



Contents lists available at ScienceCiteIndex

<https://sciencecite.scopuseu.com>

«FUNDAMENTAL AND APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH»

journal homepage: <https://scopuseu.com/scopus/index.php/fasr/index>



УДК 582.96:581.5+615.322

Элементный состав макромицетов урбанизированной территории

Филимонова Марина Вячеславовна

*Кандидат биологических наук, Сургутский государственный университет, Россия, город Сургут
e-mail: felis75@mail.ru*

Кравченко Инесса Вячеславовна

*Кандидат биологических наук, Сургутский государственный университет, Россия, город Сургут
e-mail: kravinessa@mail.ru*

Звягина Елена Анатольевна

*Кандидат биологических наук, Сургутский государственный университет, Россия, город Сургут
e-mail: тусена@yandex.ru*

Elemental composition of macromycetes of urban territory

Filimonova Marina Vyacheslavovna

Candidate of Biological Sciences, Surgut State University, Russia, Surgut

Kravchenko Inessa Vyacheslavovna

Candidate of Biological Sciences, Surgut State University, Russia, Surgut

Zvyagina Elena Anatolievna

Candidate of Biological Sciences, Surgut State University, Russia, Surgut

Аннотация: Проведена предварительная оценка качества съедобных грибов (*Leccinum* sp. и *Lepiota* sp.) по содержанию тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn, Fe, Ni и Mn) в пределах промышленной зоны города, приравненного к районам крайнего Севера. Обследован ксилотрофный макромицет, являющийся ценным фармакологическим сырьём (*Fomitopsis betulina*) на содержание тяжелых элементов. Обнаружено высокое содержание Cu, Zn, Fe и Mn в грибах, произрастающих на территории промышленной зоны.

Annotation: The preliminary assessment of the quality of edible mushrooms (*Leccinum* sp. and *Lepiota* sp.) on heavy metals content (Pb, Cu, Zn, Fe, Ni and Mn) within the industrial zone of the Surgut city (equivalent to areas of the Far North) was carried out. The xylophilic macromycetes which are a valuable pharmacological raw material (*Fomitopsis betulina*) were examined for the content of heavy elements. The high content of Cu, Zn, Fe and Mn in the mushrooms growing on the territory of the industrial zone was found.

Ключевые слова: грибы; макромицеты; тяжелые металлы; свинец; железо; медь; цинк; марганец; никель.

Key words: mushrooms; macromycetes; heavy metals; lead; iron; copper; zinc; manganese; nickel.

Значение грибов трудно переоценить. Съедобные грибы являются отличным продуктом питания [9, с. 112], содержащим белки, витамины, микро и макроэлементы, а также, фармакологическим сырьём [3, 270-274], [14, с. 2748]. Велика роль грибов и в лесных сообществах, где они являются неотъемлемыми участниками естественных процессов [2, с. 158], [8, с. 101].

Согласно данным многих исследований, грибы могут являться аккумуляторами тяжелых металлов [5, с. 106], [11, с. 353], [16, с. 257], [13, с. 11472], [15, с. 427], что может оказывать негативное воздействие на более высокие уровни пищевых цепей, а также это свойство некоторые авторы предлагают использовать в биоиндикационном мониторинге загрязнений наземных экосистем [4, с. 98], [8, с. 101].

Негативное влияние техногенных факторов на территории ХМАО-Югры [6, с. 243], [10, с. 19] сказывается на природных ресурсах округа, таких как ягоды, лекарственные растения, грибы. Ситуация усугубляется недостаточной изученностью региональных особенностей накопления тяжелых металлов ресурсными видами растений и съедобными грибами, а также сбором населением этих объектов без учёта научных рекомендаций.

