

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЛАУРИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННОЙ ЦИАНОБАКТЕРИИ *NOSTOC PALUDOSUM*В.С. СИМАКОВА¹, Л.И. ДОМРАЧЕВА¹, А.И. ФОКИНА²¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия;² Вятский государственный университет)

Цианобактерии являются индикаторами и тест-организмами на наличие в окружающей среде поллютантов различной химической природы. Поэтому в качестве тест-организма нами была взята почвенная цианобактерия *Nostoc paludosum*, в составе нитей которых имеются клетки двух типов: окрашенные вегетативные (происходит процесс оксигенного фотосинтеза) и бесцветные – гетероцисты (идет процесс азотфиксации). Данная цианобактерия *N. paludosum* относится к представителям наиболее совершенных автотрофов, сочетая автотрофию по углероду (фотосинтез) и по азоту (азотфиксация).

Впервые исследовано влияние возрастающих концентраций лаурилсульфата натрия, относящегося к синтетическим анионным поверхностно-активным веществам, в стерильной и нестерильной дерново-подзолистой почве на развитие и физиологическое состояние данной цианобактерии *Nostoc paludosum*.

Доказано, что под влиянием данного синтетического анионного поверхностно-активного вещества в концентрациях, применяемых для мойки автомобилей (0,25–4,0 рекомендуемые дозы), происходит изменение такого показателя состояния цианобактериальных популяций, как их численность. Сила репрессивного воздействия лаурилсульфата натрия, который является составным компонентом анионного поверхностно-активного вещества, на цианобактерию увеличивается пропорционально его концентрации и достигает максимума при 4 расчетных (рекомендуемых) дозах. Установлена высокая токсичность детергента лаурилсульфата натрия для исследуемого вида цианобактерии и повышенная чувствительность *Nostoc paludosum*.

Ключевые слова: синтетические анионные поверхностно-активные вещества, лаурилсульфат натрия, цианобактерии, *Nostoc paludosum*, токсичность, численность клеток

Введение

В настоящее время техногенное загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер. Это связано, прежде всего, с резким увеличением количества легковых автомобилей на дорогах города, и, как следствие этого, увеличением автомоек с применением в них синтетических поверхностно-активных веществ. В соответствии с гигиеническими нормативными документами предельное содержание поверхностно-активных веществ в водопроводной воде не должно превышать 0,5 мг/дм³, выброс же сточных вод в открытые водоемы разрешен лишь в случае остаточных концентраций поверхностно-активных веществ до 1 мг/дм³ [16].

Однако часто содержание детергентов в сточных водах значительно превышает предельно допустимые величины и может изменяться в пределах от 20–30 мг/дм³

(в бытовых стоках) до 50–1000 мг/дм³ (в промышленных сточных водах) [6, 16]. Даже после многократного ополаскивания объектов, обрабатываемых, например, лаурилсульфатом натрия, на поверхности остаются незначительные следы данного вещества [4]. Так, присутствие поверхностно-активного вещества в поверхностных водоемах существенно уменьшает количество растворенного кислорода, необходимого для нормального функционирования водных экосистем, и существенно ухудшает органолептические показатели воды [4]. Так, данный детергент в концентрациях 2–10 тыс. мг/дм³ угнетает рост бактерий *Staphylococcus aureus* и *Staphylococcus lutea* в сточных водах [12].

