

ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА РОСТ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ

Кривошапов Н.С.¹, Козлова Г.Г.¹, Минина Н.Н.¹, Онина С.А.¹, Усманов С.М.¹

¹*Бирский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет», Бирск, e-mail: mnn27@mail.ru*

Лишайниковая флора является лучшим индикатором загрязнения окружающей среды, так как численность и видовой состав лишайников резко возрастают или убывают на определенном расстоянии от источника загрязнения. Объектом анализа лишайники выбраны потому, что они встречаются повсеместно и у них очень выраженная реакция на внешнее воздействие. Целью исследования является изучение состояния атмосферного воздуха методом лишеноиндикации, а также выявление влияния некоторых факторов внешней среды на рост и распространение лишайников. Отбор проб лишайников производился на территории Республики Башкортостан в следующих точках: дендрарии БФ БашГУ г. Бирск; возле территории ОАО «Полиэф» г. Благовещенск; возле территории ОАО «Уфанефтехим» г. Уфа; возле автодороги М-5 «Урал». Проводилось изучение видового состава лишайников, исследовалась площадь проективного покрытия стволов деревьев лишайниками, анализировали состав тяжёлых металлов в талломах, атмосферный воздух на наличие газов, радиоактивный фон. Из полученных данных наблюдается зависимость: чем больше видов лишайников и их проективное покрытие, тем меньше загрязнений было обнаружено. В заключение можно сказать, что самым чистым атмосферным воздухом среди анализируемых точек является воздух дендрария БФ БашГУ. Самым грязным – воздух возле ОАО «Уфанефтехим».

Ключевые слова: лишеноиндикация, лишайник, загрязнение атмосферного воздуха, тяжёлые металлы, газы, радиоактивность.

REVEALING THE INFLUENCE OF FACTORS OF ENVIRONMENT ON THE GROWTH AND SPREAD OF LICHENS

Krivoshchapov N.S.¹, Kozlova G.G.¹, Minina N.N.¹, Onina S.A.¹, Usmanov S.M.¹

¹*Birsk branch of the state budgetary educational institution of higher education «Bashkir State University», Birsk, e-mail: mnn27@mail.ru*

Lichen flora is the best indicator of environmental pollution, as the number and species composition of lichens sharply increase or decrease at a certain distance from the source of pollution. The object of analysis of lichens is chosen because they are found everywhere and they have a very strong reaction to external influences. The aim of the research is to study the state of atmospheric air by the method of lichen identification, as well as to identify the influence of certain environmental factors on the growth and distribution of lichens. Lichen sampling was carried out on the territory of the Republic of Bashkortostan in the following locations: arboretum, the Birsk Branch of the Bashkir State University, Birsk; near the territory of OJS "Polief" Blagoveshchensk; near the territory of OJS Ufaneftekhim, Ufa; near the motorway M-5 "Ural". The study of species composition of lichens was conducted, the area of projective cover of tree trunks with lichens was investigated, the composition of heavy metals in thallomes, the atmospheric air for gases, radioactive background were analyzed. From the obtained data, some dependence is observed: the more lichen species and their projective coating, the less pollution was detected. In conclusion, we can say that the cleanest atmospheric air of the analyzed points is the air of the arboretum of the BB of the Bashkir State University. The dirtiest is the air near OJS "Ufaneftekhim".

Keywords: lichenindication, lichen, air pollution, heavy metals, gases, radioactivity.

Лишайниковая флора является лучшим индикатором загрязнения окружающей среды, так как численность и видовой состав лишайников резко возрастают или убывают на определенном расстоянии от источника загрязнения. При этом у лишайников наблюдаются морфологические изменения, а также накопление элементов загрязненного воздуха. Они способны аккумулировать тяжелые металлы, что используется при составлении карт загрязненности городов и территорий [1]. Чувствительность лишайников к атмосферному

загрязнению отмечена еще в прошлом веке Гриндоном и Ниландером [2].

Установлено, что наиболее удобными для изучения загрязнения атмосферного воздуха являются эпифитные лишайники, так как стволы деревьев подвергаются более сильной циркуляции воздуха круглогодично, и эпифиты получают все необходимые вещества из атмосферы, а дерево служит им только местом для прикрепления. Выявлена корреляция между загрязнением воздуха отходами промышленных предприятий и автотранспорта и видовым разнообразием лишайников: чем выше загрязнение атмосферы, тем менее богата их флора. Наиболее устойчивы к загрязнению некоторые виды родов *Xantoria* Fr. – Ксантория, *Physcia* Schreber – Фисция, *Anaptychia* Korb. – Анаптихия, *Hypogymnia* Rassad. – Гипогимния, *Lecanora* Ach. – Леканора [3].