С целью изучения качества потенциального пищевого и фармацевтического сырья грибов, а также проверки пригодности данных видов грибов в качестве объектов мониторинга загрязнения тяжелыми металлами на данной территории, нами были произведены пилотные исследования трех видов макромицетов, представляющих пищевую или фармакологическую ценность, на

содержание Pb, Cu, Zn, Fe, Ni и Mn: *Leccinum* sp. – осиновик (микоризообразователь), *Lepiota* sp. – зонтик (гумусовый сапротроф), *Fomitopsis betulina* (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han et Y.C. Dai – березовая губка (ксилотроф). Сборы плодовых тел были сделаны в промышленной зоне г. Сургута, в смешанном нарушенном сосново-лиственничном лесу, участки которого перегорожены железобетонными конструкциями, вблизи наиболее оживлённой трассы «Нефтеюганское шоссе» между ул. Технологическая и ул. Производственная (рис. 1).



Рис. 1. Территория мест отбора проб.

Плодовые тела грибов были очищены от посторонних примесей пластиковым ножом, плодовые тела *Leccinum* sp. и *Lepiota* sp. были разделены на «шляпки» и «ножки» и просушены до постоянного веса. Пробы были подвергнуты сухому озолению при температуре 550°C в муфельной печи. Определение валового содержания тяжёлых металлов (Pb, Cu, Zn, Fe, Ni и Mn) проводили на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915 МД в кислотных вытяжках [1, с. 1-10] в Научно-образовательном центре и Центре коллективного пользования БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет».

Содержание всех тяжелых металлов в исследованных образцах съедобных грибов промзоны (*Leccinum* sp. и *Lepiota* sp.), в целом, можно оценить, как высокое, кроме показателей содержания свинца и никеля (рис. 2).

Сравнение с данными по санитарным нормам [7, с. 119] показало превышение содержания, в основном, Zn – в 10,3 раза в шляпках *Lepiota* sp., в 13,3 раза в ножках *Lepiota* sp., в 10 раз в ножках *Leccinum* sp., в 9,8 раза в шляпках *Leccinum* sp. (рис. 2).

Превышение содержания Cu по сравнению с санитарными нормами обнаружено в шляпках *Lepiota* sp. в 9,2 раза, в ножках *Lepiota* sp. в 4,2 раза. Незначительное превышение санитарных норм по содержанию Cu наблюдалось в шляпках *Leccinum* sp., содержание Cu в ножках этих грибов не превышало санитарных норм (рис. 2).

Содержание Pb в шляпках *Lepiota* sp. незначительно превышало санитарные нормы (на 24%) (рис. 2).

Проведенные исследования валового содержания тяжелых металлов в съедобных макромицетах внутригородского лесного массива (г. Сургут), показали различия в концентрации металлов в шляпках и ножках плодовых тел у *Leccinum* sp. и *Lepiota* sp. В основном, тяжелые металлы накапливались в шляпках грибов. Существенные различия между содержанием элементов в шляпках и ножках наблюдаются у *Lepiota* sp., так, содержание Pb в шляпках плодовых тел этих грибов было выше, чем в ножках в 2,24 раза, содержание Cu – в 2,19 раза, Fe – в 1,9 раза, Ni – в 1,65 раза и незначительно повышен уровень Mn. Показатель содержания Zn, наоборот, был повышен в шляпках *Lepiota* sp.

В шляпках плодовых тел грибов *Leccinum* sp. также наблюдалось повышенное содержание элементов – Pb – в 2,1 раза, Fe – в 1,9 раза в Mn – 2,7 раза, Ni – в 1,4 раза, содержание Cu было повышено незначительно, при этом, содержание Zn не имело достоверных различий и находилось на одном уровне, как в шляпках, так и в ножках плодовых тел этих грибов.

Fomitopsis betulina накапливал наибольшее количество Zn ($544,398 \pm 4,110$ мкг/г). Значительное количество цинка содержали шляпки грибов рода *Lepiota* sp. ($133,637 \pm 7,227$ мкг/г) (рис. 2).