Поллютанты, привносимые в почву при техногенном загрязнении, могут оказывать как острое (при первичном поступлении), так и хроническое (при длительном присутствии в почве) действие на развитие микробоценозов. Цианобактерии, являясь постоянным компонентом почвенного микросообщества, играют существенную роль в процессах самоочищения почвы и могут использоваться в биодиагностике ее состояния [1, 7, 8, 10, 15, 19]. В серии опытов, установлен эффект цианофитизации (т.е. доминирование цианобактерий в альго-цианобактериальных комплексах) при техногенном загрязнении почвы поллютантами минерального и органического происхождения [13]. Уникальность физиолого-биохимических особенностей цианобактерий позволяет использовать их и в качестве тест-организмов при испытании степени токсичности различных соединений тетразольно-топографическим методом [5, 11]. Среди цианобактериальных тест-организмов успешно используется *Nostoc paludosum*. Наши предыдущие опыты показали, что под действием композиций химических веществ, содержащих поверхностно-активные вещества, у *N. paludosum* изменяется такой показатель как дегидрогеназная активность [3]. В определенных концентрациях химически чистых и загрязняющих веществ в виде синтетических поверхностно-активных веществ способны оказывать как стимулирующее, так и токсическое воздействие на цианобактерии [17]. Так, проведенные опыты по влиянию трех видов загрязняющих веществ (синтетические поверхностно-активные вещества) в качестве автошампуней (Felix, Uni и Концентрат) для мойки автомобилей на развитие цианобактерии *N. paludosum* показали, что все три испытываемые марки автошампуней вызывают снижение численности клеток цианобактерий, при этом наиболее токсичным является автошампунь Uni, который по химическому составу отличается наибольшим содержанием органического фосфора (1,00 мг/дм³) [4, 17].

Для мытья автомобилей, кроме многокомпонентных композиций, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества, применяют химически чистые синтетические анионные поверхностно-активные вещества. Одним из них является лаурилсульфат натрия [9, 18, 20, 21].

Лаурилсульфат натрия – синтетический детергент, обладающий очищающими свойствами и способствующий пенообразованию. Молярная масса лаурилсульфата натрия составляет 288,38 г/моль.

В лаурилсульфате натрия углеводородный радикал CH₃-(CH₂)₁₁- соединен с сульфогруппой S(=O)₂-O-Na, при этом, бензольное кольцо отсутствует [3, 12, 17, 21]. Структурная формула лаурилсульфата натрия представлена на рис. 1.

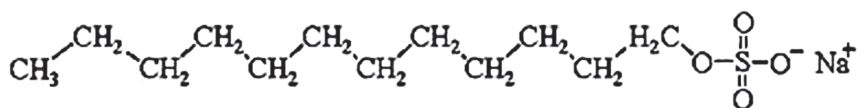


Рис. 1. Структурная формула синтетического лаурилсульфата натрия

Основными продуктами разложения лаурилсульфата натрия являются карбоновые кислоты, альдегиды, двуокись углерода, сульфат-ионы и нитрат-ионы, которые, в свою очередь, относятся к токсичным соединениям [2, 20].

Несмотря на то, что лаурилсульфат натрия относится лишь к 4-му классу опасности, т.е. являются малотоксичными, он оказывает негативное влияние на состояние окружающей среды.

До сих пор данных о влиянии отдельных компонентов синтетического поверхностно-активного вещества, в частности лаурилсульфата натрия на почвенную цианобактерию *N. paludosum* не было, поэтому **целью** исследования было изучение характера действия лаурилсульфата натрия в возрастающих концентрациях на численность альгологически чистой культуры цианобактерии *Nostoc paludosum*.

В соответствии с целью исследования была поставлена следующая задача: оценить степень влияния возрастающих концентраций такого анионного синтетического поверхностно-активного вещества, как лаурилсульфат натрия на рост и развитие альгологически чистой культуры цианобактерии *Nostoc paludosum* в стерильной и нестерильной дерново-подзолистой почве.

Объекты и методика исследований

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

Данный вид относится к представителям нитчатых грамотрециательных цианобактерий. *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.

В почвах *N. paludosum* может развиваться как в составе 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.

Таким образом, *N. paludosum* является представителем наиболее совершенных автотрофов, сочетающих автотрофию по углероду (фотосинтез) и по азоту (азотфиксация).

В наших опытах *N. paludosum* выращивали в течение 12 недель при $t_0 = +22-24^{\circ}\text{C}$ и 12-часовом освещении, после чего испытывали характер действия на данный вид цианобактерии лаурилсульфатом натрия в разбавлениях, рекомендуемых для практического использования – расчетных дозах (р.д.): 0,25; 0,5; 1; 2 и 4. Повторность эксперимента была пятикратная.

