

России: *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb., *Candelariella efflorescens* R.C. Harris et W.R. Buck, *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Lecanora saligna* (Schrader) Zahlbr. *Melanelixia glabra* (Schaer.) O. Blanco et al., *M. subargentifera* (Nyl.) O. Blanco et al., *Melanohalea exasperata* (De Not.) O. Blanco et al., *Parmelia sulcata* Taylor, *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix et Lumbsh. Часть этих видов осваивают и кору берез (22–35 см в диаметре) в распадающейся, усыхающей посадке и в дендрарии.

В целом, такая таксономическая и экологическая (преобладание эпифитов, сочетание толерантных к аридным условиям и «лесных» видов) структура лишенобиоты характерна для дубрав лесостепной зоны (Мучник, 2006), расположенной гораздо севернее территории Джаныбекского стационара. Данный факт безусловно доказывает высказанное ранее положение о том, что по мере становления и развития искусственных лесных биогеоценозов происходит усложнение биогеоэкологических взаимосвязей между компонентами как в самих насаждениях, так и с окружающей территорией (Сиземская, Сапанов, 2005).

Благодарности. Выражаю признательность куратору гербария ORIS к.б.н. О.Г. Калмыковой (Институт степи УрО РАН, г. Оренбург) за содействие в работе.

Литература

Outline of Fungi and fungus-like taxa –2021 / N.N. Wijayawardene, K.D. Hyde, D.Q. Dai, M. Sánchez-García et al. // *Mycosphere*. 2022. Vol. 13. N1. P. 53–453. DOI: 10.5943/mycosphere/13/1/2

Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichen-Forming and Lichenicolous Fungi / M. Westberg, R. Moberg, M. Myrdal [et al.]. Uppsala University, 2021. 935 p.

Биогеоэкологические основы освоения полупустыни Северного Прикаспия. М.: Наука, 1974. 360 с.

Мучник Е.Э. Лишениобиота как структурный компонент дубравных биогеоценозов лесостепи (в пределах Центрального Черноземья) // Идеи биогеоэкологии в лесоведении и лесоразведении. – М.: Наука, 2006. С.163–174.

Рукотворный лесной оазис в полупустыне/ С.Э. Вомперский, Г. В. Добровольский, М. К. Сапанов, М. Л. Сиземская, Т. А. Соколова // Вестник Российской академии наук, 2006. Т. 76, № 9. С. 798–804.

Сиземская М.Л., Сапанов М.К. Оптимизация создания защитных лесных насаждений в аридных регионах // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. С. 501–509.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БЕЗЕЗОВОГО ГРИБА ЧАГА (*INONOTUS OBLIQUUS*) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Надольник Л.И.¹, Бордок И.В.², Полубок В.Ч.¹,
Шуриберко А.В.¹, Маховик И.В.², Велюгина А.С.²

¹Институт биохимии биологически активных соединений
Национальной академии наук Беларуси,
lnadolnik@gmail.com

²Институт леса Национальной академии наук Беларуси,
bordok1957@mail.ru

REGIONAL FEATURES OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF THE BIRCH FUNGUS CHAGA (INONOTUS OBLIQUUS) IN THE TERRITORY OF BELARUS

Nadolnik L.I.¹, Bordok I.V.², Polubok V.Ch.¹,
Shuriberko A.V.¹, Makhovik I.V.², Velyugina A.S.²

Abstract. In samples of chaga from various regions of the Republic of Belarus, the concentrations of 72 chemical elements (including macro-, micro-, essential elements, toxic and conditionally toxic elements, rare earth elements, and others) were determined using inductively coupled plasma mass spectrometry. It was established that the composition and concentrations of chemical elements vary depending on the region, the growing conditions of birch stands, and the morphological parameters of chaga fruiting bodies.