Лишайники накапливают из внешней среды различные соединения в концентрациях, превышающих норму их потребности. Важным фактором является то, что лишайники в своём биологическом строении не имеют органов для регулирования количества поглощённых химических веществ. Также у лишайников наблюдается низкая саморегуляция, что может говорить об относительном соответствии химических соединений лишайников и окружающей их среды. Все эти особенности позволяют широко использовать их в целях биоиндикации и мониторинга окружающей среды.

На этой основе стало развиваться особое направление индикационной экологии – лишеноиндикация. Лихеноиндикационный анализ позволяет дать качественную оценку состояния исследуемого воздуха. Долговременное влияние вызывает угнетение лишайников, а сильное кратковременное загрязнение ведет к их гибели [4].

Лишайники активно поглощают металлы из воздуха и воды и пассивно отдают их обратно. Таким образом, лишайники накапливают металлы в период всей своей жизни [5].

Известно, что свинец концентрируется на клеточных стенках лишайников, цинк – внутри клеток симбионтов, а медь и железо – в межклеточных пространствах и на поверхности таллома [6]. Поэтому содержание данных элементов регулируется степенью загрязненности ими воздуха в большей мере, в то время как внутриклеточный состав изменяется с течением более длительного срока, так как его стабильность обеспечивается барьерной функцией плазматической мембраны. Степень накопления тяжелых металлов в лишайниках, как и соединений серы, тесно связана со степенью загрязнения ими воздуха. Газообразный токсикант – неорганическая сера (SO_2) - непосредственно из атмосферного воздуха проникает в слоевища лишайников и накапливается в талломах [7].

Целью исследования явилось изучение состояния атмосферного воздуха методом лишеноиндикации и выявление влияния некоторых факторов внешней среды на рост и распространение лишайников.

Материалы и методы исследования. Объектом анализа лишайники выбраны потому, что они встречаются повсеместно, у них очень сильная реакция на внешнее воздействие, а собственная изменчивость незначительна и чрезвычайно замедлена во времени.

Сбор лишайников производился на высоте от 1,2 до 1,5 метров в безосадковый период с целью избежания включения в образцы переувлажненных талломов лишайников. Образцы лишайников срезались вместе с корой с лиственных пород деревьев. При сборе пренебрегались талломы размером в диаметре менее 5 мм.

Отбор проб лишайников производился на территории Республики Башкортостан, а именно: в дендрарии БФ БашГУ г. Бирск ($55^{\circ}26'56.7''\text{N}$ $55^{\circ}33'29.0''\text{E}$); возле территории ОАО «Полиэф» г. Благовещенск ($55^{\circ}02'39.8''\text{N}$ $56^{\circ}04'08.4''\text{E}$); возле территории ОАО «Уфанефтехим» г. Уфа ($54^{\circ}56'20.7''\text{N}$ $56^{\circ}04'24.6''\text{E}$); возле автодороги М-5 «Урал» ($54^{\circ}38'52.6''\text{N}$ $55^{\circ}54'55.9''\text{E}$).

Сбор образцов лишайников для анализов проводился в следующих точках.

Точка № 1. Дендрарий БФ БашГУ (рис. 1). Образцы проб были взяты непосредственно на территории дендрария. Точка № 2. Химический завод ОАО «Полиэф» г. Благовещенск, выпускающий терефталевую кислоту и полиэтилентерефталат [8]. Отбор проб проводился с западной стороны от предприятия в 3 метрах от ограждения (рис. 2). Точка № 3. Предприятие ОАО «Уфанефтехим» г. Уфа, перерабатывающее углеводородное сырье с последующим получением нефтепродуктов [9]. Отбор проб проводился с восточной стороны предприятия в 10 метрах от ограждения (рис. 3).

