

ВАСИЛИНА СЕРГЕЕВНА СИМАКОВА

аспирант кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии агрономического факультета, Вятская государственная сельскохозяйственная академия (Киров, Российская Федерация)
vasilina.simakova.1989@mail.ru

ЛЮДМИЛА ИВАНОВНА ДОМРАЧЕВА

доктор биологических наук, профессор кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии агрономического факультета, Вятская государственная сельскохозяйственная академия (Киров, Российская Федерация)
dli-alga@mail.ru

АННА ИВАНОВНА ФОКИНА

кандидат биологических наук, доцент кафедры химии Института естественных наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Российская Федерация)
annushka-fokina@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННОЙ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM*

Цианобактерии являются активными индикаторами и тест-организмами на наличие в окружающей среде поллютантов различной химической природы. Впервые исследовано влияние трех различных автошампуней марок Концентрат, Felix и Uni, относящихся к синтетическим поверхностно-активным веществам, на развитие и физиологическое состояние почвенной цианобактерии (ЦБ) *Nostoc paludosum*. Показано, что наиболее токсичным для ЦБ является Uni, под действием которого гибель клеток *Nostoc paludosum* в чистой культуре достигала 95,8 %. Под влиянием данного автошампуня в концентрациях, применяемых для мойки машин, происходит изменение такого показателя состояния цианобактериальных популяций, как их численность. Сила репрессивного воздействия автошампуня Uni на ЦБ увеличивается пропорционально его концентрации и достигает максимума при 4 расчетных дозах.

Ключевые слова: синтетические поверхностно-активные вещества, автошампуни, цианобактерии, токсичность, численность клеток

ВВЕДЕНИЕ

Разные виды антропогенного воздействия на почву вызывают различные изменения ее микробиологических параметров. Поллютанты, приносимые в почву при техногенном загрязнении, могут оказывать как острое (при первичном поступлении), так и хроническое (при длительном присутствии в почве) действие на развитие микробоценозов.

Разнообразие почвенной микрофлоры и разнообразие загрязняющих веществ не позволяют создать стройную концепцию эволюции микробных сообществ в стрессовых условиях, так как техногенный фактор может и стимулировать, и ингибировать микробиологические процессы. Неоднократно отмечалось, что под воздействием таких поллютантов, как тяжелые металлы [3], [4], [11], пестициды [1], [5], нефть и нефтепродукты [7], фосфорорганические соединения [10], меняется состав и численность различных групп микроорганизмов, их ферментативная активность, другие физиологические и биохимические функции [2], [16].

Подобные изменения зафиксированы и у почвенных цианобактерий (ЦБ), которые в серии исследований рассматриваются как организмы-индикаторы на техногенное загрязнение почвы (эффект цианофитизации) [13], а также в качестве тест-организмов при испытании степени токсичности различных соединений тетразолюно-топографическим методом [6], [12].

К числу поллютантов, циркулирующих в природных экосистемах, относятся и синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), которые широко применяются в промышленности и содержатся во многих средствах бытовой химии. Резкое увеличение количества легковых автомобилей привело к распространению автомоек с применением в них СПАВ в виде автошампуней [16].

Особенность СПАВ – высокая стойкость к деградации, что приводит к их длительной сохранности в различных экотопах и включению в биогенные круговороты [8]. При этом показано, что многие СПАВ токсичны для представителей биоты различного систематического положения [14]. В частности, сублетальные концентрации

СПАВ у ряда водорослей нарушают подвижность половых клеток и спорообразование, изменяют содержание фотосинтезирующих пигментов у *Chlorella vulgaris* [9]. Отмечалось усиление вакуолизации клеток у *Chlamydomonas reihardtii* под действием СПАВ, при этом из 21 вида водорослей, используемых в опыте, выживает всего 6, принадлежащих к отделу Bacillariophyta [17].

Наши предыдущие опыты показали, что под действием ПАВ у ЦБ изменяется такой показатель, как дегидрогеназная активность [3]. В определенных концентрациях СПАВ способны оказывать как стимулирующее, так и токсическое воздействие на ЦБ [15].

