

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПАВ-СОДЕРЖАЩЕГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ МАКРОФИТОВ

С. А. Остроумов, Е. А. Соломонова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, Москва, 119991 Россия
e-mail: Ar55@yandex.ru

Поступило в редакцию 11 мая 2012 г.

Продолжено исследование фитотоксичности поверхностно-активных веществ (ПАВ) и ПАВ-содержащих препаратов. Изучено воздействие ПАВ-содержащего препарата, жидкого детергента – концентрата моющего средства Liquid Crystal Concentrate (LCC) на водные растения, макрофиты *Elodea Canadensis*, в условиях экспериментальных микрокосмов. Установлено, что препарат LCC оказывал негативное влияние на макрофиты в диапазоне концентраций 50.00–150.00 мкл мл⁻¹.

Ключевые слова: детергент, фитотоксичность, макрофиты; Liquid Crystal Concentrate, *Elodea canadensis*.

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущих исследованиях при изучении воздействия ПАВ и ПАВ-содержащих смесевых препаратов на высшие растения [1–6, 10, 14, 16–20], водоросли [7–9] и цианобактерии [21] были установлены различные формы проявления токсичности этих веществ. Потребление синтетических ПАВ в составе различных моющих средств и соответствующее загрязнение ими водных объектов в ряде стран достигает: анионных ПАВ – свыше 6 г на одного человека в день, неионогенных ПАВ – свыше 4 г, катионных ПАВ – свыше 1 г на одного человека в день [2]. Необходимы дальнейшие исследования воздействий ПАВ-содержащих препаратов на живые организмы, в том числе на макрофиты. Среди таких препаратов – концентрированные смеси ПАВ, которые широко используются при производстве моющих средств. Их воздействие на высшие водные растения не изучалось. Цель данной работы – внести вклад в заполнение этого пробела в научных знаниях.

В данной работе исследовали воздействие концентрированной смеси анионных и неионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) liquid crystal concentrate (LCC), производимой

Stephenson Group Ltd. (Англия). Препарат LCC применяется в качестве основы при производстве косметических моющих средств (шампуней, жидкого мыла, пены для ванн), продается и используется на территории РФ. Ранее исследований возможного воздействия этого препарата на водные растения не проводилось.

Предыдущие исследования выявили токсичность анионных ПАВ (АПАВ) для макрофитов [1; 2; 3]. Наличие в составе препарата LCC АПАВ лауретсульфата натрия делает необходимым проверку возможной фитотоксичности для макрофитов *Elodea canadensis*, широко распространенного вида в водных экосистемах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты ставили по ранее описанной и использованной методике [1, 5, 6]. При постановке опытов в микрокосмы (объем воды – 1.0 л) помещали макрофиты *E. canadensis* по три побега растений в сосуде, суммарной биомассой – 7.9 ± 3.6 г (сырой вес) Весовое количество биомассы растений в микрокосмах указано в табл. 1. Опыты проводили в условиях естественной фотопериодичности, в трехкратных повторностях, при

температуре воды 11.5±2.5°C. Концентрация однократных добавок препарата LCC составляла 50.00, 100.00, 150.00 мкл мл⁻¹. Состав препарата LCC: вода (25–50%), ПАВ лауретсульфат натрия: 25–50%, пропилен гликоль 1–5%, хлорид натрия 1–5%, кокамин оксид 1–5%, кокоамидопропил бетаин 1–5%, лимонная кислота 0.1–1.0%, тетранатрия ЭДТА (хелатирующий агент) 0.1–1.0%, поликватерниум-7 0.1–1.0%, нитрат магния <0.1%, хлорид магния <0.1%, метилхлороизотиазолинон <0.1%, метилизотиозолинон <0.1% (всего 9 ppm активного изотиозолинона).

Свойства препарата: бесцветная прозрачная или слегка мутная вязкая жидкость, рН (неразбавленный) 6–7, вязкость препарата – максимум 6000 сПз при 25°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты представлены в табл. 2. Результаты свидетельствуют о том, что тестируемый препарат обладает фитотоксичностью.

В опыте на фитотоксичность через 7 сут наблюдали снижение тургора при концентрации

Таблица 1. Характеристика микрокосмов. Биомасса макрофитов *Eloдея canadensis* в микрокосмах

Концентрация LCC (мкл мл ⁻¹) в водной среде микрокосмов	Порядковый номер микрокосма	Биомасса (сырой вес), г
контроль	1	10.82
	2	7.30
	3	7.51
20.00	4	6.94
	5	6.95
	6	6.00
50.00	7	10.10
	8	6.94
	9	5.89
100.00	10	10.8
	11	5.78
	12	5.87
150.00	13	10.40
	14	8.32
	15	7.46

Таблица 2. Состояние макрофитов *E. canadensis* при воздействии концентрата анионных и неионогенных ПАВ liquid crystal concentrate (LCC). Минимальная и максимальная концентрация лауретсульфата указана в соответствии со спецификацией тестируемого препарата и указанными в ней минимальной и максимальной концентрациями этого вещества в препарате (мин. 25%, макс. 50%)