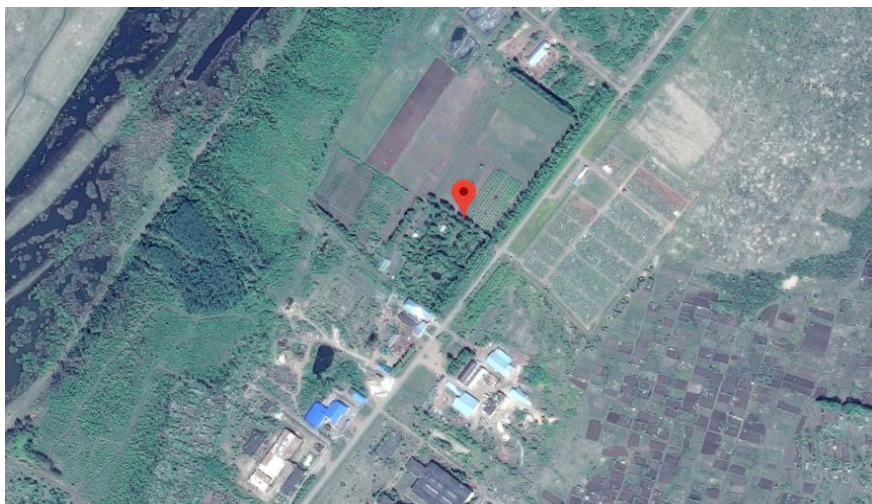


Рис. 1. Географическое расположение дендрария
Условные обозначения: 📍 - место отбора проб лишайников

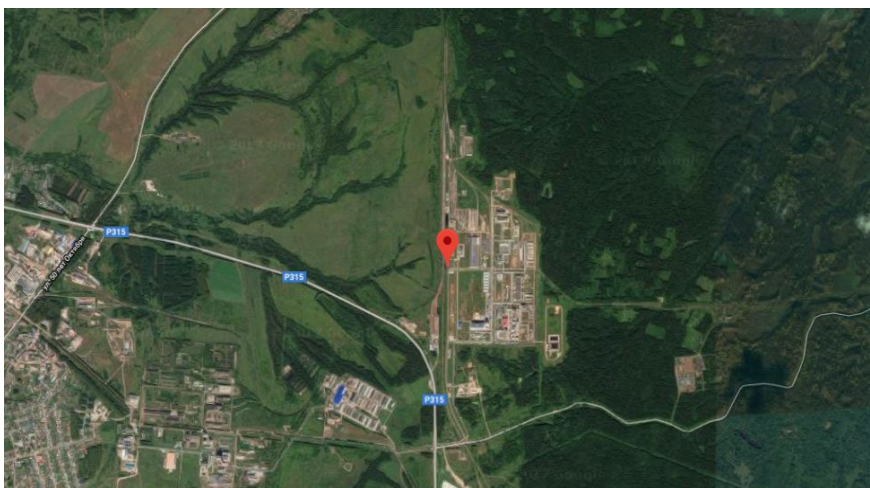


Рис. 2. Географическое расположение ОАО «Полиэф»
Условные обозначения: 📍 - место отбора проб лишайников

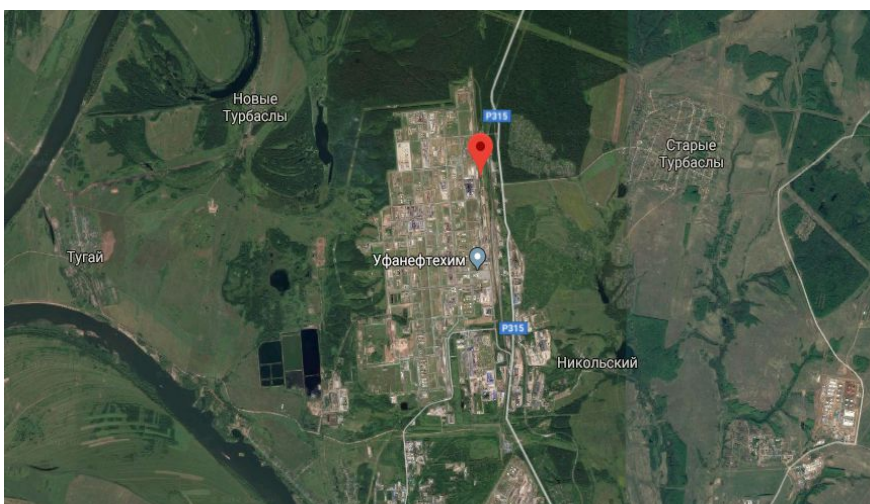


Рис. 3. Географическое расположение ОАО «Уфанефтехим»
Условные обозначения: 📍 - место отбора проб лишайников

Точка № 4. Участок федеральной автомобильной дороги М-5 «Урал». Федеральная трасса М-5 «Урал» одна из самых насыщенных грузовыми машинами дорога. Большое количество фур перевозят грузы из Западной Европы в Сибирь и обратно по этой магистрали [10]. Отбор проб производился в 16 метрах севернее от автодороги (рис. 4).