Цель данной работы – установить характер действия СПАВ на примере трех марок автошампуней на количественные показатели альгологически чистой культуры ЦБ *Nostoc paludosum* и оценить степень влияния возрастающих концентраций автошампуня Uni на ее развитие в стерильных почвах (песчаной и дерново-подзолистой почве).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили, используя альгологически чистую культуру ЦБ *N. paludosum* Kütz № 18 из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА.

Данный вид относится к представителям нитчатых грамотрицательных бактерий, которые часто называют синезелеными водорослями. *N. paludosum* в составе нитей имеет клетки двух типов: окрашенные вегетативные, в которых происходит процесс окислительного фотосинтеза, и бесцветные – гетероцисты, в которых идет процесс азотфиксации. Таким образом, *N. paludosum* относится к представителям наиболее совершенных автотрофов, сочетая автотрофию по углероду (фотосинтез) и по азоту (азотфиксация).

В почвах *N. paludosum* может развиваться как внутри почвенных микробных комплексов, так и в составе наземных биопленок с колебаниями численности клеток от нескольких тысяч до нескольких миллионов в 1 г или на 1 см² почвы.

В наших опытах *N. paludosum* выращивали в течение 12 недель при t° +22–24 °C и 12-часовом освещении, после чего испытывали характер действия на данный вид ЦБ 3 марок автошампуней (Концентрат, Felix и Uni) в разбавлениях, рекомендуемых для практического использования, – расчетных дозах (р. д.): 0,25; 0,5; 1; 2 и 4.

В качестве тестируемых СПАВ были выбраны автошампуни Концентрат производства ООО «ПК «АБХим»» г. Киров, Кировская область; Felix – г. Дзержинск, Нижегородская область; Uni – Германия. Разница в химическом составе автошампуней заключается, в частности, в содержании массовой концентрации органического фосфора, составляя в автошампуне Концентрат 0,10,

Felix = 0,075 и Uni = 1,00 мг/дм³ (ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 40 с.).

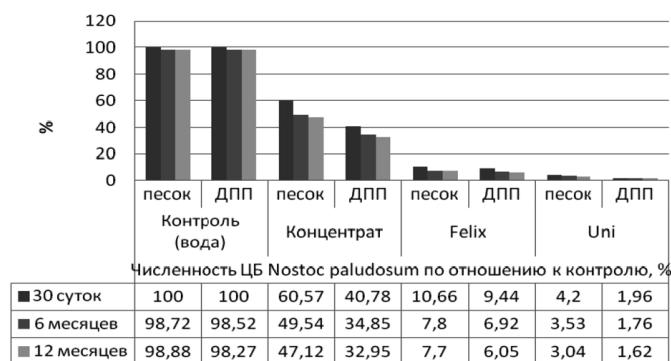
Разбавления автошампуней производились по нормам (1 рекомендуемая доза, или 1 р. д.) для мойки машин: Концентрат – 10 г на 1000 мл, Felix – 35 г на 1000 мл, Uni – 30 г на 1000 мл, однократно (табл. 1). Общий объем жидкости составлял 10 мл (ГОСТ 18309-2014 Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 40 с.).

Таблица 1
Количество автошампуней, внесенных
в используемые субстраты
(песок и дерново-подзолистая почва)

Марка автошампуня	Количество внесенного автошампуня в пробу почвы в одну чашку Петри, г
Концентрат	0,83
Felix	2,92
Uni	2,50

