



ЭКОЛОГИЯ

УДК 574.52

Воздействие водных сред с растворенными СПАВ-содержащими препаратами на водные растения

С. Г. О Гахраманов, О. Н. Торгашкова, А. С. Беликов, Е. Н. Никифорова

Гахраманов Сулейман Галиб О, аспирант кафедры ботаники и экологии биологического факультета, Саратовский государственный национальный исследовательский университет имени Н. Г. Чернышевского, solomon11051993@gmail.com

Торгашкова Ольга Николаевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и экологии биологического факультета, Саратовский государственный национальный исследовательский университет имени Н. Г. Чернышевского, torgaschkova88@mail.ru

Беликов Александр Сергеевич, студент 1-го курса направления подготовки магистратуры 06.04.01 – Биология биологического факультета, Саратовский государственный национальный исследовательский университет имени Н. Г. Чернышевского, a.belik99@mail.ru

Никифорова Евгения Николаевна, аспирант кафедры ботаники и экологии биологического факультета, Саратовский государственный национальный исследовательский университет имени Н. Г. Чернышевского, polishuk-jane@yandex.ru

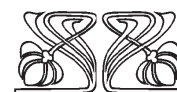
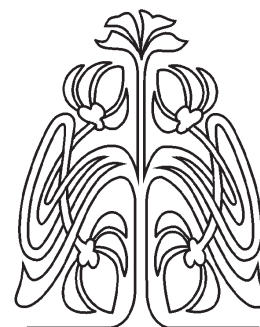
На основе выявления и характеристики ответной реакции водных растений на СПАВ-содержащие препараты проведена оценка потенциальной опасности возможного загрязнения СПАВ водной среды. Степень ущерба от влияния СПАВ-содержащих препаратов на водные растения определялась с использованием водных растений *Elodea canadensis* Michx. (1802), *Potamogeton perfoliatus* L. (1753), *Myriophyllum spicatum* L. (1753), *Najas minor* All. (1773) и *Lemna minor* L. (1753). Были выявлены биологические эффекты исследованных СПАВ-содержащих препаратов (средства для мытья посуды FAIRY и Sanfor Activ с концентрациями СПАВ-содержащего препарата 0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0 и 4.0 мл/л) на растения и проведено наблюдение за реакцией растений в течение нескольких недель. Установлены общие зарегистрированные последствия для исследованных водных растений: депигментация листьев, опадение депигментированных и недепигментированных листьев и уменьшение биомассы растений. Суммарное количество СМС-средств, не приводящее к видимым изменениям в модельных системах с *Elodea canadensis* и *Najas minor* All., более чем в три раза превышало таковое в опытах с *Potamogeton perfoliatus* и *Myriophyllum spicatum*. Показано расположение макрофитов в ряду повышения устойчивости к СПАВ от менее устойчивого *Potamogeton perfoliatus* к более устойчивому *Elodea canadensis*. Именно такой порядок расположения макрофитов в ряду повышения устойчивости подтверждается экспериментальными результатами. Выявленная тенденция повышения устойчивости макрофитов имеет практическое значение при подборе наиболее подходящих видов растений для выработки экологических технологий улучшения качества воды.

Ключевые слова: синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), загрязнение, устойчивость к загрязнителю, пигментация, депигментация, фиторемедиация.

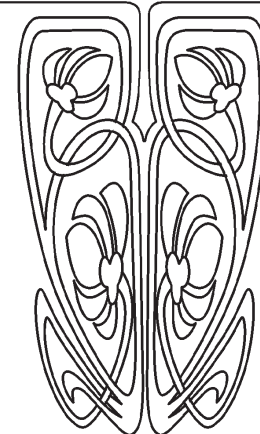
DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-85-89>

Введение

В связи с возрастающими масштабами использования природных ресурсов усиливается антропогенное давление на окружающую природную среду, поэтому на современном этапе неизмеримо



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





возрастают требования к рациональному природопользованию. Качество природной воды является острой проблемой современности, что в значительной мере определено высоким уровнем и разнообразием антропогенной нагрузки [1]. Увеличение антропогенной нагрузки отражается на состоянии и развитии сообществ макрофитов, которые находятся под воздействием многообразия антропогенных факторов и несут наибольшее количество информации об окружающей их среде обитания, так как эволюционно сформировавшиеся адаптационные признаки у них довольно четко индицируют химический и органический состав воды.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) являются обязательным компонентом в большинстве современных технологических процессов и препаратов и занимают значительное место в обиходе, входя в состав моющих средств, косметики, находя применение в текстильной промышленности, металлургии, бумажной промышленности, нефтедобыче, медицине и т. д. [2]. К крупным потребителям ПАВ относится нефтяная и химическая промышленность, предприятия которой находятся в городе Саратове. Среднее содержание СПАВ в сточных водах промышленных предприятий города Саратова – 34,65 мг/дм³ [3].