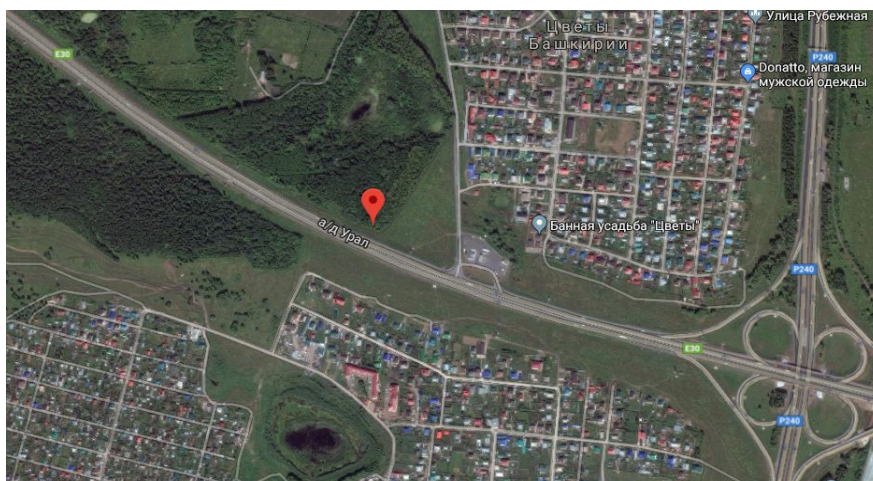


Рис. 4. Географическое расположение автодороги М5 «Урал»

Условные обозначения: 📍 - место отбора проб лишайников

Результаты исследования. Ниже представлено видовое разнообразие лишайников на деревьях исследуемых территорий (табл. 1).

Таблица 1

Видовое разнообразие лишайников на деревьях исследуемых территорий

№ п. п.	Вид лишайника	Дендрарий	ОАО «Полиэф»	«Уфанефтехим»	Автодорога М-5 «Урал»
1	Xanthoria polycarpa (Hoffm.)	+	+	-	+
2	Xanthoria parietina (L.)	+	-	-	-
3	Caloplaca murorum (Hoffm.)	-	+	+	-
4	Parmeliopsis pallescens (Hoffm.)	+	+	-	+
5	Pertusaria hemisphaerica (Flörke)	-	+	+	-
6	Lecanora allophana (Ach.)	+	-	-	-
7	Graphis scripta (L.)	-	-	+	+
8	Physcia aipolia (Ehrh.)	+	+	-	+
Итого:		5	5	3	4

Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что самыми заселёнными территориями оказались дендрарий и ОАО «Полиэф»: по 5 видов лишайников. На деревьях около автодороги М-5 произрастает 4 вида. На территории около предприятия ОАО «Уфанефтехим» было обнаружено 3 вида лишайников.

Одним из наиболее распространенных способов оценки относительной численности лишайников на стволах деревьев является определение показателей проективного покрытия, т.е. процентного соотношения площадей, покрытых лишайниками, и площадей, свободных от лишайников.

Проективное покрытие стволов древесных пород эпифитными лишайниками отражает степень относительной чистоты воздуха в исследуемом районе.

Ниже представлены данные о проективном покрытии стволов деревьев исследуемых территорий (табл. 2).

Таблица 2

Проективное покрытие стволов деревьев

Участок	Общее проективное покрытие, %
1. Дендрарий БФ БашГУ	95
2. ОАО «Полиэф»	82,7
3. ОАО «Уфанефтехим»	34,9
4. Автодорога М-5 «Урал»	60,4

На основании полученных данных о населённости лишайников на стволах деревьев исследуемых точек можно заключить, что самой густонаселённой территорией является дендрарий, а самая не заселённая территория возле ОАО «Уфанефтехим».

В настоящей работе приведены результаты анализа содержания тяжелых металлов в талломах эпифитных лишайников. При выборе эпифитов как объекта исследования, в первую очередь, преследовались цели корректного выявления элементного состава талломов, практически исключающие его субстратное происхождение.