В первой серии опыт был заложен в чашках Петри, куда помещали отдельно промытый, прокаленный речной песок и дерново-подзолистую почву (ДПП) массой 50 г, затем вносили культуру ЦБ *N. paludosum* в виде гомогенизированной суспензии в количестве 1 мл с титром 4,7·10⁸ кл/мл, испытуемый поллютант. На увлажненный песок раскладывали покровные стекла. Модельный опыт по влиянию автошампуней на развитие *N. paludosum* продолжался в течение 30 суток при 12-часовом искусственном освещении и t° = 22–24 °C. Учет численности клеток ЦБ проводили прямым микроскопированием непосредственно на стеклах обрастания. В дальнейшем чашки Петри с вариантами опыта помещали в холодильник при t° +2–4 °C на 6 месяцев для прекращения вегетации ЦБ. После этого опыт продолжался еще 30 суток при увлажнении песка и дерново-подзолистой почвы при 12-часовом искусственном освещении и температуре 22–24 °C. Дальнейшую экспозицию культуры ЦБ с автошампунями продолжали в течение 12 месяцев.

Вторая серия опытов была полностью аналогична по времени экспозиции предыдущей серии, но культуру вносили в ДПП в чашки Петри, где в качестве поллютанта использовали один автошампунь – Uni. Контролем служил вариант без внесения автошампуня. Количество ЦБ инокулята – 1 мл с титром 4,7·10⁸ кл/мл. Учет численности ЦБ также производили на стеклах обрастания, которые раскладывали на выравненную поверхность почвы. На поверхность почвы раскладывали покровные стекла. Через 30 суток провели количественный учет ЦБ. Экспозиция проводилась при 12-часовом искусственном освещении и t° +22–24 °C, после чего осуществляли количественный учет ЦБ. Учет численности клеток ЦБ проводили прямым микроскопированием.



Влияние автошампуней разных марок на развитие *N. paludosum*. Условные обозначения: ДПП – дерново-подзолистая почва. В контроле через 6 и 12 месяцев отмечено снижение численности клеток, которое было внесено и указано в первоначальном титре

нием стекол обрастания через 30 суток и через 6 месяцев, выражая полученные данные в клетках *N. paludosum* на 1 см².

Предварительную стерилизацию песка и ДПП проводили для того, чтобы избежать влияния аборигенной микрофлоры на процессы деградации автошампуней и отслеживать динамику развития ЦБ без аутохтонной фототрофной микрофлоры.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью программ Excel и Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обсуждении результатов влияния автошампуней на развитие *N. paludosum* указывается не абсолютное значение численности клеток, а сравнивается снижение этого показателя под влиянием автошампуней (рисунок).

Опыты по влиянию трех видов автошампуней на развитие *N. paludosum* показали, что для этого вида наиболее токсичным является автошампунь Uni, который по химическому составу отличается наибольшим содержанием органического фосфора.

Особенно сильное репрессивное действие оказывает шампунь марки Uni в песчаной и дерново-подзолистой почвах. Наименее токсичным в этой серии опытов оказался автошампунь Концентрат. При этом сохраняется тенденция снижения численности клеток ЦБ по мере увеличения срока проведения опыта. Данный факт, вероятно, свидетельствует о том, что процесс деградации автошампуней в почве без аборигенной микрофлоры

не происходит, а интродуцированный вид ЦБ в этих процессах не участвует.

Таким образом, во второй серии опытов по содержанию поллютантов был выбран автошампунь Uni.

Степень токсичности автошампуня оценивали по угнетающей численности клеток *N. paludosum* по возрастанию концентрации автошампуня (табл. 2). Отмечается усиление репрессивного эффекта Uni по мере увеличения его концентрации и увеличения времени экспозиции.

Исходя из результатов количественного учета, можно считать, что при возрастании концентрации Uni происходит практически полная гибель цианобактерий, особенно резко выраженная при 4 р. д. (см. табл. 2).

Вычисленный коэффициент корреляции между дозами автошампуня и численностью *N. paludosum* составляет $r = -0,9995$, что говорит о сильной отрицательной корреляции.

Повторное определение численности *N. paludosum* через 6 месяцев показало, что в контрольном варианте и при дозах шампуня 0,5 и 1 р. д. численность ЦБ незначительно изменилась. Однако при более высоких дозах внесения автошампуня Uni репрессивный эффект усиливается. При этом сохраняется тенденция снижения численности клеток ЦБ по мере увеличения концентрации испытуемого вещества ($r = -1,000$).