Лаурилсульфат натрия производства Rangear (Испания) разбавляли по норме (1 рекомендуемая доза, или 1 р.д.) для мойки машин: 130 мг порошка на 1000 см³ (1,0 дм³) воды, однократно.

Первую серию опыта проводили со стерильной почвой. Для этого в чашки Петри помещали промытую, прокаленную дерново-подзолистую почву. Затем вносили культуру цианобактерии *N. paludosum* в виде гомогенизированной суспензии в количестве 1 см³ с титром $4,7 \cdot 10^8$ кл./см³, а также испытуемый поллютант в возрастающих концентрациях. На увлажненную дерново-подзолистую почву раскладывали покровные стекла. Контролем служил вариант без внесения лаурилсульфата натрия (табл.).

Модельный опыт по влиянию лаурилсульфата натрия на развитие *N. paludosum* продолжался в течение 30 суток при 12-часовом естественном освещении и $t^{\circ} = +22-24^{\circ}\text{C}$. Учет численности клеток цианобактерии проводили прямым микроскопированием непосредственно на стеклах обрастания, выражая полученные данные в клетках *N. paludosum* на 1 см².

Схема проведения серий опытов по изучению характера действия лаурилульфата натрия в возрастающих концентрациях на численность альгологически чистой культуры ЦБ *Nostoc paludosum*

№ п/п		Серия опыта		
		1	2	Контроль*
1	Число вариантов	5	5	2
2	Количество повторности в каждом варианте	5		
3	Вид дерново-подзолистой почвы	стерильная	нестерильная	стерильная, нестерильная
4	Используемый поллютант, синтетическое анионное поверхностно-активное вещество	лаурилсульфат натрия		
5	Вид цианобактерии	<i>N. paludosum</i>		
6	Продолжительность проведения серии опытов	30 суток		
7	Способ освещения	естественное		
8	Температура воздуха в помещении, °С	+ 22–24		

Примечание. * – контрольные варианты, проведенные в первой и второй серии опытов.

Предварительную стерилизацию дерново-подзолистой почвы проводили для того, чтобы избежать влияния аборигенной микрофлоры на процессы деградации анионного поверхностно-активного вещества и отследить динамику развития цианобактерии *N. paludosum* без аутохтонной фототрофной микрофлоры.

Вторая серия опыта была полностью аналогична, только альгологически чистую культуру цианобактерии *N. paludosum* вносили в нестерильную дерново-подзолистую почву.

Контролем также служил вариант без внесения лаурилсульфата натрия. Количество цианобактериального инокулята был 1 см³ с титром 4,6·10⁸ кл./см³.

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

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения 30-суточного опыта по влиянию лаурилсульфата натрия в возрастающих концентрациях, внесенного в стерильную и нестерильную дерново-подзолистую почву, установлено, что данное анионное поверхностно-активное вещество оказывает существенные влияния на количественные характеристики (параметры) цианобактерии *N. paludosum* (рис. 2).

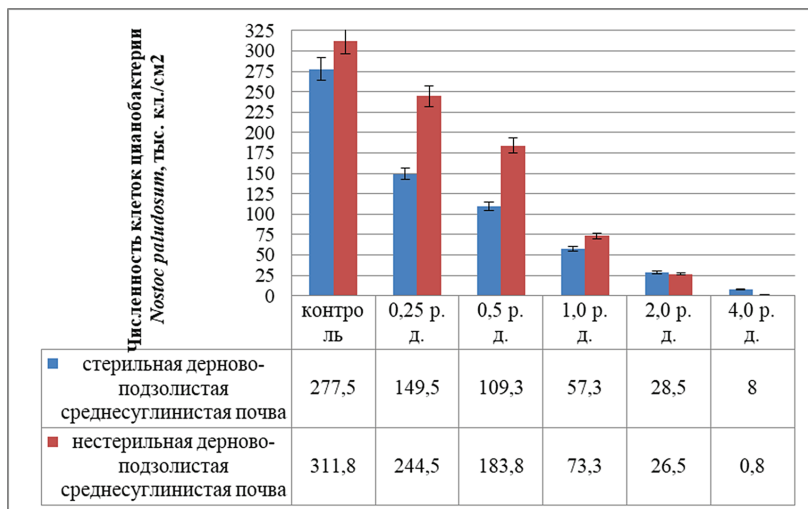
Развитие *N. paludosum* в стерильной дерново-подзолистой почве в целом происходит менее интенсивно, чем в нестерильной. Это проявляется как в контрольном

варианте, так и во всех опытных. При этом возрастание концентрации лаурилсульфата натрия в нестерильной почве приводит к снижению численности клеток цианобактерии *N. paludosum*.