В образцах лишайников определяли содержание следующих металлов: Cu, Pb, As, Zn, Cd, Fe, Hg. Применялся атомно-абсорбционный спектрометр «КВАНТ-Z.ЭТА» с электротермической атомизацией. Результаты анализа содержания тяжелых металлов представлены на рисунке 5.

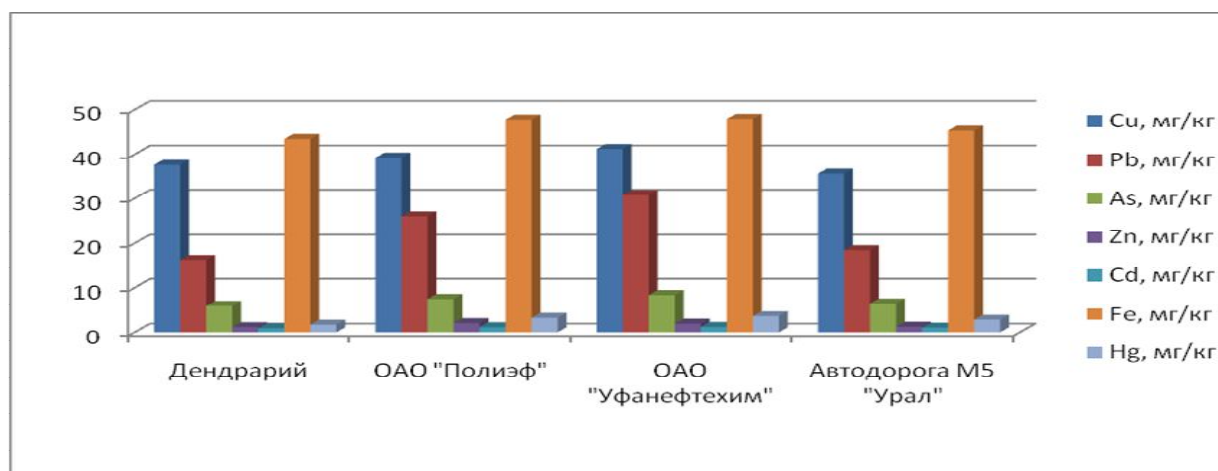


Рис. 5. Содержание тяжелых металлов в исследуемых образцах лишайников

Установлен ряд накопления металлов лишайниками, который имеет вид: Fe > Cu > Pb > As > Hg > Zn > Cd. Наибольшая кумулятивная способность отмечается по отношению к железу. Отмечается относительно высокое содержание Fe и Cu, на основании чего можно сделать вывод о том, что воздух наиболее загрязнен этими металлами.

Из полученных данных анализа содержания тяжёлых металлов в талломах образцов лишайников можно сделать вывод, что минимальное количество прослеживается в дендрарии за исключением Cu. По всем показателям, кроме значения Zn, ОАО «Уфанефтехим» преобладает по числу содержания в талломах тяжёлых металлов. Что касается проб анализа лишайников, взятых возле ОАО «Полиэф», то содержание металлов находится между ОАО «Уфанефтехим» и автодорогой М-5 «Урал», кроме количества Zn.

В ходе научного исследования был проведен анализ воздуха на концентрацию таких веществ, как оксид углерода (II), алифатические предельные углеводороды (C6 - C10) и оксид серы (IV). Измерения проводились прибором «ГАНК-4» (табл. 3). Атмосферный воздух дендрария по всем трем показаниям является менее загрязнённым и лишайники преобладают как по видовому, так и по количественному составу. Что касается территории около ОАО «Полиэф», там прослеживается превышение загрязнения состава воздуха по C6 – C10, остальные параметры находятся в норме и лишайники достаточно разнообразны.

Таблица 3

Результаты измерений воздуха, мг/м³

Вещества	Дендрарий	ОАО «Полиэф»	ОАО «Уфанефтехим»	Автодорога М-5 «Урал»	ПДК
СО	1,01	1,11	2,82	2,04	20
С6 - С10	211	370	223	267	300
SO ₂	0,02	0,21	0,64	0,36	10

Воздух возле завода ОАО «Уфанефтехим», на основании показаний СО и SO₂, является самым загрязненным атмосферным воздухом из анализируемых точек. Прослеживается минимальное количество лишайников и площадь проективного покрытия стволов деревьев. Анализируемый воздух автодороги М-5 «Урал» по показаниям СО и C6 – C10 является вторым по загрязненности после ОАО «Полиэф». Наблюдается среднее количество видов лишайников.