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований с использованием ЦБ показывают, что применение СПАВ в виде автошампуней для мойки автомо-

Таблица 2
Влияние возрастающих концентраций автошампуня Uni на развитие *N. paludosum* в дерново-подзолистой почве

	Численность ЦБ <i>N. paludosum</i> , тыс. кл./см ²					
	Контроль (вода)	0,25 р. д.	0,5 р. д.	1 р. д.	2 р. д.	4 р. д.
30 суток	126,4 ± 0,5	87,2 ± 0,3	75,3 ± 0,7	69,3 ± 0,7	43,8 ± 0,7	34,4 ± 0,7
6 месяцев	95,1 ± 0,3	75,7 ± 0,6	64,9 ± 0,6	54,9 ± 0,2	29,0 ± 0,4	11,7 ± 0,5

Примечание. р. д. – рекомендуемая доза для мойки машин.

билей может представлять потенциальную опасность для биоты.

Использование *N. paludosum* в качестве тест-организмов показало, что все три испытуемые марки автошампуней вызывают резкое снижение

численности клеток ЦБ, при этом наибольшей токсичностью обладает автошампунь Uni.

Сила репрессивного воздействия автошампуней на ЦБ увеличивается пропорционально возрастанию их концентрации ($r = -0,95$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березин Г. И., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Дабах Е. В. Особенности микробных группировок почв в районе Кильмезского полигона захоронения ядохимикатов (Кировская область) // Принципы экологии. 2016. Т. 5. № 2. С. 4–17.
2. Горностаева Е. А. Влияние ионов меди и никеля на почвенные цианобактерии и цианобактериальные сообщества: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2015. 26 с.
3. Горностаева Е. А., Злобин С. С., Сунцова Е. С., Елькина Т. С., Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я. Микробиологический статус почв в зоне действия Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 44–49.
4. Гузев В. С., Левин С. В. Техногенные изменения сообщества почвенных микроорганизмов // Перспективы развития почвенной микробиологии. М., 2001. С. 178–219.
5. Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Березин Г. И. Реакция почвенной микробиоты на действие пестицидов // Теоретическая и прикладная экология. 2012. № 3. С. 4–18.
6. Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23–28.
7. Дорохова М. Ф., Кречетов П. П. Реакция цианопрокариот на загрязнение почв авиационным керосином в полевом эксперименте // Цианопрокариоты (цианобактерии): систематика, экология, распространение: Междунар. науч. школа-конференция. Апатиты 5–9 сентября 2016 г.: Тез. докладов. Апатиты, 2016. С. 58–61.
8. Калениченко К. П. Определение катионных ПАВ в природных водах // Гидробиологический журнал. 1996. Т. 32. № 6. С. 70–76.
9. Колотская Н. Н., Пискунов Н. Ф., Остроумов С. А. Воздействие катионных ПАВ на пресноводные цианобактерии и зеленые водоросли // Современные проблемы лимнологии, альгологии и фитоценологии. М., 1998. С. 337–338.
10. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Кудряшов Н. А., Ашихмина Т. Я. Биоиндикационные и биотестовые реакции организмов на действие метилфосфонатов и пирофосфата натрия // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 63–69.
11. Мосина Л. В., Давлетьярова Э. А. Тяжелые металлы в почве как источник опасности микотоксинов // Доклады ТСХА. 2012. № 284. Ч. 1. С. 207–209.
12. Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Березин Г. И., Домрачева Л. И., Калинин А. А. Комплексная оценка состояния цианобактерий *Nostoc paludosum* Kutz при воздействии различных поллютантов // Теоретическая и прикладная экология. 2010. № 3. С. 47–52.
13. Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров: Изд-во ВятГУ, 2012. 282 с.
14. Остроумов С. А. Влияние синтетических поверхностно-активных веществ на гидробиологические механизмы самоочищения водной среды // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 5. С. 546–555.
15. Симакова В. С. Определение показателей окислительно-восстановительного потенциала и водородного показателя в автошампунях Felix, Концентрат и Uni // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2016. С. 23–26.
16. Фокина А. И., Горностаева Е. А., Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Домрачева Л. И., Кондакова Л. В. Адаптационные резервы почвенных природных биопленок с доминированием цианобактерий р. *Phormidium* // Сибирский экологический журнал. 2015. № 6. С. 842–851.
17. Паршикова Т. В. Структурно-функціональні маркери адаптації мікрободоростей при дії поверхнево активних речовин: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Киев, 2003. 16 с.