Во многих работах отмечено негативное воздействие ПАВ-содержащих препаратов на представителей основных функциональных блоков экосистем, включающих в себя как автотрофные, так и гетеротрофные организмы. В поверхностных водах СПАВ находятся в растворенном и сорбированном состоянии, а также в поверхностной пленке воды водного объекта. Попадая в водоемы и водоток, СПАВ оказывают значительное влияние на их физико-биологическое состояние, ухудшая кислородный режим и органолептические свойства, и сохраняются там долгое время, так как разлагаются очень медленно.

Как отмечалось ранее, растения способны поглощать из окружающей среды некоторые токсичные вещества, в том числе СПАВ, попавшие в воду или почву [4], при этом у них происходит активация адаптивных процессов, в результате чего они приобретают устойчивость и способность переносить с меньшими потерями действие высоких концентраций загрязнителей. Поэтому выяснение путей их воздействия на живые организмы актуально в настоящее время. Также представляет интерес изучение эффектов, вызываемых конкретными смесями веществ, в составе которых многие СПАВ попадают в

окружающую среду, – это в основном синтетические моющие средства (СМС) и пеномоющие средства (ПМС) [5].

Материалы и методы

Исследование проводилось в лаборатории кафедры ботаники и экологии Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского.

Целью исследования являлась оценка потенциальной опасности возможного загрязнения ПАВ водной среды на основе выявления и характеристики ответной реакции водных растений на СПАВ-содержащие препараты. Для оценки возможной степени ущерба от влияния СПАВ на водные растения проведены лабораторные опыты с представителями различных экологических групп водных растений, относящихся к нескольким семействам. Среди них представители полностью погруженных укореняющихся водных растений – *Elodea canadensis*, *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas minor*, – а также свободно плавающих в толще воды – *Lemna minor*. Были выявлены биологические реакции исследованных растений на разные концентрации СПАВ-содержащих препаратов.

В качестве СПАВ-содержащих препаратов использовали средства для мытья посуды FAIRY (производитель ООО «Проктер энд Гэмбл-Новомосковск»), изготовлено по заказу ООО «Проктер энд Гэмбл») и Sanfor Activ (производитель ЗАО «Ступинский химический завод»).

Для проведения эксперимента были собраны образцы водных и прибрежно-водных растений на условно чистом участке реки Волги. Макрофиты содержались в лабораторных условиях при искусственном освещении и температуре воды от +22 до +25° С. В ходе исследования растения были помещены в емкости 500 мл с концентрацией СПАВ-содержащего препарата: 0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0 и 4.0 мл/л. Наблюдение за реакцией растений проводилось в течение нескольких недель. При контрольном эксперименте использовалась дистиллированная вода.

Результаты и их обсуждение

В результате воздействия СПАВ-содержащих смесевых препаратов на водные растения были установлены различные формы проявления токсичности этих веществ. Для исследованных водных растений общими зарегистрированными последствиями действия СПАВ-содержащих препаратов явились депигментация листьев, опадение депигментированных и недепигментированных листьев и уменьшение биомассы растений.



Случаи возникновения изменения пигментации (пожелтение) стеблей и листьев отмечены

у всех исследованных растений при разных концентрациях в разные периоды времени (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Изменение пигментации у исследованных растений
Pigmentation changes in the studied plants

Токсикант / Toxicant		<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Najas minor</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Lemna minor</i>
Sanfor activ	Концентрация, мл/л / Concentration, ml/l	0,5	0,3	0,5	0,3	1
	Сутки / Days	3	3	3	3	3
FAIRY	Концентрация, мл/л / Concentration, ml/l	0,5	0,5	1	3	0,75
	Сутки / Days	3	3	3	3	3

Депигментация листьев зарегистрирована в экспериментах со всеми изученными растениями (табл. 2).

Проведение биотестирования СПАВ на нескольких видах макрофитов позволило выявить вид растений сравнительно более чувствительный, чем другие виды, к воздействию исследу-

емого экотоксиканта. Опыты с добавками СМС-средства показали, что среди изученных растений *Lemna minor* более чувствителен к действию СПАВ-содержащего препарата (табл. 3). Гибель более чем 50% растений *Lemna minor* зафиксирована на 3-и сутки от начала при концентрации Sanfor active 0,5 мл/л.