Высоким содержанием Fe характеризовалась *Fomitopsis betulina* ($347,035 \pm 4,598$ мкг/г) и шляпки макромицетов *Leccinum* sp. и *Lepiota* sp. ($47,591 \pm 1,376$ мкг/г и $43,686 \pm 1,363$ мкг/г, соответственно) (рис. 2).

Fomitopsis betulina накапливал самые значительные количества Cu ($97,628 \pm 2,215$ мкг/г), а также шляпки *Lepiota* sp. характеризовались высокими значениями показателя содержания Cu ($45,784 \pm 1,801$ мкг/г) (рис. 2).

Содержание Pb у всех исследованных макромицетов находилось на уровне (0,104 – 0,659 мкг/г) (рис. 2).

Никель (Ni), в основном, накапливался в шляпках макромицетов рода *Lepiota* sp. (рис. 2).

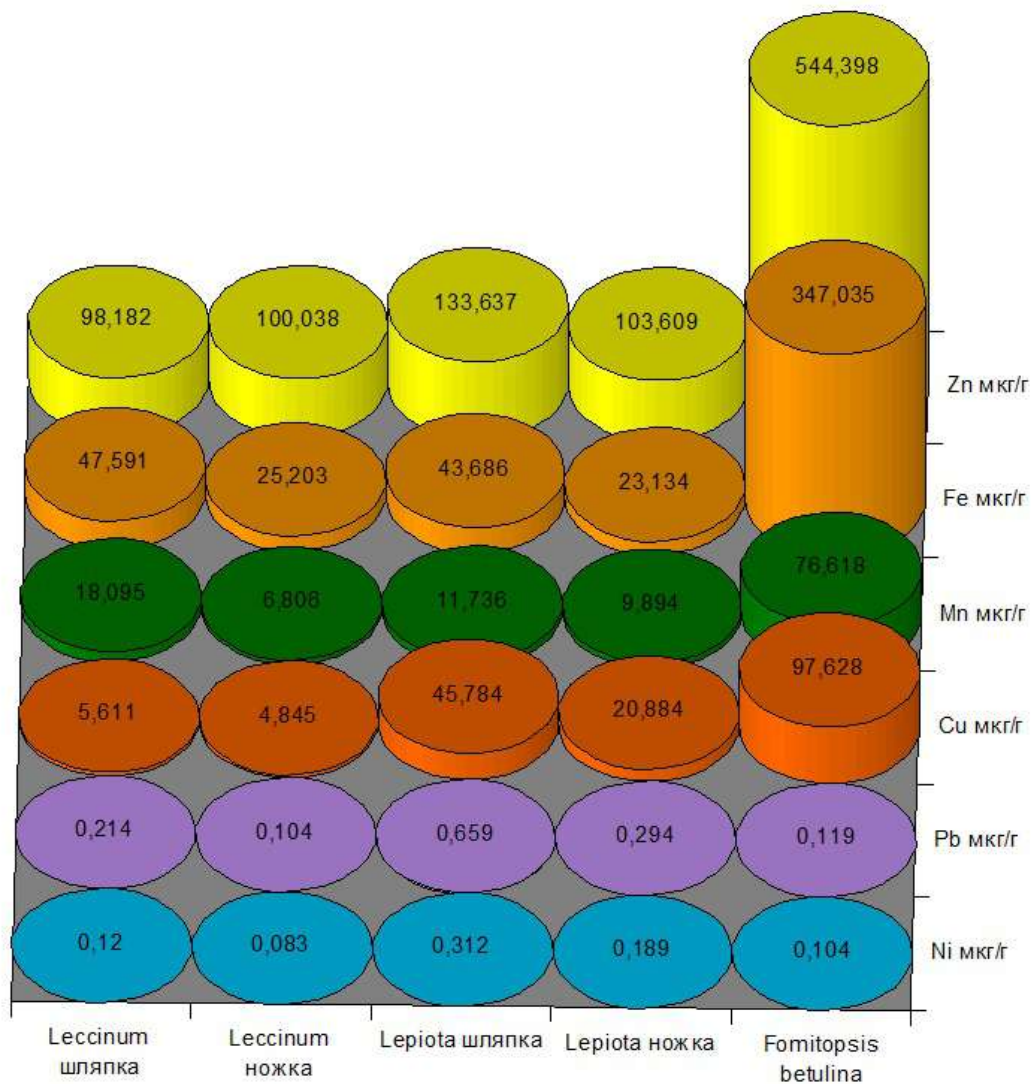


Рис. 2. Валовое содержание тяжелых металлов в плодовых телах макромицетов ХМАО (мкг/г).

Таким образом, *Fomitopsis betulina* характеризовался очень высокими показателями содержания Zn, Fe, Cu и Mn, которые как раз являются необходимыми компонентами ферментов ксилотрофных грибов, участвующих в разрушении древесины [12, с. 73]. Кроме того, высокое содержание этих элементов может быть объяснено их мобилизацией из субстрата в ходе разложения тканей [12, с. 73]. Процесс имеет большое значение в высвобождении тяжелых металлов, увеличении их биодоступности для других организмов и поступления в пищевые цепи экосистемы.

Ряды убывания содержания исследованных элементов в шляпках и ножках плодовых тел грибов *Lepiota* sp. оказались практически одинаковыми:

Zn>Cu=Fe>Mn>Pb>Ni;

Ряды убывания содержания исследованных элементов в шляпках и ножках плодовых тел грибов *Leccinum* sp. также не имели отличий, но отличались от рядов убывания, характерных для *Lepiota* sp.

Zn>Fe> Mn>Cu>Pb>Ni;

