УДК 574.24 + 57.044

СРАВНЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕСТ-ОРГАНИЗМОВ DAPHNIA MAGNA И CERIODAPHNIA AFFINIS К СОЕДИНЕНИЯМ АЛЮМИНИЯ

Олькова А.С.

ФГБОУ ВО «Вятский государственный гуманитарный университет», Киров, e-mail: morgan-abend@mail.ru

Соединения алюминия представляют опасность при переходе в токсичные формы в результате природного и антропогенного закисления водоемов. Проводилась сравнительная оценка чувствительности низших ракообразных Daphnia magna и Ceriodaphnia affinis к хлориду и сульфату алюминия в условиях хронического токсикологического эксперимента. Показано, что оба вида рачков реагируют на загрязнение природных вод, кратное 5 и 10 ПДК (для вод хозяйственно-бытового назначения). Отмечено достоверное снижение плодовитости особей, их гибель, а также угнетение морфо-функционального состояния. С. affinis более перспективны для оценки загрязнения вод алюминием, так как выявлен дифференцированный отклик на разные дозы вещества, а также их жизненный цикл короче. D. magna оказались более чувствительны к сульфату алюминия, а С. affinis — к хлориду алюминия.

Ключевые слова: биотестирование, Daphnia magna, Ceriodaphnia affinis, тест-функции, соединения алюминия, загрязнение природной воды

COMPARISON OF THE SENSITIVITY OF THE TEST ORGANISMS DAPHNIA MAGNA AND CERIODAPHNIA AFFINIS COMPOUNDS OF ALUMINUM

Olkova A.S.

Federal public budgetary educational institution of higher education «Vyatka state university of humanities», Kirov, e-mail: morgan-abend@mail.ru

Aluminium compounds are dangerous in the transition to the toxic form as a result of natural and anthropogenic acidification of water bodies. Conduct a comparative evaluation of the sensitivity of the lower crustaceans Daphnia magna and Ceriodaphnia affinis to chloride and aluminum sulfate in conditions of chronic toxicological experiment. It is shown that both types of crustaceans respond to pollution of natural waters, a multiple of 5 and 10 norm (for water for household purposes). There was a significant decrease in the fertility of individuals, their death, as well as inhibition of the morpho-functional state. C. affinis are more promising for the evaluation of pollution from aluminum, as revealed differential response to different doses of the substance, as well as their life cycle is shorter. D. magna were more sensitive to aluminum sulphate and C. affinis – to aluminum chloride.

Keywords: bioassay, Daphnia magna, Ceriodaphnia affinis, test function, aluminum compounds, pollution of natural water

Загрязнение природных поверхностных вод алюминием во всем многообразии его минеральных форм является актуальной проблемой со многими нерешенными вопросами. В поверхностных водных объектах содержится в 10-20 раз больше соединений алюминия, чем в водах родников. Наиболее интенсивно насыщаются алюминием реки и ручьи экосистем с преобладанием торфянисто-подзолисто-глееватых почв. Концентрация токсичных соединений алюминия в поверхностных водах увеличивается при антропогенном подкислении [6]. Ранее нами было показано, что в водоемах вблизи комплекса химических предприятий при уровне рН, близком к нейтральному, обнаруживается концентрация алюминия, кратная 1,6-2,2 ПДК для культурно-бытовых вод, тогда как при подкислении среды среди прочих загрязняющих веществ, установлено загрязнение алюминием на уровне 8,5 ПДК [5].

Соединения алюминия попадают в природные воды естественным путем, при ча-

стичном растворении глин и алюмосиликатов, а также в результате вредных выбросов отдельных производств, с атмосферными осадками или сточными водами. Соли алюминия также широко используются в качестве коагулянтов в процессах водоподготовки для коммунальных нужд. Исследования показывают, что соединения алюминия в виде растворенных ионов могут оказывать влияние на живые организмы, в том числе и на человека.

Алюминий легко образует нерастворимые или биологически неактивные соединения, которые не могут проникнуть в клетки и ткани и практически безопасны для растений и животных. Кислотные дожди и содержащая кислоты пища высвобождают $A1^{3+}$ и его соединения из почвы в воду и продукты питания, где он становится доступным для живых организмов. Многие исследования ясно демонстрируют токсичность алюминия для человека, животных и растений [7, 10]. При закислении водных

экосистем алюминий становится высокотоксичным и вызывает массовую гибель молоди рыб [4].