В стерильной дерново-подзолистой почве влияние лаурилсульфата натрия значительно сказалось на размере популяции *Nostoc paludosum* в варианте с концентрацией 0,25 расчетных доз, а при дальнейшем увеличении доз внесения синтетического анионного поверхностно-активного вещества репрессивный эффект только усиливался.

Так, численность клеток цианобактерий составляла 53,9% по отношению к контролю, а при более высокой концентрации 4,0 расчетные дозы – 2,9%. Вычисленный коэффициент корреляции между дозами синтетического лаурилсульфата натрия и численностью *N. paludosum* составляет $r = -0,77$, что говорит о сильной отрицательной корреляции.

Во второй серии опытов, проведенных с нестерильной почвой, степень отрицательной корреляции между численностью клеток *N. paludosum* и дозами лаурилсульфата натрия была еще выше ($-0,85$).



Примечание: р.д. – рекомендуемая (расчетная) доза для мытья автомобилей

Рис. 2. Влияние лаурилсульфата натрия на развитие *N. paludosum* в стерильной и нестерильной дерново-подзолистой почвах

Так, через 30 суток после постановки опыта наблюдается существенное снижение численности клеток *N. paludosum* во всех вариантах с внесением лаурилсульфата натрия. При наиболее высокой концентрации лаурилсульфата натрия (4 расчетные дозы) размер популяции испытуемого тест-организма сокращается более чем в 400 раз.

Выводы

1. Установлено, что при определении степени токсичности такого синтетического анионного поверхностно-активного вещества, как лаурилсульфат натрия, возможно использовать в качестве тест-организма цианобактерии *N. paludosum*.

2. Усиление репрессивного воздействия возрастающих концентраций лаурилсульфата натрия на *N. paludosum* зарегистрировано как в стерильной, так и в нестерильной дерново-подзолистой почвах.

3. Доказано, что уровень токсического воздействия лаурилсульфата натрия на численность популяции *N. paludosum* возрастает по мере увеличения его количества.

4. Вычисленный коэффициент корреляции между дозами лаурилсульфата натрия и численностью клеток цианобактерии *N. paludosum* составляет $r = -0,77$ для стерильной почвы и $r = -0,85$ – для нестерильной, что говорит о сильной отрицательной корреляции.

5. Результаты проведенных исследований с использованием цианобактерии показывают, что применение лаурилсульфата натрия для мытья автомобилей может представлять потенциальную опасность для почвенной микробиоты.

Библиографический список

1. Баринаева С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.

2. Бобкова Е.С., Кобелева Н.А. Оценка эффективности снижения потенциальной токсичности воды после плазменной обработки // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 9. С. 20–25.

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. ГОСТ 18309–2014 Вода // Методы определения фосфорсодержащих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 40 с.

5. 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 загрязнённых средах // Теоретическая и прикладная экология, 2008. № 2. С. 23–28.

6. Еремичева А.О. Активные угли из отходов переработки древесины при очистке сточных вод от поверхностно-активных веществ // Журнал прикладной химии. 2004. № 5. С. 779–782.

7. Кабиров Р.Р. Скрининг гербицидов с помощью почвенных водорослей // Сборник тезисов науч.-практ. конф. Уфа. 1986. С. 52–54.

8. Макрушин А.В. Библиографический указатель по теме «Биологический анализ качества вод» с приложением списка организмов-индикаторов загрязнения. Л.: ЗИН АН СССР, 1974а. 51 с.