Березовый гриб чага (*Inonotus obliquus*) один из немногих базидиальных грибов, произрастающих в Республике Беларусь; недавно он включен в фармакопею нашей страны. *I. obliquus* имеет большое практическое значение, поскольку является лекарственным грибом, который используется в терапевтических целях в народной и официальной медицине. Современные исследования предоставляют научные доказательства свойств экстрактов *I. obliquus*, включая противовоспалительные, антиоксидантные, противораковые, противодиабетические, гепатопротекторные, ренопротекторные, антибактериальные и противовирусные (Ern P.T., 2023). В плодовых телах чаги обнаружено высокое содержание различных биологически активных веществ: полисахариды, тритерпеноиды, полифенолы, органические кислоты, липиды, метаболиты лигнина (Peng H., 2020), которые определяют её целебные свойства. Тем не менее, химический состав *I. obliquus* окончательно не установлен. В исследованиях, выполненных в 2021 году, из плодовых тел чаги были выделены 7 неописанных ранее тритерпеноидов ланостанового типа (а именно инонотузолы), что объясняет противовоспалительные эффекты чаги (Kou R.W., 2021). Информация о ее биологических свойствах постоянно расширяется, в недавних исследованиях показано, что препараты чаги ингибируют SARS-COVID-19 (Basal W.T., 2021), проявляют нейропротекторные свойства (Xin Y., 2021).

Состав и содержание химических элементов в различных слоях образцов чаги изучены недостаточно, особенно если учесть важную роль современных методов исследования (масс-спектрометрический анализ), которые позволяют определять очень низкие концентрации.

Цель работы: изучить состав химических элементов плодовых тел березового гриба чаги (*Inonotus obliquus*) в условиях произрастания в различных регионах Республики Беларусь.

Образцы березового гриба были собраны в различных регионах Республики Беларусь в государственных промышленных лесохозяйственных объединениях (ГПЛХО) (Брестское, Витебское, Гродненское, Гомельское, Минское, Могилевское, Национальной академии наук Беларуси). Создана база данных (в Институте леса НАН Беларуси), в которой представлены характеристики условий произрастания (тип леса, подзоны, ассоциации, состав древостоя, возраст дерева, возраст древостоя, бонитет, подзол, подстилка, гумус, рельеф, высота главной породы, диаметр главной породы, световая полнота) и морфологических параметров плодовых тел чаги (масса нароста, цвет нароста).

Содержание химических элементов определялось в образцах с использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно-связанной (аргоновой) плазмой (NexION2000B («PerkinElmer», США). Пробы отбирались из наружного, среднего и внутреннего слоя, сжигались в смеси 70 % HNO₃ и 30 % H₂O₂ в течение 150 мин, разводились и анализировались. Для калибровки применяли внешний стандарт химических элементов N9301721 («PerkinElmer», США), концентрация 10 мкг/л.

Статистическую обработку данных выполняли в программе Microsoft Excel 2010, Statistica 12.0 (StatSoft, Inc.). При нормальном распределении, данные представлены в виде $M \pm SEM$, где M – среднее значение, SEM – стандартная ошибка среднего; при ненормальном – в виде $Me [Q1:Q3]$, где Me – медиана, $Q1$, $Q3$ – нижний и верхний квартили. Сравнение показателей между группами проводилось с помощью критерия Тьюки или критерия Краскелла-Уоллиса. Различия считались значимыми при $p < 0,05$.

Состав и содержание химических элементов в различных слоях образцов чаги оценивалось по ГПЛХО Республики Беларусь, а также в зависимости от условий произрастания березовых насаждений и морфологических параметров плодовых тел чаги.

Макроэлементы. В зависимости от региона произрастания выявлены следующие закономерности: в образцах чаги, полученных из Витебского, Минского, Брестского, Гродненского ГПЛХО, концентрация изученных элементов выше, чем в образцах из Гомельского и Могилевского регионов. Содержание калия и кальция в образцах северо-западного и центрального региона в 4–6 раз выше, чем в Гомельском и Могилевском; железа – в 2,1–23,7 раза. Можно отметить значительное повышение в образцах *I. obliquus* из Гомельского, Могилевского ГПЛХО и НАН Беларуси – хлора (в 480–620 раз).

Эссенциальные элементы. Содержание цинка, кобальта, марганца, молибдена, никеля не отличалось в образцах чаги, полученных из различных регионов РБ, но содержание молибдена было снижено в 2–2,5 раза, хрома в 1,2–1,3 раза в Гомельском, Могилевском ГПЛХО и НАН Беларуси. В чаге из Брестского региона самое высокое содержание хрома и самое низкое содержание меди (более чем в 2 раза по сравнению с другими регионами). В Могилевском регионе в образцах *I. obliquus* в 2–3 раза выше концентрация Se, As, Co по сравнению с Витебским, Минским, Брестским и Гродненским ГПЛХО. Самое низкое содержание йода в чаге из Могилевского региона (192,79 мкг/кг), самое высокое в – Брестском регионе (787,15 мкг/кг) и Гродненском (644,91 мкг/кг).

