

Схема посадки 2,5 м х 1,32 м. Состав 10 Бк. Количество посадочных мест на 1 га – 3030 шт. Приживаемость культур по данным инвентаризации на 10 октября 2017 года составляла 99,0 %, на 5 октября 2018 года – 97,0 %.

Участок № 5. Культуры березы карельской созданы в квартале 428, выделе 26 осенью 2016 года на площади 0,3 га. Тип леса березняк орляковый, тип условий местопрорастания – В₂. Рельеф участка ровный. Почва супесчаная свежая. Естественное возобновление отсутствует. Подготовка почвы производилась осенью 2016 года (МТЗ-80 с плугом ПКЛ-70). Посадка производилась вручную под меч Колесова. Схема посадки 2,5 м х 1,3 м. Состав 10 Бк. Количество посадочных мест на 1 га 3007 шт. Приживаемость культур по данным инвентаризации на 10 октября 2017 года составляла 97,0 %, на 5 октября 2018 года – 97,0 %.

Участок № 6. Культуры березы карельской созданы в квартале 428, выделе 1 весной 2016 года на площади 0,8 га. Тип леса – березняк орляковый, тип условий местопрорастания – В₂. Рельеф участка ровный. Почва супесчаная свежая. Естественное возобновление отсутствует. Подготовка почвы производилась весной 2016 года (МТЗ-82 с плугом ПКЛ-70). Посадка производилась вручную под меч Колесова. Схема посадки 2,9 м х 3,3 м. Состав 10 Бк. Количество посадочных мест на 1 га – 1040 шт. Приживаемость культур по данным инвентаризации на 7 октября 2016 года составляла 96,0 %, на 5 октября 2018 года – 95,0 %.

Участок № 7. Культуры березы карельской созданы в квартале 428, выделе 27 весной 2016 года на площади 0,6 га. Тип леса – березняк мшистый, тип условий местопрорастания А₂. Рельеф участка ровный. Почва супесчаная свежая. Естественное возобновление отсутствует. Подготовка почвы производилась весной 2016 года (трактор МТЗ-82 с плугом ПКЛ-70). Посадка производилась вручную под меч Колесова. Схема смешения 2,9 м х 2,7 м. Состав 10 Бк. Количество посадочных мест на 1 га – 1280 шт. Приживаемость культур по данным инвентаризации на 7 октября 2016 года составляла 96,0 %, на 5 октября 2018 года – 95,0 %.

Проведенное изучение особенностей роста лесных культур пород интродуцентов разных лет закладки в разных сериях типов леса показало, что в целом данные объекты имеют хорошую приживаемость и удовлетворительное состояние. Приживаемость культур березы карельской, созданных на вырубках в первый год варьируется от 96,0 % до 99,0 %, в третий год от 95,0 % до 97,0 %. Приживаемость смешанных культур сосны веймутовой созданных на вырубках в первый год составляет 93,0 %, в третий – 76,0 %, а приживаемость чистых лесных культур сосны веймутовой на 1 год составила 96,0 %, в третий – 87,0 %.

Литература

1 Якимов, Н. И. Лесные культуры и защитное лесоразведение : учеб. пособие для студентов специальности «Лесное хозяйство» : в 2 ч. / Н. И. Якимов, В. К. Гвоздев, В. В. Носников. – Минск : БГТУ, 2019. – Ч. 2. – 222 с.

УДК 546.815:582.29

Т. В. Алексеенко

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СВИНЦА В ЛИШАЙНИКАХ-ЭПИФИТАХ

В работе дано сравнение содержания свинца в лишайниках *Pyrogynia physodes* (L.) Nyl. и *Evernia prunastri* (L.) Ach. как типичных представителей лишенобиоты лесополосы основных автомагистралей г. Гомеля в радиусе 20 км от города.

Лишайники являются аккумуляторами изучаемого загрязнителя, что может являться основой для их использования в качестве дополнительного способа биомониторинга загрязнений атмосферного воздуха тяжелыми металлами техногенного происхождения.

Цель работы – оценка содержания свинца и меди в лишайниках *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri*, произрастающих вдоль основных автомагистралей г. Гомеля.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являются лишайники-эпифиты (*Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*), произрастающие в радиусе 20 км от г. Гомеля на близлежащих территориях вдоль автодорог близлежащих территориях вдоль автодорог Н4095 (д. Зальпье Урицкого сельсовета Гомельского района 52°26'52"N30°51'05"E), М8 (д. Цыкуны Бобовичского сельсовета 52°20'15"N30°45'55"E и пос. Борец Терешковичского сельсовета Гомельского района 52°18'06"N30°57'27"E), М10 (р-н д. Зябровка 52°20'03"N31°14'08"E), Р30 (р-н г. Ветка 52°34'25"N31°03'07"E).