9. Медведева А.В., Мынбаева Б.Н. Некоторые элементы мониторинга почвы г. Алматы // Биологический мониторинг природно-техногенных систем: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2011. Книга 1. С. 86–89.

10. Нгуен В.Т., Сопрунова О.Б. Поиск и выявление новых бактериальных штаммов и с полифункциональными свойствами в техногенных субстратах // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. № 5(3). С. 167–170.

11. 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.

12. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2002. 234 с.

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. Проданчук М.Г., Мудрий І.В. Поверхнево-активні речовини в агропромисловому комплексі: еколого-гігієнічні аспекти. Київ: Наукова думка, 2000. 128 с.
15. Пушкарь В.С., Майоров І.С. Экология. Владивосток: ВГУЭС, 2003. 188 с.
16. СанПиН 2.1.4.1074–01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества (взамен СанПиН 2.1.4.559–96). 46 с.
17. Симакова В.С., Домрачева Л.И., Фокина А.И. Исследование влияния синтетических поверхностно-активных веществ на рост и развитие почвенной цианобактерии *Nostoc paludosum* // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2017. № 4. С. 65–69.
18. Фадеев У.А., Алексеева Г.В., Комбарова М.М. Определение остаточного содержания поверхностно-активных веществ на посуде после применения бытовых моющих средств разных производителей // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика, 2015. Т. 1. С. 20–25.
19. Хромов В.М. Растительные сообщества в мониторинге пресных вод – источников водоснабжения: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М., 2004. 47 с.
20. Яковлев А.А. Научно-практические основы технологии бурения и крепления скважин с применением газожидкостных промывочных и тампонажных смесей: Дис. ... докт. техн. наук. – СПб., 2001. 249 с.
21. Bobkova E.S., Grinevich V.I., Ivantsova N.A., Rybkin V.V. A Study of Sulfonol Decomposition in Water Solutions under the Action of Dielectric Barrier Discharge in the Presence of Different Heterogeneous Catalysts // Plasma Chem. Plasma Process, 2012. Vol. 32. № 4. P. 703–714.

GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE SOIL CYANOBACTERIUM OF *NOSTOC PALUDOSUM*

V.S. SIMAKOVA¹, L.I. DOMRACHEVA¹, A.I. FOKINA²

(¹ Vyatka State Agricultural Academy; ² Vyatka State University)

*Cyanobacteria are indicators and test-organisms for the presence in the environment of pollutants of different chemical nature. Therefore, soil cyanobacteria (CB) *Nostoc paludosum* has been taken as a test organism, the threads of which contain cells of two types: vegetative painted (the process of oxygenic photosynthesis) and colorless – heterocyst (the process of nitrogen fixation). This cyanobacteria *N. paludosum* refers to the representatives of the most advanced autotrophs, combining autotrophy on carbon (photosynthesis) and nitrogen (nitrogen fixation).*

*For the first time the influence of increasing concentrations of sodium lauryl sulfate (LSN) related to the synthetic anionic surfactants (anionic surfactants) has been analyzed in sterile and non-sterile soddy-podzolic soil (DFS), and its influence on the development and physiological status of the Central Bank *Nostoc paludosum* has been revealed.*

*It has been proved that the influence of the anionic surfactants in the concentration used for car washing (0.25–4.0 recommended rates) causes a change in the number of cyanobacterial populations. The power of the repressive effects of LSN, which is an integral component of the anionic surfactants, acting on the cyanobacteria, increases with its concentration and reaches a maximum at four calculated (recommended) rates. The research has determined high toxicity of the LSN detergent for the studied cyanobacteria species as well as increased sensitivity of *Nostoc paludosum*.*

Key words: *synthetic anionic surfactants, sodium lauryl sulfate, cyanobacteria, *Nostoc paludosum*, toxicity, number of cells.*