Токсичные элементы. Содержание свинца в образцах чаги из Гомельского и Могилевского регионов, а также в ГПЛХО НАН Беларуси в 2–10 раз превышает его содержание в других регионах. Содержание мышьяка в образцах чаги Гомельского, Могилевского ГПЛХО и НАН Беларуси превышало другие регионы. Концентрация цезия в образцах *I. obliquus* Брестского ГПЛХО превышала концентрацию в Витебском и Минском; но была самой низкой в образцах полученных в ГПЛХО НАН Беларуси. Наиболее высокое содержание висмута обнаружено в Витебском ГПЛХО, таллия – в Гродненском; концентрация ртути в исследованных образцах не отличалась (50,5–102,7 мкг/кг), ГОСТ (100 мкг/кг).

При анализе содержания исследуемых элементов в различных слоях (наружном, среднем, внутреннем) березового гриба чаги выявлены следующие закономерности:

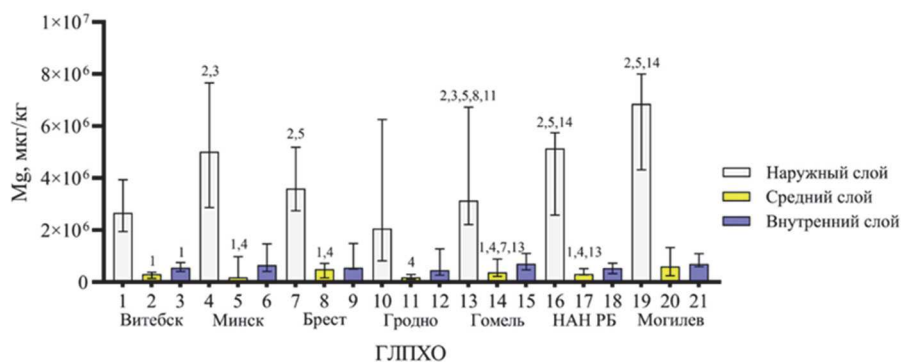
1. Характеризуя элементный состав среднего слоя, можно отметить содержание по убыванию: $K > S > Ca > Mg > Cl > Rb > P > Zn > Na > Ba > Fe > B > Cu > Al > Cr > Pb > Ni > I > Co$.

2. Концентрация лития, бериллия, бора, натрия, фосфора, серы, хлора, калия, кальция, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, селена, кадмия, мышьяка не различалась между наружным, средним и внутренним слоем в образцах чаги, полученных в Витебском, Минском, Брестском и Гродненском ГПЛХО.

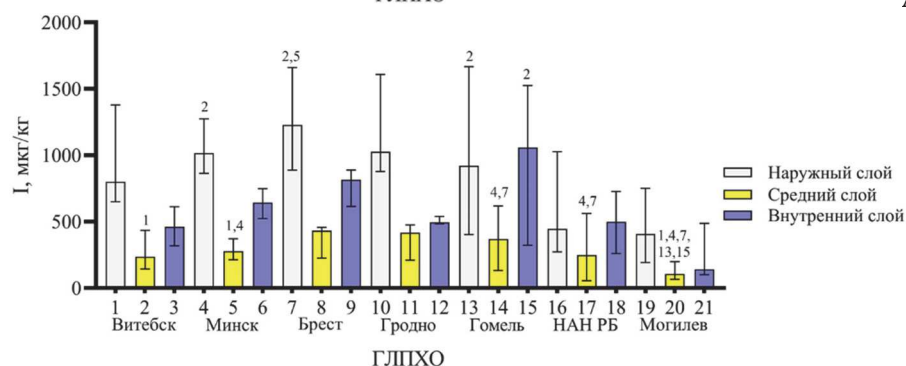
3. Содержание магния в образцах чаги различных регионов наиболее высокое в наружном слое. В порядке убывания: Могилевское > НАН Беларуси > Минское > Брестское > Гомельское > Витебское > Гродненское (г/кг): $6,8 > 5,1 > 5,0 > 3,59 > 3,1 > 2,6 > 2,0$.