Simakova V. S., Vyatka State Agricultural Academy (Kirov, Russian Federation)
Domracheva L. I., Vyatka State Agricultural Academy (Kirov, Russian Federation)
Fokina A. I., Vyatka State University of Humanities (Kirov, Russian Federation)

A STUDY OF THE SYNTHETIC SURFACE ACTIVE SUBSTANCES' EFFECT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE SOIL CYANOBACTERIUM *NOSTOC PALUDOSUM*

Cyanobacteria are active indicators and test-organisms for the presence in the environment pollutants of different chemical nature. For the first time the impact of three different auto shampoo brands Concentrate, Felix and Uni, related to synthetic surface-active substances (surfactants), on the development and physiological state of the soil cyanobacteria of *Nostoc Paludosum* is investigated. It is shown that a shampoo Uni is the most toxic substance. Its impact on the cells of *Nostoc Paludosum* is very deadly; in pure culture the cells' death rate reached 95.8%. Under the influence of this shampoo in the concentration used for car washing a change in such an indicator of cyanobacterial population as its numerical strength was revealed. The power of the shampoo's repressive effect increases with its concentration and reaches its maximum at 4 calculated doses.

Key words: synthetic surfactants, shampoos, cyanobacteria, toxicity, a number of cells

REFERENCES

1. Berezin G. I., Kondakova L. V., Domracheva L. I., Dabakh E. V. Features of microbial groups of the soil in the area of Kilmetskii pesticides' landfill (Kirov region) [Osobennosti mikrobykh gruppirovok pochv v rayone Kil'mezskogo poligona zakhoroneniya yadokhimikatov (Kirovskaya oblast')]. *Printsipy ekologii* [Principles of Ecology]. 2016. Vol. 5. № 2. P. 4–17.
2. Gornostaeva E. A. *Vliyaniye ionov medi i kaliya na pochvennyye tsianobakterii i tsianobakterial'nye soobshchestva: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [The effect of copper ions and Nickel on soil cyanobacteria and cyanobacterial community]. Moscow, 2015. 26 p.
3. Gornostaeva E. A., Zlobin S. S., Suntsova E. S., El'kina T. S., Domracheva L. I., Ashikhmina T. Ya. Microbiological status of soils in the area of Kirovo-Chepetsk chemical works [Mikrobiologicheskiy status pochv v zone deystviya Kirovo-Chepetskogo khimicheskogo kombinata]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2012. № 3. P. 44–49.
4. Guzev V. S., Levin S. V. Man-made changes in communities of soil microorganisms [Tekhnogennyye izmeneniya soobshchestva pochvennykh mikroorganizmov]. *Perspektivy razvitiya pochvennoy biologii* [Prospects of development of soil biology]. Moscow, 2001. P. 178–219.
5. Domracheva L. I., Ashikhmina T. Ya., Kondakova L. V., Berezin G. I. The reaction of the soil microflora to pesticides [Reaktsiya pochvennoy mikrobioty na deystvie pestitsidov]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2012. № 3. P. 4–18.
6. Domracheva L. I., Kondakova L. V., Ashikhmina T. Ya., Ogorodnikova S. Yu., Ol'kova A. S., Fokina A. I., Application of tetrazole-topographical method of determining dehydrogenase activity of cyanobacteria in polluted environments [Primeneniye tetrazol'no-topograficheskogo metoda opredeleniya degidrogenaznoy aktivnosti tsianobakteriy v zagryaznennykh sredakh]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2008. № 2. P. 23–28.