References

1. *Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V.* Bioraznoobrazie vodorosley-indikatorov okruzhayushey sredy [Biodiversity of alga acting as indicators of the environment]. Tel, Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
2. *Bobkova Ye.S., Kobeleva N.A.* Otsenka effektivnosti snizheniya potentsial'noy toksichnosti vody posle plazmennoy obrabotki [Evaluation of the effectiveness of reducing the potential toxicity of water after plasma treatment] // *Ekologiya i promyshlennost, Rossi.* 2015. Vol. 19. No. 9. Pp. 20–25.
3. *Gornostaeva Ye.A., Zlobin S.S., Suntsova Ye.S., Yel'kina T.S., Domracheva L.I., Ashikhmina T.Ya.* Mikrobiologicheskiy status pochv v zone deystviya Kirovo-Chepetskogo khimicheskogo kombinata [Microbiological status of soils in the area of Kirovo-Chepetsk chemical plant] // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2012. No. 3. Pp. 44–49.
4. GOST 18309–2014 Voda // *Metody opredeleniya fosforsoderzhaschikh veschestv* [Water // Methods for determination of phosphorus-containing substances] / Moscow: Standartinform/ 2015. 40 p.
5. *Domracheva L.I., Kondakova K.V., Ashikhmina T.Ya.* Primenenie tetrazol'no-topograficheskogo metoda opredeleniya degidrogenaznoy aktivnosti tsianobakteriy v zagryaznennykh sredakh [Application of the tetrazole-topographical method of determining dehydrogenase activity of cyanobacteria in contaminated environments] // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2008. No. 2. Pp. 23–28.
6. *Yeremina A.O.* Aktivnye ugli iz otkhodov pererabotki drevesiny pri ochestke stochnykh vod ot poverkhnostno-aktivnykh veschestv [Active charcoal from wood processing waste used in the purification of wastewater from surface-active substances] // *Zhurnal prikladnoy khimii*. 2004. No. 5. Pp. 779–782.
7. *Kabirov R.R.* Skrining gerbitsidov s pomoschyu pochvennykh vodorosley [Screening of herbicides with soil algae] // *Sbornik tezisov nauch.-prakt. konf. Ufa*. 1986. Pp. 52–54.
8. *Makrushin A.V.* Bibliograficheskiy ukazatel, po teme “Biologicheskiy analiz kachestva vod” s prilozheniem spiska organizmov-indikatorov zagryazneniya [Bibliography on the issue of “Biological analysis of water quality” with the list of organisms – pollution indicators]. L.: ZIN AN SSSR, 1974a. 51 p.
9. *Medvedeva A.V., Mynbaeva B.N.* Nekotorye elementy monitoringa pochvy g. Almaty [Some elements of soil monitoring in Almaty] // *Biological monitoring of natural-technological systems: Maerialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. Kirov: Izd-vo VyatGGU*, 2011. Book 1. Pp. 86–89.
10. *Nguen V.T., Soprunova O.B.* Poisk i vyyavlenie novykh bakterial'nykh shtammov i s polifunksional, nymi svoystvami v tekhnogennykh substratakh [Search and identification of new bacterial strains with multifunctional properties in man-made substrates] // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2011. No. 5(3). Pp. 167–170.
11. *Ogorodnikova S.Yu., Zykova Yu.N., Berezin G.I., Domracheva L.I., Kalinin A.A.* Kompleksnaya otsenka sostoyaniya tsianobakteriy Nostoc paludosum Kutz pri vozdeystvii razlichnykh pollutantov [Comprehensive assessment of the status of the Nostoc paludosum Kutz cyanobacteria when exposed to different pollutants] // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2010. No. 3. Pp. 47–52.
12. *Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Lozanovskaya I.N.* Ekologiya i okhrana biosfery pri khimicheskoy zagryaznenii [Ecology and biosphere conservation under chemical pollution]. Moscow: Vysshaya shkola, 2002. 234 p.

13. Osobennosti urboekosistem podzony yuzhnoy taygi Evropeyskogo Severo-Vostoka [Features of urban ecosystems of the southern taiga subzone of the European North-East] / Ed. by T.Ya. Ashihmina, L.I. Domracheva. Kirov: Izd-vo VyatGU, 2012. 282 p.

14. *Prodanchuk M.G., Mudriy I.V.* Poverkhnevo-aktivni rehovini v agropromislovomu kompleksi: ekologo-gigienichni aspekti [Surfactants in agriculture: ecological and hygienic aspects]. Kiev: Naukova dumka, 2000. 128 p.