При отборе проб лишайников использовали стандартные методики. Пробы отделялись от остатков субстрата, высушивались до воздушно-сухого состояния, озолялись в муфельной печи. Экстракция и определение содержания свинца в талломах лишайников проводилась по методике выполнения измерений массовых концентраций свинца для полярографа АВС 1.1. (ПНД Ф 14.1:2:4. 149–99 (№ 05–01 МВИ)) методом полярографии. Содержание металла определяли в пробах на базе лаборатории кафедры химии УО «Гомельский Государственный университет имени Франциска Скорины».

Результаты исследований и их обсуждение. Лишайники способны аккумулировать из окружающей среды элементы в количествах, намного превышающих их физиологические потребности [1, с. 58]. Повышенная способность лишайников к аккумуляции трансграничных загрязнителей объясняется высокой активностью катионного обмена, отсутствием кутикулярного слоя, обеспечивающего свободное проникновение тяжелых металлов через всю поверхность таллома [2, с. 153]. Это качество можно назвать ключевым для использования лишайников как аккумулятивных биоиндикаторов загрязнения среды тяжелыми металлами. Урбанизация и непрерывное техногенное воздействие приводят к загрязнению приземных слоев атмосферы частицами тяжелых металлов и другими опасными соединениями, которые потоками воздушных масс способны переноситься на большие расстояния и оседать с пылевыми частицами, концентрироваться с осадками на объектах живой природы, а также в почве и водных экосистемах. Для контроля техногенного воздействия осуществляется мониторинг за количествами выбросов различных загрязнителей в окружающую среду.

Отбор проб лишайников проводился в летний период 2023 года. Преобладающими направлениями ветра оказались восточный (20 %) и северо-восточный (18 %), что отображено на рисунке 1.

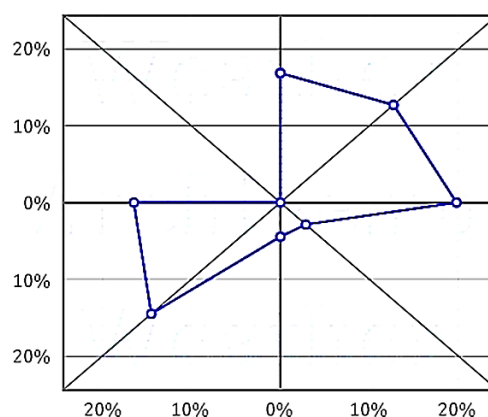


Рисунок 1 – Роза ветров в Гомеле в июне 2023 года

Средняя температура воздуха днем в июне 2023 года в г. Гомеле составляла +23°C, средняя скорость ветра составила 3 м/с, средняя влажность воздуха – 89,21 %.

Концентрирование стекающих осадков из крон по стволам деревьев, а также особенности направлений ветра обуславливают неравномерное накопление свинца в лишайниках в пространственном удалении от источника загрязнения. Данные утверждения были подтверждены настоящими исследованиями.

Известно, что на уровень накопления тяжелых металлов лишайниками влияет множество факторов, в том числе особенности климатических и метеорологических условий мест произрастания лишайников (влажность, освещенность, направление ветровых масс).

По результатам исследования были получены данные о средних массовых концентрациях свинца в 50 пробах лишайников.

Среднее содержание свинца в двух видах лишайниках представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание свинца в лишайниках *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri*

Зона населенного пункта	<i>Hypogymnia physodes</i> L.	<i>Evernia prunastri</i> L.
C(Pb), мг/кг с. в.		
Ветка	0,3466 ± 0,01	1,0174 ± 0,03
Урицкое	0,4279 ± 0,05	0,2742 ± 0,02
Цыкуны	4,3505 ± 0,01	0,6709 ± 0,04
Ченки	0,7345 ± 0,04	3,4458 ± 0,11
Зябровка	2,7793 ± 0,12	1,0265 ± 0,07

Максимальное содержание свинца обнаружено в пробах лишайника гипогимнии вздутой в зоны населенного пункта д. Цыкуны и д. Зябровка, со значениями 4,3505 и 2,7793 мг/кг с. в. соответственно. Из таблицы 1 хорошо видно, что повышенное содержание свинца по сравнению с другими образцами в лишайнике эвернии сливовой отмечено для проб зоны населенного пункта пос. Борец (Ченки), в количестве 3,4458 мг/кг с. в.

Для сравнительной оценки содержания свинца и меди в лишайниках *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri* в местах интенсивного движения транспорта был применен однофакторный дисперсионный анализ (рисунки 2, 3), а также была проведена статистическая обработка данных с помощью программ «Microsoft Excel» 2016 г. Statistica 7.0.

По результатам t-теста Стьюдента для независимых переменных $P(T \leq t)$ двухстороннее было равно 0,6318, что больше критического значения 0,005. Следовательно, статистически значимой разницы между средним содержанием свинца двух видов лишайников нет.