Концентрация LCC (мкл мл ⁻¹) в водной среде микрокосмов	Концентрация лауретсульфата в микрокосме: минимальная концентрация лауретсульфата натрия в составе LCC (мкл мл ⁻¹)	Концентрация лауретсульфата в микрокосме: максимальная концентрация лауретсульфата натрия в составе LCC (мкг мл ⁻¹)	Состояние макрофитов <i>E. canadensis</i>	
			через 7 сут	через 21 сут
0.00 (контроль)	0.00	0.00	Нормальный тургор и состояние листовых пластинок	Нормальный тургор и состояние листовых пластинок
50.00	12.50	25.00	Снижение тургора	Снижение тургора
100.00	25.00	50.00	Снижение тургора. частичная депигментация листовых пластинок	Гибель более 50% макрофитов
150.00	37.50	75.00	Снижение тургора. частичная депигментация листовых пластинок	Гибель 100% макрофитов

Таблица 3. Негативное воздействие ПАВ и ПАВ-содержащих препаратов на организмы (примеры)

Вещества	Организмы	Номер ссылки
Концентрированная смесь ПАВ LCC	Элодея	Результаты данной работы
Анионный ПАВ ДСН (додецилсульфат натрия. SDS). неионогенный ПАВ Тритон X-100. катионогенный ПАВ терадецилтриметиламмоний-бромид. различные смесевые препараты (детергенты)	Несколько видов высших растений (<i>Sinapis alba</i> , <i>Oryza sativa</i> , <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Triticum aestivum</i> , <i>Lepidium sativum</i> , <i>Camelina sativa</i>), а также пистия <i>Pistia stratiotes</i>	[1, 2]
Синтетическое моющее средство «Аист-Универсал»	<i>Fontinalis antipyretica</i>	[4]
Жидкий детергент «Amway Dish Drops»	<i>Elodea canadensis</i>	
ДСН (SDS)	<i>Najas guadelupensis</i>	[6]
ДСН (SDS)	<i>Potamogeton crispus</i>	[3, 20]
КПАВ	<i>Fagopyrum esculentum</i>	[18]
Анионный ПАВ сульфонол	<i>Lepidium sativum</i> <i>Fagopyrum esculentum</i>	[16]
Различные ПАВ	<i>Fagopyrum esculentum</i> . <i>Brassica alba</i> , <i>Triticum aestivum</i>	[15]
ПАВ-содержащий смесевой препарат (жидкий детергент) "Вильва"	<i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Oryza sativa</i>	[14]
Полимерный ПАВ – натриевая соль сополимера гексена и малеинового альдегида. Молекулярная масса около 20 тыс.	<i>Fagopyrum esculentum</i>	[17]
ТХ-100	<i>Цианобактерии</i>	[21]
ТХ-100	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	[8]
ДСН (SDS) . детергенты Кристалл. Тix;	<i>Водоросль alga Plagioselmis prolonga (Cryptophyta)</i>	[7]
ДСН (SDS)	<i>Dunaliella salina (Chlorophyta)</i>	[9]
Смесевые препараты	<i>Lens sp.</i> , <i>Vigna sp.</i>	Неопубликованные данные

препарата ЛСС 50.00; 100.00 и 150.00 мкл мл⁻¹ и истощение листовых пластинок при концентрации ЛСС 100.00 и 150.00 мкл мл⁻¹. Выявлена также частичная депигментация побегов.

Отмечено изменение в распределении фитомассы побегов растений в объеме водной среды микрокосмов. В контроле фитомасса распределяется по всему объему водной среды и заполняет весь столб воды от ее поверхности до дна микрокосма. В микрокосмах, где в водную среду добавили тестируемый препарат, фитомасса опускается вниз и верхняя часть столба воды оказывается лишенной фитомассы побегов растений.

При концентрации 150.00 мкл мл⁻¹ процент столба воды, не занятый в верхней его части макрофитами, составлял 25–30%. В водной среде без добавленного препарата, то есть в контрольных микрокосмах, не содержащих ЛСС, процент столба воды, не занятый макрофитами – 0–2% (иными словами, весь столб воды до самого верха занят фитомассой). Через 21 сут при концентрации ЛСС 150.00 мкл мл⁻¹ столба воды, не занятый в верхней его части макрофитами, составил 35–40%, и зарегистрирована гибель макрофитов.

Отметим, что негативные эффекты при воздействии тестируемого препарата проявлялись и при значительно меньших концентрациях – практически при всех протестированных концентрациях ЛСС, включая концентрацию ЛСС 50 мкл мл⁻¹. Полученные результаты дополняют данные ранее проведенных опытов, которые показали нарушение общего состояния и биологических функций гидробионтов при воздействии других протестированных веществ, в том числе индивидуальных ПАВ [6, 16, 20] и ПАВ-содержащих смесевых препаратов [4, 5, 10].