Ряд убывания содержания тяжелых металлов для *Fomitopsis betulina* имеет следующий вид:

Zn> Fe> Cu>Mn>Pb>Ni.

Представленные результаты выявили перспективность дальнейшего исследования макромицетов в роли биоиндикаторов загрязнения окружающей среды, а также как источников эссенциальных элементов (Cu, Zn). Целесообразно расширение исследования элементного состава макромицетов, как съедобных, так и экологически значимых видов в условиях техногенного воздействия, а также в слабозагрязненных районах и на условно-чистых территориях.

Работы выполнены в рамках выполнения государственного задания Департамента образования и молодежной политики Ханты-Мансийского округа - Югры.

Список литературы

1. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. [Электронный ресурс]: / Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/91/9123.shtml>. – Загл. с экрана.
2. Дрёмова Н. А. Ксилотрофные базидиомицеты (Basidiomycota) как показатель экологического состояния городской среды // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – Изд-во: Оренбургский государственный аграрный университет. – Оренбург, 2014. – № 2 (46). – С. 158-161.
3. Змитрович И. В. Метаболиты базидиальных грибов, эффективные в терапии рака и их молекулярные мишени: обзор // Вестник Пермского университета. Биология. Вып. 3, 2015. – С. 264-286.
4. Ивашов П. В. Тяжелые металлы в макромицетах Юга Дальнего Востока России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2012. – № 2. – С. 96-99.
5. Королева Ю. В., Охрименко М. А. Особенности накопления тяжелых металлов лесными грибами Калининградской области // Вестник Балтийского Федерального университета им. И. Канта. – 2015. – Вып. 1. – С. 106 - 107.