Для оценки качества природных вод биологическими методами необходимо ориентироваться в чувствительности применяемых тест-организмов к токсикантам. По результатам проведённых нами ранее экспериментов построен следующий ряд по уменьшению чувствительности к соединениям алюминия распространенных в биотестировании тест-объектов: инфузории Paramecium caudatum > бактерии тестсистемы «Эколюм» Escherichia coli > одноклеточная водоросль хлорелла Chlorella vulgaris > дафнии Daphnia magna [1]. Несмотря на относительно низкую чувствительность низших ракообразных к алюминию, дафнии дают возможность эффективно оценивать хроническое токсическое действие проб и присутствующих в них веществ.

Целью представленной работы стала сравнительная оценка чувствительности низших ракообразных *Daphnia magna* Straus и *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg к загрязнению в природных водах соединениями алюминия.

Материалы и методы исследования

В качестве тест-организмов выбрали низших ракообразных *Daphnia magna* и *Ceriodaphnia affinis* как распространенных, хорошо зарекомендовавших себя в практике биотестирования тест-культур. По-казателем хронического токсического воздействия на рачков считается достоверное снижение плодовитости особей в опытных вариантах тестируемых вод по сравнению с контрольной средой, в которой длительное время обитает культура [8, 9].

Для достижения поставленной цели проведены модельные эксперименты по установлению хронического токсического действия природных вод, в которые введены добавки сульфата алюминия и хлорида алюминия. Сульфат-анионы и хлорид-анионы являются естественными составляющими большинства природных вод, поэтому предполагаем, что токсическое действие будет проявляться за счет алюминия и его образующихся водорастворимых форм. В природных водах алюминий присутствует в ионной, коллоидной и взвешенной формах. Миграционная способность невысокая. Образует довольно устойчивые комплексы, в том числе органо-минеральные, находящиеся в воде в растворенном или коллоидном состоянии [7].

Исследовались растворы с концентрациями ионов алюминия 5 ПДК и 10 ПДК. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для вод хозяйственнобытового назначения — 0,2 мг/л [2]. Приготовление исследуемых растворов производилось на питьевой воде централизованной системы водоснабжения (артезианская скважина). При химическом анализе данной воды в её составе не было обнаружено ионов алюминия (в диапазоне измерения от 0,04 до 0,56 мг/л).

Контролем служила вода без добавок. Уровень рН тестируемых вод находился в диапазоне, оптимальном для рачков (7,2-7,8).

Результаты исследования и их обсуждение

Опыт по установлению хронического токсического действия проб с использованием дафний разных видов служит для глубокого, подробного исследования свойств тестируемых сред, а также установления характера действия токсикантов на гидробионтов. В процессе эксперимента отслеживается выживаемость особей, их плодовитость [8, 9]. Также можно фиксировать изменение морфологических признаков (двигательной активности, окраски, размера).

Полученные результаты отражены в табл. 1 и 2.

По показателю гибели особей за период эксперимента все пробы оказались токсичными как для *D. magna*, так и для *C. affinis*: критерий токсичности в хронических экспериментах — гибель более 20% особей. При этом в кратковременных опытах на установление острой токсичности критерий токсичности превышен не был. Вероятно, это связано с длительным проявлением токсических эффектов соединений алюминия за счет превалирования комплексных соединений над истинно растворенными формами.

В ходе исследования установлено, что отличия плодовитости рачков дафний и цериодафний в опытных вариантах по сравнению с контрольными достоверны, а не случайны, то есть пробы воды с концентрациями 5 ПДК $(A1^{3+})$ и 10 ПДК $(A1^{3+})$ оказывают хроническое токсическое действие на тест-организмы. При этом статистически достоверных отличий эффектов действия двух исследуемых доз на дафний и цериодафний не выявлено. Следовательно, низшие ракообразные чувствительны к присутствию соединений алюминия в водах, но эффекты на относительно невысокие превышения нормативов аналогичны.

Плодовитость *D. magna* была угнетена в 3 раза по сравнению с показателем в чистой воде, а для *C. affinis* в среднем в 2 раза. Гибель *D. magna* была примерно на 10% выше, чем *C. affinis*, поэтому нельзя утверждать, что цериодафнии более чувствительны к алюминию.

Аналогичные эксперименты были проведены с модельными растворами хлорида алюминия (табл. 2).