Таблица 2 / Table 2

Депигментация листьев исследованных растений
Depigmentation of the leaves of the studied plants

Токсикант / Toxicant		<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Najas minor</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Lemna minor</i>
Sanfor activ	Концентрация, мл/л / Concentration, ml/l	1	2	2	1	0,3
	Сутки / Days	3	3	3	3	3
FAIRY	Концентрация, мл/л / Concentration, ml/l	3	0,5	0,3	3	0,3
	Сутки / Days	3	3	6	3	3

Таблица 3 / Table 3

Чувствительность изученных растений к воздействию токсиканта (гибель 50% растений)
Sensitivity of the studied plants to the effects of toxicant (death of 50% of plants)

Токсикант / Toxicant		<i>Potamogeton perfoliatus</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Najas minor</i>	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Lemna minor</i>
Sanfor activ	Концентрация, мл/л / Concentration, ml/l	2	2	2	2	0,5
	Сутки / Days	6	9	6	6	3
FAIRY	Концентрация, мл/л / Concentration, ml/l	3	0,3	0,75	2	0,3
	Сутки / Days	6	9	9	9	3

Представляет интерес выявление относительно более устойчивых видов водных растений. Полученные результаты позволили выявить вид водных растений, относительно более устойчивый к токсичному воздействию

синтетических моющих средств. При концентрации FAIRY 4 мл/л диапазон устойчивости у *Elodea canadensis* и *Najas minor* практически на два порядка выше, чем у *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* и в пять раз превышает на-



грузку на *Lemna minor*. Полная гибель растений *Lemna minor* в вариантах опыта с концентрацией FAIRY и Sanfor active 4 мл/л отмечалась на 3-и сутки. Максимальная нагрузка FAIRY для *Elodea canadensis* – 15 суток, для *Najas minor*, *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* – 9 суток, нагрузка Sanfor active для всех растений – 6 суток. Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что они позволили выявить расположение макрофитов в ряду повышения устойчивости к СПАВ от менее устойчивого *Lemna minor* к более устойчивому *Elodea canadensis*. Именно такой порядок расположения макрофитов в ряду повышения устойчивости подтверждается экспериментальными результатами.

Сопоставление нагрузки синтетических моющих средств, при которой наблюдаются нарушения состояния макрофитов, с нагрузкой, при которой не наблюдалось видимых отличий от контроля в течение относительно длительного периода времени, показывает, что удалось выявить границу перехода от сравнительно допустимой нагрузки к безусловно недопустимой в использованных экспериментальных условиях нагрузке. В результате экспериментов и их анализа выявлено, что суммарное количество моющих средств, не приводящее к видимым изменениям в модельных системах с *Elodea canadensis* и *Najas minor*, более чем в три раза превышало таковое в опытах с *Potamogeton perfoliatus* и *Myriophyllum spicatum*.

Таким образом, выявленная тенденция повышения устойчивости макрофитов в установ-

ленном ряду имеет практическое значение при подборе наиболее подходящих видов растений для выработки экологических технологий улучшения качества воды, загрязненной СПАВ. Большинство изучаемых объектов обладает довольно низкой чувствительностью к действию СПАВ-содержащих препаратов, что позволяет предложить эти растения для фиторемидации. Полученные количественные данные о сохранении или утрате жизнеспособности макрофитов при разной концентрации синтетических моющих средств дают информацию для разработки режимов эксплуатации фитомассы водных растений в фитотехнологиях очищения воды.

Список литературы

1. Кожова О. М. Прогноз состояния водных экосистем и примеры экологической оценки действия антропогенных факторов // Прогнозирование экологических процессов. Новосибирск, 1986. С. 27.
2. Поверхностно-активные вещества и композиции / под ред. М. Ю. Плетнева. М. : ООО «Фирма Клавель», 2002. 768 с.
3. Заматырина В. А. Метод очистки сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов с использованием модифицированного органобентонита : дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2015. 116 с.
4. Торгашкова О. Н., Никифорова Е. Н., Беликов А. С. Влияние поверхностно-активных веществ на прорастание семян и рост растений // Евразийский союз ученых. 2018. № 3 (48). С. 22–23.
5. Остроумов С. А. Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы. М. : МАКС-Пресс, 2001, 334 с.