6. Куриленко М. И., Хоменушко Т. И. Русак С. Н. Аккумуляция тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водоемов Ханты-Мансийского района в сезонной динамике Север России: Стратегии и перспективы развития Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Изд-во: СурГУ. – Сургут. – 2017 – С. 243–248.
7. МБТ 5061-89. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. М.: Изд-во стандартов, 1990. – 185 с.
8. Отнюкова Т.Н., Жижаяев А.М., Кутафьева Н.П., Дутбаева А.Т. Макромицеты как биоиндикаторы загрязнения окружающей среды территории г. Красноярск и его окрестностей // Вестник КрасГАУ. – 2012. – №11 – С. 101–113.
9. Попова М.Г. Зависимость качества съедобных грибов центральной Якутии от типа леса и почвы / Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – Краснообск, 2008. – №10 (190). – С. 108-112.
10. Реутов Ю.И. Кривошеев В.В. Основные источники техногенного загрязнения воздуха на территории ХМАО-ЮГРЫ и пути решения этой проблемы / Экспозиция Нефть Газ № 1 (33). – 2014. – С. 19-21.
11. Сазанова К. В., Великова В. Д., Столярова Н. В. Накопление тяжелых металлов грибами. Экологическая и видовая специфичность, механизмы аккумуляции, потенциальная опасность для человека. [Электронный ресурс]: / Режим доступа: http://www.medline.ru/public/pdf/18_024.pdf – Загл. с экрана.
12. Химич Ю. Р., Исаева Л. Г. Химический состав трутовых грибов в зоне влияния медно-никелевого производства // Вестник московского государственного областного университета. – Серия: естественные науки. – Изд-во: МГОУ. – Москва, 2011. – № 1. – С. 72-76.
13. Falandysz J., Chudzińska M., Barańkiewicz D. Drewnowska M. Hanć A. Toxic elements and bio-metals in Cantharellus mushrooms from Poland and China // Environ Sci Pollut Res. – 2017 (24). – P. 11472–11482.
14. Kawagishi H., Hamajima K., Inoue Y. Novel hydroquinone as matrix metallo-proteinase inhibitor from the mushroom, *Piptoporus betulinus* // Biosci. Biotechnol. Biochem. – 2002. – Vol. 66.– P. 2748-2750.
15. Krupa P., Kozdro'j J. Accumulation of heavy metals by ectomycorrhizal fungi colonizing birch trees growing in an industrial desert soil // World Journal of Microbiology & Biotechnology. Kluwer Academic Publishers. – Netherlands. – 2004. – №20 P. 427–430.
16. Stihl C., Radulescu C., Busuioc G., Popescu I.V., Gheboianu A., Ene A. Studies on accumulation of heavy metals from substrate to edible wild mushrooms // Rom. Journ. Phys.– Vol. 56. – Nos. 1–2, Bucharest, 2011. – P. 257–264.

The text of the article in English

The value of mushrooms is difficult to overestimate. Edible mushrooms are an excellent food [9, p. 112], containing proteins, vitamins, micro and macroelements, as well as pharmacological raw materials [3, 270-274], [14, p. 2748]. The role of fungi is also great in forest communities, where they are integral participants in natural processes [2, p. 158], [8, p. 101].

According to many studies, mushrooms can be accumulators of heavy metals [5, p. 106], [11, p. 353], [16, p. 257], [13, p. 11472], [15, p. 427], which may have a negative effect on higher levels of food chains, as well as this property, some authors suggest using in bioindicative monitoring of pollution of terrestrial ecosystems [4, p. 98], [8, p. 101].

The negative impact of man-made factors on the territory of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Ugra [6, p. 243], [10, p. 19] affects the natural resources of the district, such as berries, medicinal plants, mushrooms. The situation is aggravated by the insufficient knowledge of the regional characteristics of the accumulation of heavy metals in resource plant species and edible mushrooms, as well as the collection of these objects by the population without taking scientific recommendations into account.

In order to study the quality of potential food and pharmaceutical raw materials of mushrooms, as well as to test the suitability of these types of mushrooms as objects of monitoring contamination with heavy metals in this area, we carried out pilot studies of three types of macromycetes of food or pharmacological value for Pb, Cu, Zn, Fe, Ni and Mn: *Leccinum* sp. - Aspen (mycorrhiza), *Lepiota* sp. - umbrella (humus saprotroph), *Fomitopsis betulina* (Bull.) BK Cui, ML Han et YC Dai - birch sponge (xylotroph). Collection of fruit bodies was made in the industrial zone of Surgut, in a mixed disturbed pine-larch forest, areas of which are partitioned off by reinforced concrete structures, near the busiest route "Nefteyuganskoye Highway" between st. Technologicheskaja and st. Proizvodstvennaja (Fig. 1).