В ходе работы исследовались характеристики гамма-излучения. Радиационный фон наших изучаемых территорий исследовали с помощью дозиметра РКСБ-104.

Произведенные измерения мощности дозы гамма-излучения были сопоставлены с утвержденными нормами по радиационной безопасности. Согласно СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)» предел, который не должен превышать при техногенном облучении населения, составляет 1 мЗв/г [11].

В таблице 4 отражены полученные численные значения с рассчитанной годовой дозой гамма-излучения. Значения, превышающие норму 1 мЗв/г, определены для трех точек. Повышенные значения показаний радиоактивности в воздухе наблюдаются возле

предприятий ОАО «Уфанефтехим». Также высокие значения радиоактивности прослеживаются около ОАО «Полиэф» и автодороги М-5 «Урал».

Таблица 4

Показания измерения гамма-излучения

Объект	Замер 1, мкЗв/ч	Замер 2, мкЗв/ч	Замер 3, мкЗв/ч	Среднее значение, мкЗв/ч	Годовая доза облучения, мЗв/г
Дендрарий	0,07	0,10	0,13	0,10	0,87
ОАО «Полиэф»	0,09	0,14	0,15	0,13	1,13
ОАО «Уфанефтехим»	0,17	0,15	0,15	0,16	1,40
Трасса М-5	0,16	0,11	0,12	0,13	1,13

Анализируя полученные результаты, можно выделить следующую зависимость: в дендрарии БФ БашГУ наблюдается большее видовое разнообразие и площадь проективного покрытия стволов деревьев лишайниками, а также прослеживается меньшее содержание тяжёлых металлов в талломах образцов лишайников, анализ загрязнённости воздуха соответствует минимальным значениям, как и показания радиационного фона. Около территории ОАО «Уфанефтехим» наблюдается меньшее количество видов, меньшая площадь проективного покрытия стволов деревьев, высокое содержание тяжёлых металлов, анализ атмосферного воздуха также показал высокие значения, параметры радиационного фона повышены. Из полученной зависимости можно сделать вывод, что эти факторы влияют на рост и развитие лишайниковой флоры. В заключение можно сказать, что самым чистым воздухом анализируемых точек является территория дендрария Бирского филиала Башкирского государственного университета (г. Бирск, Республика Башкортостан).

Список литературы

1. Абдрахманов О.А., Нуркенова А.Т. Современное состояние лишайниковой флоры на территории Дегелен Семипалатинского испытательного полигона // Актуальные проблемы экологии: II Международная научно-практическая конференция. - Караганда, 2003. - С. 231–232.
2. Евлампиева Е.П., Панин М.С. Накопление цинка, меди и свинца лишайником в районе угледобывающего месторождения «Каражыра» // Вестник Томского государственного университета. - 2008. – № 314. – С. 196-200.
3. Макрый Т.В. Лишайники Байкальского хребта // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Новосибирск, 2016. - С. 123–126.

4. Родникова И.М., Скирина И.Ф., Скирин Ф.В. Эпифитные лишайники Приханкайской равнины как показатель состояния приземного воздуха (Приморский край) // Антропогенная динамика природной среды: материалы Междунар. науч.-практ. конф. - Пермь, 2006. - С. 281–285.
5. Соловьева М.И., Кудинова З.А. Исследование распределения микроэлементов в лишайниках, произрастающих в зонах антропогенного воздействия // Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов–2007». - М., 2007. - С. 77–78.
6. Шарунова И.П. Межвидовая и внутривидовая изменчивость накопления тяжелых металлов эпифитными лишайниками в градиенте токсической нагрузки: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – Екатеринбург, 2008. – 119 с.
7. Красногорская Н.Н., Клеттер Е.А., Сулейманова Р.Р., Журавлева С.Е. Анализ содержания тяжелых металлов и соединений серы в лишайниках *Parmelia sulcata* в условиях городской среды // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 47.
8. Российский союз химиков [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.ruschemunion.ru/about/members/id1129/.html> (дата обращения: 22.10.2017).
9. Справочник эмитентов [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.fondovik.com/company/36/.html> (дата обращения: 30.10.2017).
10. Карта-справочник автодорог [Электронный ресурс]. - URL: <http://map.avtogai.ru/m5.php.html> (дата обращения: 05.11.2017).
11. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ–99/2009): Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 100 с.