4. Концентрация йода повышена в наружном слое образцов чаги Минского и Брестского ГПЛХО, соответственно $1016,97 [863,92:1273,45]$ и $1229,47 [887,73:1661,3]$ мкг/кг. Самое низкое содержание йода – в среднем слое $107,48 [65,38:198,55]$ мкг/кг Могилевского ГПЛХО (рис. Б).

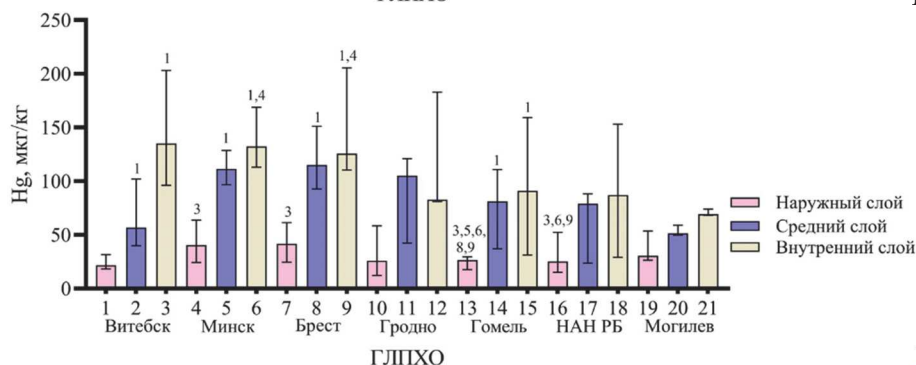
5. Содержание ртути во внутреннем слое чаги Витебского, Минского, Брестского ГПЛХО превышало значения в наружном слое в 2–3 раза; в образцах из Гомельского, Могилевского и НАН Беларуси ГПЛХО содержание ртути ниже, чем в других ГПЛХО (рис. В).



А



Б



В

Рис. Содержание магния (А), йода (Б), ртути (В) в образцах чаги (*I. obliquus*) в различных ГПЛХО Республики Беларусь

Выявлены различия в содержании элементов в образцах чаги от условий произрастания березовых насаждений (тип и подзоны леса, бонитет дерева, состав гумуса, рельеф местности, подстилка) и морфологических параметров чаги (масса), – данные не представлены.

Полученные результаты показывают сложный состав элементов *I. obliquus* в различных регионах Республики Беларусь, что может определяться условиями произрастания березовых насаждений. Образцы чаги могут быть использованы для разработки БАД и лекарственных средств. Чага является уникальной и универсальной природной субстанцией, хорошим источником необходимых организму химических элементов (эссенциальных) и других биологически активных веществ.

ВЗАИМОСВЯЗИ ВНУТРИ КОНСОРТНЫХ МИКОАССОЦИАЦИЙ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСАХ

Некляев С.Э.^{1,2}, Ларина Г.Е.², Гниненко Ю.И.¹

¹ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»,
Российская Федерация,

slava9167748107@yandex.ru

²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии», Российская Федерация;

larina.galina2014@gmail.com

INTERRELATIONSHIPS WITHIN CONCERT MYCOASSOCIATIONS OF *PICEA ABIES* L. AND *PINUS SYLVESTRIS* L. OF CONIFEROUS-BROADLEAFED FORESTS

Nekliaev S.E. ^{1,2}, Larina G.E. ², Gninenko Yu.I. ¹

Вопросы взаимодействия деревообитающих грибных сообществ между собой при занятии субстрата в лесных ценозах с преобладанием ели европейской (*Picea abies* L.) и сосны (*Pinus sylvestris* L.) остаются малоизученными. Нами были выделены стратегии адаптации микоценозов (банализация) к изменениям в условиях окружающей среды, показаны различия в достижении эффективной функциональной роли сообществ грибов: от активного антагонистического подавления (угнетения) до диверсификации со сменой уровня субстрата (адаптация). На проявление механизма взаимодействия грибов влияло как механическое строение, так и химический состав древесины, что позволило определить закономерности характера отношений между видами грибов на субстрате.

Вегетативная несовместимость широко распространена у грибов из разных таксонов – миксомицетов, оо-, аско-, базидио-, дейтеромицетов, а также типов питания – сапротрофов, некротрофов, биотрофов, коптотрофов и др. (Стороженко, 2014; Zabel et al., 2020). При заселении на древесные субстраты популяции многих грибов распадаются на большое число групп, что вызывает изоляцию колоний друг от