7. Dorokhova M. F., Krechetov P. P. A reaction of cyanoprokaryota to soil pollution by aviation kerosene in the field experiment [Reaktsiya tsianoprokariot na zagryazneniye pochv aviatsionnym kerosinom v polevom eksperimente]. *Tsianoprokarioty (tsianobakterii): sistematika, ekologiya, rasprostraneniye*. Apatity, 2016. P. 58–61.
8. Kalenichenko K. P. Determination of cationic surfactants in natural waters [Opredeleniye kationnykh PAV v prirodnykh vodakh]. *Gidrobiologicheskiy zhurnal*. 1996. Vol. 32. № 6. P. 70–76.
9. Kolotskaya N. N., Piskunov N. F., Ostroumov S. A. Cationogenic effects of surfactants on freshwater cyanobacteria and green algae [Vozdeystviye kationogennykh PAV na presnovodnyye tsianobakterii i zelenyye vodorosli]. *Sovremennyye problemy limnologii, al'gologii i fitotsenologii*. Moscow, 1998. P. 337–338.
10. Kondakova L. V., Domracheva L. I., Ogorodnikova S. Yu., Ol'kova A. S., Kudryashov N. A., Ashikhmina T. Ya. Bioindicative and Biotest reaction of organisms to the action of methylphosphonates and sodium pyrophosphate [Bioindikatsionnyye i biotestovyye reaktsii organizmov na deystvie metilfosfonatov i pirofosfata natriya]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2014. № 4. P. 63–69.
11. Mosina L. V., Davlet'yarova E. A. Heavy metals in the soil as a source of danger of mycotoxins: report [Tyazhelye metally v pochve kak istochnik opasnosti mikotoksinov]. *Doklady TSKhA*. 2012. № 284. Part 1. P. 207–209.
12. Ogorodnikova S. Yu., Zyкова Yu. N., Berezin G. I., Domracheva L. I., Kalinin A. A. Comprehensive assessment of the status of the cyanobacteria *Nostoc paludosum* Kutz when exposed to different pollutants [Kompleksnaya otsenka sostoyaniya tsianobakteriy *Nostoc paludosum* Kutz pri vozdeystvii razlichnykh pollutantov]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2010. № 3. P. 47–52.
13. *Osobennosti urboekosistem podzony yuzhnoy taygi Evropeyskogo Severo-Vostoka* [Features of urban ecosystems of the southern taiga subzone of the European North-East]. Pod red. T. Ya. Ashikhminoy, L. I. Domrachevoy. Kirov, Izd-vo VyatGU, 2012. 282 p.
14. Ostroumov S. A. The effect of synthetic surfactants on the hydrobiological mechanisms of self-purification of water environment [Vliyaniye sinteticheskikh poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na gidrobiologicheskie mekhanizmy samoochishcheniya vodnoy sredy]. *Vodnye resursy*. 2004. Vol. 31. № 5. P. 546–555.
15. Simakova V. S. The determination of indicators of redox potential and pH in shampoos Felix, Concentrate and Uni [Opredeleniye pokazateley oksislitel'no-vosstanovitel'nogo potentsiala i vodorodnogo pokazatelya v avtoshampunyakh Felix, Kontsentrat i Uni]. Nauchnye issledovaniya i razrabotki v epokhy globalizatsii: *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ufa, 2016. P. 23–26.
16. Fokina A. I., Gornostaeva E. A., Ogorodnikova S. Yu., Zyкова Yu. N., Domracheva L. I., Kondakova L. V. Adaptation of soil reserves of natural biofilm with dominance of cyanobacteria of the genus *Phormidium* [Adaptatsionnyye rezervy pochvennykh prirodnykh bioplenok s dominirovaniem tsianobakteriy r. *Phormidium*]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal*. 2015. № 6. P. 842–851.
17. Паршикова Т. В. Структурно-функціональні маркери адаптації мікробіодоростей при дії поверхнево активних речовин: Автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Киев, 2003. 16 с.

Поступила в редакцию 05.04.2017