Fig. 1. The territory of the sampling sites.

Fruit bodies of mushrooms were cleaned from impurities with a plastic knife, fruit bodies of *Leccinum* sp. and *Lepiota* sp. were divided into "caps" and "legs" and dried to constant weight. The samples were dry ashed at 550 ° C in a muffle furnace. The determination of the gross content of heavy metals (Pb, Cu, Zn, Fe, Ni, and Mn) was carried out on an MGA-915 MD atomic absorption spectrometer in acid extracts [1, p. 1-10] in the Research and Education Center and the Center for Collective Use of the Surgut State University, Khanty-Mansy Autonomous Area "Surgut State University".

The content of all heavy metals in the studied samples of edible fungi of the industrial zone (*Leccinum* sp. and *Lepiota* sp.), in general, can be assessed as high, except for indicators of the content of lead and nickel (Fig. 2).

Comparison with data on sanitary standards [7, p. 119] showed an excess of content, mainly Zn - 10.3 times in caps *Lepiota* sp., 13.3 times in legs *Lepiota* sp., 10 times in the legs of *Leccinum* sp., 9.8 times in *Leccinum* sp. (Fig. 2).

Excess Cu content compared to sanitary norms found in *Lepiota* sp. caps 9.2 times, in legs *Lepiota* sp. 4.2 times. A slight excess of sanitary standards for the content of Cu was observed in the caps of *Leccinum* sp. Cu content in the legs of these mushrooms did not exceed the sanitary norms (Fig. 2).

Pb content in caps *Lepiota* sp. slightly exceeded sanitary norms (by 24%) (Fig. 2).

Studies of the gross content of heavy metals in the edible macromycetes of the intra-urban forest (Surgut) showed differences in the concentrations of metals in the caps and legs of fruit bodies in *Leccinum* sp. and *Lepiota* sp. In general, heavy metals accumulated in the caps of mushrooms. Significant differences between the content of elements in caps and legs are observed in *Lepiota* sp. Thus, the content Pb in the caps of the fruit bodies of these mushrooms was 2.24 times higher than in the legs, the Cu content was 2.19 times higher, Fe was 1.9 times higher, Ni was 1.65 times higher and level Mn was not significantly higher. The indicator of Zn content, on the contrary, was raised in the caps of *Lepiota* sp.

In the caps of the fruit bodies of the mushrooms *Leccinum* sp. an increased content of elements — Pb — was also observed by 2.1 times, Fe — by 1.9 times in Mn — 2.7 times, Ni — by 1.4 times, the content of Cu was slightly increased, while the content of Zn did not have significant differences were on the same level, both in caps and legs of the fruit bodies of these fungi.

Fomitopsis betulina accumulated the highest amount of Zn ($544,398 \pm 4,110$ mcg / g). A significant amount of zinc contained caps of mushrooms of the genus *Lepiota* sp. (133.637 ± 7.227 mcg / g) (Fig. 2).

High content of Fe was characterized by *Fomitopsis betulina* (347.035 ± 4.598 mcg / g) and the cap macromycetes *Leccinum* sp. and *Lepiota* sp. (47.591 ± 1.376 mcg / g and 43.686 ± 1.363 mcg / g, respectively) (Fig. 2).

Fomitopsis betulina accumulated the most significant amounts of Cu (97.628 ± 2.215 mcg / g), as well as caps Lepiota sp. characterized by high values of Cu content (45.784 ± 1.801 mcg / g) (Fig. 2). The content of Pb in all studied macromycetes was at the level (0.104 - 0.659 mcg / g) (Fig. 2).

Nickel (Ni) mainly accumulated in the caps of macromycetes of the genus Lepiota sp. (Fig. 2).

