик проявлял фитотоксичность (таб. 2)

После 168 часов (7 сут) инкубации, не проявилось признаков фитотоксичности у *C. demersum* (таб.3). Растения *C. demersum* смогли пережить загрязнение пиридином в 1.0 мг/л (5 ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) без признаков фитотоксичности.

Таблица 1.

Состав микроскомов

№ микроскома	Название растения	Сырой вес побегов, г	ОВВ, мл
1	<i>Ceratophyllum demersum</i>	39.2	1000
2	<i>Ceratophyllum demersum</i>	38.1	1000
3	<i>Ceratophyllum demersum</i>	37.8	1000
4	<i>Elodea canadensis</i>	28.3	1000
5	<i>Elodea canadensis</i>	27.9	1000
6	<i>Elodea canadensis</i>	29.8	1000
7	<i>Chara fragilis</i>	23.6	1000
8	<i>Chara fragilis</i>	24.8	1000
9	<i>Chara fragilis</i>	22.9	1000
10	<i>Ceratophyllum demersum</i> (контроль)	22.5	1000
11	<i>Elodea canadensis</i> (контроль)	19.7	1000
12	<i>Chara fragilis</i> (контроль)	20.2	1000

Таблица 2.

Состояние микрокосмов

№ микрокосма	Виды макрофитов	1 сут	2 сут	7 сут
1	<i>C. demersum</i>	Растения зеленые; нет изменений, занимают весь столб воды	Растения зеленые, занимают весь столб воды, признаков неблагополучия не наблюдается, тургор присутствует	Растения в целом зеленые, занимают весь столб воды, признаков фитотоксичности не наблюдается; тургор присутствует; легкий запах пиридина
2	<i>C. demersum</i>			
3	<i>C. demersum</i>			
4	<i>E. canadensis</i>	Растения зеленые; нет изменений, занимают весь столб воды	Растения зеленые, занимают весь столб воды, признаков фитотоксичности не наблюдается, тургор присутствует	Большинство растений зеленые, занимают весь столб воды, признаков неблагополучия нет, тургор присутствует; легкий запах пиридина
5	<i>E. canadensis</i>			
6	<i>E. canadensis</i>			
7	<i>C. fragilis</i>	около 60% побегов побледнело, гибель	85% побегов побледнело; полная гибель растений	Беспорядочные комки фитомассы на дне; стойкий запах пиридина
8	<i>C. fragilis</i>	около 55% побегов побледнело, гибель	75% побегов побледнело; полная гибель растений	
9	<i>C. fragilis</i>	около 55% побегов побледнело, гибель	85% побегов побледнело; полная гибель растений	
10	<i>C. demersum</i> (контроль)	На протяжении всего эксперимента никаких признаков фитотоксичности не наблюдалось		
11	<i>E. canadensis</i> (контроль)			
12	<i>C. fragilis</i> (контроль)			

После 168 часов (7 сут) инкубации во всех микрокосмах с *E. canadensis* не наблюдалось признаков неблагополучия. Побеги *E. canadensis* продемонстрировали жизнеспособность при загрязнении воды микрокосмов пиридином в 5 ПДК (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования).

Как показывают результаты эксперимента, после инкубации в течение 24 часов (1 сут) проявились заметные признаки фитотоксичности (таб.3) вида *C. fragilis*, к этому времени побеги данного растения погибли. Этот результат воздействия пиридина (гибель всех побегов *Chara fragilis* во всех трех микрокосмах) подтвердили наблюдения через 48 ч инкубации. Растения *C. fragilis* не смогли пережить загрязнение пиридином в 5 ПДК (для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования) и погибли после 24 часов инкубации.

Данные о пиридине, так же как результаты изучения взаимодействия других поллютантов с макрофитами [9,10,11,12] полезны для целей фиторемедиации.

Фиторемедиация в данном случае - комплекс методов очистки сточных вод с использованием высших водных растений.

Полученные результаты могут использоваться

при методической разработке вариантов биотестирования для того, чтобы оценить фитотоксичность органических ксенобиотиков.