		Таблица 1
Сравнение чувствительности D .	magna и С. affinis к сульфат	у алюминия

№ п/п	Вариант	Плодовитость (кол-во особей на 1 самку)		Смертность, %	
		D. m.	C. aff.	D. m.	C. aff.
1	Контроль	15 ± 0.9	$38,6 \pm 11,3$	0	0
2	5 ПДК (Al)	4,6 ± 1,0*	18,7 ± 9,5*	66	51,6
3	10 ПДК (Al)	5,1 ± 2,3*	$16.0 \pm 9.7*$	69,3	58,5

Примечание. Значения достоверно отличаются от контрольных по критерию Стьюдента.

 Таблица 2

 Сравнение чувствительности D. magna и C. affinis к хлориду алюминия

№ п/п	Вариант	Плодовитость (кол-во особей на 1 самку)		Смертность, %	
		D. m.	C. aff.	D. m.	C. aff.
1	Контроль	15 ± 0.9	$38,6 \pm 11,3$	0	0
2	5 ПДК (Al)	8,9 ± 1,0*	17,1 ± 9,7*	40,7	55,7
3	10 ПДК (Al)	8,3 ± 2,3*	$5,3 \pm 4,1*$	44,6	86

Пр и мечание. Значения достоверно отличаются от контрольных по критерию Стьюдента.

Как и в первом опыте, гибель дафний и цериодафний превысила 20% на момент окончания эксперимента. Эффект воздействия хлорида алюминия на рачков выражался в снижении выживаемости, торможении роста и развития, угнетении функции размножения. Изменение морфофункционального состояния возможно использовать в качестве информативной тест-функции [3].

В биотесте с цериодафниями данные, полученные для вариантов 5 и 10 ПДК, значительно отличаются друг от друга. Действие хлорида алюминия достоверно усиливается с увеличением дозы. Под влиянием добавки 10 ПДК многие особи не оставляли потомства, что говорит о гонадотоксическом действии.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

- 1. D. magna и C. affinis чувствительны к загрязнению вод соединениями алюминия, однако токсические эффекты проявляются в хронических экспериментах: угнетается плодовитость особей, увеличивается смертность взрослых особей, наблюдается уменьшение размеров тела.
- 2. Действие сульфата алюминия при 5 и 10 ПДК в расчете на металл проявляется аналогично, тогда как в экспериментах с хлоридом алюминия для *C. affinis* выявлены достоверные отличия влияния разных доз, поэтому цериодафнии более перспективны для оценки качества вод, потенциально загрязняемых соединениями алюминия.
- 3. Более короткий жизненный цикл *C. affinis* позволяет оперативнее получать

результаты хронических токсикологических экспериментов.

4. *D. тавра* оказались более чувствительны к сульфату алюминия, тогда как *C. affinis* – к хлориду алюминия. Вероятно, такая зависимость может изменяться в ответ на химический состав исследуемых вод.

Список литературы

- 1. Вараксина Н.В., Ашихмина Т.Я., Олькова А.С. Изучение влияния соединений алюминия на тест-организмы в условиях модельного эксперимента // Теоретическая и прикладная экология. -2012. № 3. С. 65–70.
- 2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (с изменениями на 28 сентября 2007 года).
- 3. Лесников Л.А., Мосиенко Т.К. Приемы биоиндикации, биотестирования при текущем надзоре за загрязненностью водных объектов и выявлении превышения их ассимилирующей способности. Методические указания. С.-Пб.: ГосНИОРХ, 1992.
- 4. Никаноров А.М., Трунов Н.М. Внутриводоемные процессы и контроль качества природных вод / Под ред. Бедрицкого А.И. С-Пб.: Гидрометеоиздат, 1999.-150 с.
- 5. Олькова А.С., Дабах Е.В. Опыт интерпретации результатов биотестирования поверхностных вод при химическом и радиоактивном загрязнении // Теоретическая и прикладная экология, 2014. № 3. С. 21–28.
- 6. Толпешта И.И. Соединения алюминия в поверхностных водах и почвах различных экосистем южной тайги верхней части бассейна р. Межи // Водные ресурсы. 2012. Том 39, № 1. С. 99—110.
- 7. Тянтова Е.Н., Бурухин С.Б., Сынзыныс Б.И., Козьмин Г.В. Химия алюминия в окружающей среде // Агрохимия. 2005. № 2. С. 87–93.
- 8. ФР.1.39.2007.03221. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. М.: АКВАРОС, 2007.
- 9. ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: АКВАРОС, 2007.
- 10 Achilli M., Ciceri G.and Ferraroli R. Aluminium speciation in aqueous solutions / Water, Air, and Soil Poll, 1991.-V.57-58.-P.139-148.