Полученные результаты согласуются с исследованиями фитотоксичности ПАВ и ПАВ-содержащих препаратов, проведенными ранее.

В табл. 3 суммированы некоторые примеры воздействия ПАВ и ПАВ-содержащих препаратов на организмы, в том числе на высшие растения – как наземные, так и водные. Из таблицы видно, что новые результаты хорошо вписываются в ранее полученные сведения о фитотоксичном эффекте ПАВ и ПАВ-содержащих препаратов. Эти результаты согласуются также с новыми данными

исследований воздействия детергентов на растительные объекты, полученные нами.

Отметим, что расширение методического опыта тестирования на макрофитах имеет значение не только для оценки опасности ПАВ и детергентов, но и для изучения биологической активности более широкого круга химических веществ. Задача количественной характеристики биологической активности химических веществ имеет самостоятельное значение для решения и фундаментальных научных вопросов, и для разнообразных приложений в области окружающей среды, сельского хозяйства, водно-биологических ресурсов, биотехнологии [11–13, 19, 22].

ЛИТЕРАТУРА

1. Остроумов, С.А., *Вест. Московск., Сер. 16, Биология*, 1990, № 2, С. 27.
2. Остроумов, С.А., *Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы*, М.: МАКС-Пресс, 2001, 334 с.
3. Остроумов, С.А., Соломонова, Е.А., *Токсикологич. Вестн.*, 2010, № 2, С. 10.
4. Остроумов, С.А., Соломонова, Е.А., *Токсикологич. Вестн.*, 2007, № 1, С. 40.
5. Остроумов, С.А., Соломонова, Е.А., *Токсикологич. Вестн.*, 2009, № 3, С. 489.
6. Соломонова, Е.А., Остроумов, С.А., *Токсикологич. Вестн.*, 2009, № 2, С. 32.
7. Aizdaicher, N.A., Markina, Zh.V., *Biologiya Morya*, 2006, vol. 32, no. 1, p. 50.
8. Fisher, N., Maertz-Wernte, M., Ostroumov, S.A., *Izv. Akad. Nauk, Ser. Biologicheskaya*, 1996, no. 1, p. 91.
9. Markina, Zh.V., Aizdaicher, N.A., *Biologiya Morya*, 2005, vol. 31, no. 4, p. 274.
10. Ostroumov, S.A., *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 1990, vol. 45 (2), p. 26.
11. Ostroumov, S.A., *J. Am. Chem. Soc.*, 1992, vol. 203, Part 1, P. 302 ENV R .
12. Ostroumov, S.A., *Uspekhi Khimii*, 1991, vol. 60, no. 3, p. 554.
13. Ostroumov, S.A., *Russ. Chem. Rev.*, 1991, 60 (3), p. 265.
14. Ostroumov, S.A., Khoroshilov, V.S., *Izv. Akad. Nauk, Ser. Biologicheskaya*, 1992, no. 3, p. 452.
15. Ostroumov, S.A., Maximov, V.N., *Izv. Akad. Nauk, Ser. Biologicheskaya*, 1991, no. 4, p. 571.

16. Ostroumov, S.A., Samoilenko, L.S., *Vest. Mosk. Univ., Ser. 16: Biologiya*, 1990, no. 3, p. 74.
17. Ostroumov, S.A., Semykina, N.A., *Russian Journal of Ecology*, 1993, Vol. 24, No. 6, P. 386.
18. Ostroumov, S.A., Tretyakova, A.N., *Russian Journal of Ecology*, 1990, Vol. 21, No. 2, P. 79.
19. Petukhov, V.N., Fomchenkov, V.M., Chugunov, V.A., Kholodenko, V.P., *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2000, Vol. 36, No. 6, P. 564.
20. Solomonova, E.A., Ostroumov, S.A., *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 2007, Vol. 62, No. 46, P. 176.
21. Waterbury, J., Ostroumov, S.A., *Microbiology*, 1994, Vol. 63, No. 2, P. 140.
22. Yablokov, A.V., Ostroumov, S.A., *Conservation of Living Nature and Resources: Problems, Trends, and Prospects*, Berlin: Springer, 1991.

Phytotoxicity of a Surfactant-Containing Chemical Product to Macrophytes

S. A. Ostroumov and E. A. Solomonova

*Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, Moscow, 119991 Russia
e-mail: Ar55@yandex.ru*

Abstract—The authors continued their studies of phytotoxicity of surfactants (surface active agents) and surfactant-containing mix products. The experiments of studies of effects of a detergent Liquid Crystal Concentrate (LCC) on aquatic macrophytes *Elodea canadensis* were carried out in laboratory microcosms. It was shown that the detergent LCC produced some negative effects on the macrophytes at the concentration range of 50.00–150.00 $\mu\text{l ml}^{-1}$.

Key words: detergent, phytotoxicity, macrophytes, Liquid Crystal Concentrate, *Elodea canadensis*.