ВЫВОДЫ

Впервые получены данные о воздействии пиридина на водные макрофиты *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Chara fragilis*.

Изложенные выше результаты проведенных опытов вносят вклад в сведения о фитотоксическом потенциале пиридина.

Макрофит *C. fragilis* не смог сохранить жизнеспособность в воде загрязненной пиридином, произошла гибель растения в течение 24 часов. Макрофиты *C. demersum* и *E. canadensis* проявили высокую толерантность к загрязнению пиридином и могут использоваться для целей фиторемедиации. Результаты эксперимента показали, что макрофит *C. fragilis* является высокочувствительным тест-объектом, который можно использовать в водоемах для биоиндикации водной среды.

Данный биотест представил полезную информацию для выявления потенциального риска токсичности пиридина в пресноводных экосистемах.

Для дальнейшего изучения органических ксенобиотиков, которые неблагоприятно воздействуют на окружающую среду, необходимо продол-

жать проводить эксперименты с использованием разных видов высших водных растений и ксенобиотиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поклонов В.А. Фитотоксический эффект бензола в водной среде/ В.А. Поклонов // Экологический вестник России. — 2015. — №12. — С. 66-69.
2. Гигиенические нормативы "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. ГН 2.1.5.1315-03". Источник: www.dioxin.ru/doc/gn2.1.5.1315-03.htm (Дата обращения 22.12.2016).
3. ГОСТ 13647-78. Реактивы. Пиридин. Технические условия. URL: docs.cntd.ru/document/gost-13647-78. (Дата обращения 13.05.2017).
4. Когановский А.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А.М. Когановский [и др.] // Москва: Химия-1983. — 288 С.
5. Чумаков Ю.И. Пиридиновые основания / Ю.И. Чумаков // Киев: Техника. 1965. — С. 54-56.
6. Марков В.В. Удобрения и ядохимикаты из продуктов коксования / В.В. Марков — Москва: Металлургия, 1981. — 112 С.
7. Fairchild J.F. Comparative Sensitivity of *Selenastrum capricornutum* and *Lemna minor* to

Sixteen Herbicides. / J.F. Fairchild [et al.] // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. — 1997. — Volume 32, Issue 4 — P. 353–357.

8. Peterson H. G. Aquatic phyto-toxicity of 23 pesticides applied at expected environmental concentrations. / H.G. Peterson [et al.] // Aquatic Toxicology. — 1994. — Volume 28, Issues 3–4. — P. 275-292.

9. Остроумов С.А. Присутствие макрофитов в водной системе ускоряет снижение концентрации меди, свинца и других тяжелых металлов в воде / С.А. Остроумов [и др.] // Водное хозяйство России. — 2009. №2. — С.58-66.

10. Поклонов В.А. Изучение взаимодействий неорганических загрязняющих веществ с растениями в условиях водных микрокосмов/ В.А. Поклонов [и др.] // Успехи наук о жизни. — 2011. — №3. — С. 121-123.

11. Поклонов В.А. О воздействии детергентов на *Vigna radiata* и *Lens culinaris* в условиях биотеста / В.А. Поклонов, С.В. Котелевцев, С.А. Остроумов // Токсикологический вестник. — 2012. — Т.116, №5. — С. 49-53.

12. Поклонов В.А. Воздействие смесового препарата «Losk automat intensive» на высшее водное растение роголистник (*Ceratophyllum demersum*). / В.А. Поклонов // Вода: химия и экология. — 2015. — №10. — С. 82-86.

Международный независимый эколого-политологический университет. Москва

Поклонов В.А., заведующий лабораторией водоподготовки, водоочистки и экологического мониторинга водных объектов

Тел.: 8(917)562-65-71

E-mail: warvir@rambler.ru

International independent ecological and politological University. Moscow

Poklonov V. A., Head of laboratory of water treatment, water purification and environmental monitoring of water objects

Ph.: 8(917)562-65-71

E-mail: warvir@rambler.ru