15. Pushkar' V.S., *Mayorov I.S.* Ekologiya [Ecology]. Vladivostok: VSUES, 2003. 188 p.

16. SanPin 2.1.4.1074–01. Pit, evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit, evogo vodosnabzheniya. Kontrol, kachestva (vzamen SanPin 2.1.4.559–96) [Drinking water. Hygienic requirements to water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control (instead of SanPiN2.1.4.559–96)]. 46 p.

17. *Simakova V.S., Domracheva L.I., Fokina A.I.* Issledovanie vliyaniya sinteticheskikh poverkhnostno-aktivnykh veschestv na rost i razvitie pochvennoy tsianobakterii *Nostoc paludosum* [Study of the effect of synthetic surfactants on the growth and development of soil cyanobacterium *Nostoc paludosum*] // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. No. 4. Pp. 65–69.

18. *Fadeyev U.A., Alekseyeva G.V., Kombarova M.M.* Opredelenie ostatochnogo sodержaniya poverkhnostno-aktivnykh veschestv na posude posle primeneniya bytovykh moyuschikh sredstv raznykh proizvoditeley [Determination of the residual content of surface-active substances on the dishes after using household detergents of different manufacturers] // Ekologiya i nauchno-tekhicheskii progress. Urbanistika, 2015. Vol. 1. Pp. 20–25.

19. *Khromov V.M.* Rastitel'nye soobshchestva v monitoringe presnykh vod – istochnikov vodosnabzheniya [Vegetation communities in the monitoring of fresh water – water supply sources: Self-review of DSc (Bio) thesis]. – Moscow, 2004. 47 p.

20. *Yakovlev A.A.* Nauchno-prakticheskie osnovy tekhnologii bureniya i krepleniya skvazhin s primeneniem gazozhidkostnykh promyvochnykh i tamponazhnykh smesey [Scientific and practical bases of drilling and fastening of wells using gas-liquid wash and cement mixes: DSc (Eng) thesis]. – St. – Petersburg, 2001. 249 p.

21. *Bobkova E.S., Grinevich V.I., Ivantsova N.A., Rybkin V.V.* Study of Sulfonol Decomposition in Water Solutions under the Action of Dielectric Barrier Discharge in the Presence of Different Heterogeneous Catalysts // Plasma Chem. Plasma Process, 2012. Vol. 32. No. 4. Pp. 703–714.

Симакова Василина Сергеевна – асп. кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии (610017, Киров, Октябрьский проспект, 133; тел.: (953) 673-77-06; e-mail: vasilina.simakova.1989@mail.ru).

Домрачева Людмила Ивановна – д.б.н., проф. кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии (610017, Киров, Октябрьский проспект, 133; тел.: (912) 726-64-53; e-mail: dli-alga@mail.ru).

Фокина Анна Ивановна – к.б.н., доц. кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии Института химии и экологии Вятского государственного университета (610000, Киров, ул. Ленина, 198; (922) 940-10-42; e-mail: annushka-fokina@mail.ru).

Vasilina S. Simakova – postgraduate student, the Department of Plant Biology, Selection, Seed Production, and Microbiology, Vyatka State Agricultural Academy (610017, Kirov, Oktyabryskiy Ave., 133; phone: (953) 673-77-06; e-mail: vasilina.simakova.1989@mail.ru).

Lyudmila I. Domracheva – DSc (Bio), Professor, Department of Plant Biology, Selection, Seed Production, and Microbiology, Vyatka State Agricultural Academy (610017, Kirov, Oktyabryskiy Ave., 133; phone: (912) 726-64-53; e-mail: dli-alga@mail.ru).

Anna I. Fokina – PhD (Bio), Associate Professor, the Department of Basic Chemistry and Methods of Chemistry Teaching, the Institute of Chemistry and Environment, Vyatka State University (610000, Kirov, Lenina Str., 198; phone: (922) 940-10-42; e-mail: annushka-fokina@mail.ru).