Образец для цитирования:

Гахраманов С. Г. О, Торгашкова О. Н., Беликов А. С., Никифорова Е. Н. Воздействие водных сред с растворенными СПАВ-содержащими препаратами на водные растения // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 85–89. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-85-89>

The Impact of Aquatic Environments with Dissolved Synthetic Surface-Active Substances on Aquatic Plants

S. G. O Gakhramanov, O. N. Torgashkova, A. S. Belikov, E. N. Nikiforova

Suleiman G. O Gakhramanov, <https://orcid.org/0000-0002-3328-114X>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, solomon11051993@gmail.com

Olga N. Torgashkova, <https://orcid.org/0000-0002-3478-5526>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, torgaschkova88@mail.ru

Alexander. S. Belikov, <https://orcid.org/0000-0002-5359-1065>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, a.belik99@mail.ru

Eugenia N. Nikiforova, <https://orcid.org/0000-0003-2711-6700>, Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia, polishuk-jane@yandex.ru

Based on the identification and characteristics of the response of aquatic plants to spav-containing drugs, the potential danger of possible contamination of the aquatic environment with spav was assessed. The extent of damage from the effects of spav-containing drugs on aquatic plants was determined using aquatic plants *Elodea canadensis* Michx.(1802), *Potamogeton perfolia-*



tus L. (1753), *Myriophyllum spicatum* L. (1753), *Najas minor* All. (1773) and *Lemna minor* L. (1753). As a result of the experiment, the biological effects on the studied plants by different concentrations of spav-containing drugs (dishwashing agents FAIRY and Sanfor Activ) using concentrations of spav-containing drug were revealed 0.3, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0 and 4.0 ml/l of spav-containing drug was monitored for plant reaction for several weeks. It was found that for the studied aquatic plants, the common registered consequences were: leaf depigmentation; fall of depigmented and non-depigmented leaves and a decrease in plant biomass. The total amount of SMS-means that did not lead to visible changes in model systems with *Elodea canadensis* and *Najas minor* was more than three times higher than in experiments with *Potamogeton perfoliatus* and *Myriophyllum spicatum*. The location of macrophytes in the series of increasing resistance to synthetic surfactants from less stable *Potamogeton perfoliatus* to more stable *Elodea canadensis* is shown. This order of arrangement of macrophytes in the series of increasing stability is confirmed by experimental results. The revealed tendency of increase of stability of macrophytes has practical value in the selection of the most suitable species of plants for development of ecological technologies for the improvement of the quality of water.

Keywords: synthetic surfactants (detergents), pollution, resistance to pollutant, pigmentation, depigmentation, phytoremediation.

References

1. Kozhova O. M. Prognoz sostoyaniya vodnykh ekosistem i primery ekologicheskoy otsenki deystviya antropogennykh faktorov [Forecast of the state of aquatic ecosystems and examples of ecological assessment of anthropogenic factors]. In: *Prognozirovanie jekologicheskikh processov* [Forecasting of Ecological Processes]. Novosibirsk, 1986. p. 27 (in Russian).
2. *Poverkhnostno-aktivnye veschestva i kompozitsii* [Surfactant and composition]. Ed. by M. Yu. Pletneva. Moscow, OOO "Firma Klavel", 2002. 768 p. (in Russian).
3. Zamatyrina V. A. *Metod ochistki stochnykh vod ot tyazhelykh metallov i nefteproduktov s ispol'zovaniem modifitsirovannogo organobentonita* [Method of sewage treatment from heavy metals and oil products with the use of bentonite pellets modifitsirovannogo]. Diss. Cand. Sci. (Tech.). Saratov, 2015. 116 p. (in Russian).
4. Torgashkova O. N., Nikiforova E. N., Belikov A. S. Effect of surface-active substances on seed germination and plant growth. *Eurasian Union of Scientists*, 2018, no. 3 (48), pp. 22–23 (in Russian).
5. Ostroumov S. A. *Biologicheskie efekty pri vozdeystvii poverkhnostno-aktivnykh veschestv na organizmy* [Biological Effects under the Influence of Surfactants on Organisms]. Moscow, MAKS-Press Publ., 2001. 334 p. (in Russian).

Cite this article as:

Gakhramanov S. G. O., Torgashkova O. N., Belikov A. S., Nikiforova E. N. The Impact of Aquatic Environments with Dissolved Synthetic Surface-Active Substances on Aquatic Plants. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 85–89 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2020-20-1-85-89>