Гипотеза о том, что вид лишайника и уровень накопления свинца не связаны между собой, фактор выбора вида лишайника для проведения индикации загрязнения свинцом не связан с определенными лучшими или худшими аккумулятивными способностями подтверждается, так как полученное значение критерия Фишера меньше табличного ($F_{\text{критическое}} = 5,3176$).

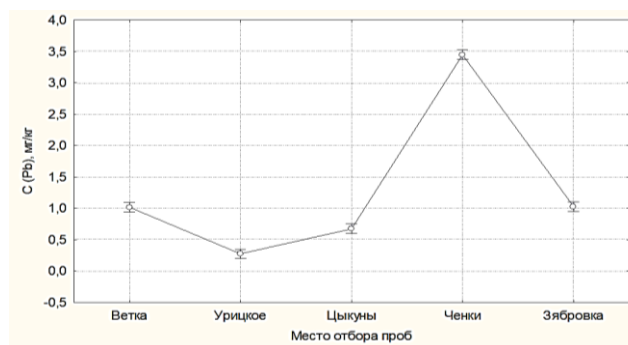


Рисунок 2 – График результатов дисперсионного анализа (*Evernia prunastri*)

По результатам однофакторного дисперсионного анализа был определен критерий Фишера при уровне значимости $p = 0,05$, его значение составило 0,2069.

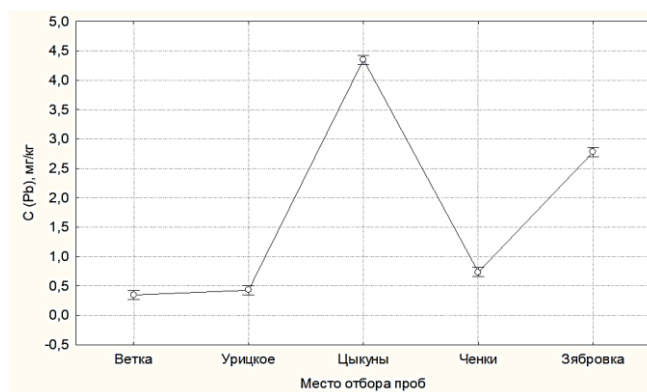


Рисунок 3 – График результатов дисперсионного анализа (*Hypogymnia physodes*)

В лишайниках *Evernia prunastri* и *Hypogymnia physodes*, отобранных в д. Цыкуны, наблюдается повышенное содержание свинца, что может быть связано с интенсивным движением общественного, личного и автомобильного транспорта специального пользования, наличием полигона ТБО на расстоянии 11 километров от деревни, особенностями движения ветра в период отбора проб и другими метеорологическими условиями.

Гипогимния вздутая на так называемых фоновых участках накапливает свинец в количестве до 16 мг/кг с. в., при этом по результатам настоящего исследования, максимальная концентрация свинца в гипогимнии составляет 4,3505 мг/кг с. в. в зоне населенного пункта д. Цыкуны. Исходя из этого можно предположить, что это максимальное содержание свинца характеризует соответствующую территорию отбора проб как условно «чистую», сравнимую с фоновыми величинами концентраций этого же металла в слоевищах лишайников, отобранных на фоновых территориях различных регионов мира.

По данным настоящего исследования, высокое содержание свинца в талломах лишайника эвернии сливовой содержалось в зоне населенного пункта пос. Борец, в количестве 3,4458 мг/кг с. в., что сопоставимо со значениями фоновых концентраций свинца в этом же виде лишайника по различным регионам мира, так как на фоновых участках по литературным данным концентрация меди достигала значения 16,6 мг/кг с. в.

Заключение. Проведенная сравнительная оценка аккумуляции свинца лишайниками эвернией сливовой и гипогимнией вздутой позволяет сделать вывод о фактически низких показателях загрязнения атмосферного воздуха окрестностей города Гомеля в радиусе 20 км. Результаты настоящего исследования могут послужить отправной точкой для лишайноиндикации атмосферного загрязнения города свинцом, осуществления и закладки биомониторинговых исследований, базы данных об изменении содержания свинца в атмосферном воздухе в окрестностях города Гомеля и конкретно зон населенных пунктов близ основных автомагистралей города, с открытием возможностей прогнозирования, сравнительной оценки и отслеживания поступления поллютанта в атмосферный воздух города.

Литература

1 Бязров, Л. Г. Лишайники – индикаторы радиоактивного загрязнения / Л. Г. Бязров. – Москва : Изд-во КМК, 2005. – 476 с.

2 Шапиро, И. А. Физиолого-биохимические изменения у лишайников под влиянием атмосферного загрязнения / И. А. Шапиро // Успехи соврем. биол. – 1996. – № 2. – С. 151–171.