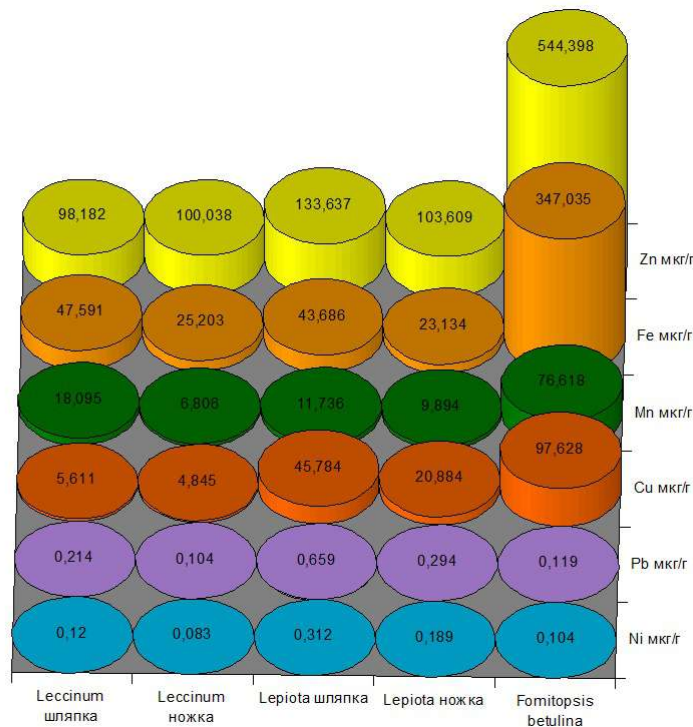


Fig.2. Gross content of heavy metals in the fruiting bodies of macromycetes of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug (mcg / g).

Thus, Fomitopsis betulina was characterized by very high levels of Zn, Fe, Cu and Mn, which are just necessary components of the enzymes of xylotrophic fungi involved in the destruction of wood [12, c . 73]. In addition, the high content of these elements can be explained by their mobilization from the substrate during the decomposition of tissues [12, p. 73]. The process is of great importance in the release of heavy metals, increasing their bioavailability for other organisms and entering the ecosystem food chains.

Rows of decreasing content of the investigated elements in the caps and legs of the fruit bodies of the mushrooms Lepiota sp. turned out to be almost the same:

$$\text{Zn} > \text{Cu} = \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Ni};$$

Rows of decreasing content of the investigated elements in the caps and legs of the fruit bodies of the

fungi *Leccinum* sp. also did not have differences, but differed from the descending series characteristic of *Lepiota* sp.

Zn > Fe > Mn > Cu > Pb > Ni;

Several decreasing the heavy metal content to *Fomitopsis betulina* is follows as:

Zn > Fe > Cu > Mn > Pb > Ni.

The presented results revealed the prospects of further study of macromycetes in the role of bioindicators of environmental pollution, as well as sources of essential elements (Cu, Zn). It is advisable to expand the study of the elemental composition of macromycetes, both edible and ecologically important species in the conditions of anthropogenic impact, as well as in slightly polluted areas and conditionally clean areas.

The works were performed within the framework of the state assignment of the Department of Education and Youth Policy of the Khanty-Mansiysk Okrug-Ugra

References

1. GOST 30178-96. Raw materials and food. Atomic absorption method for the determination of toxic elements. [Electronic resource]: / Access Mode: <http://vsegost.com/Catalog/91/9123.shtml>. - Title from the screen.
2. Dremova N. A. Xylotrophic basidiomycetes (Basidiomycota) as an indicator of the ecological state of the urban environment // News of the Orenburg State Agrarian University. - Publishing house: Orenburg State Agrarian University. - Orenburg, 2014. - № 2 (46). - p. 158-161.
3. Zmitrovich I.V. Basidiomycete fungi metabolites effective in cancer therapy and their molecular targets: a review // Perm University Herald. Biology. Issue 3, 2015. - p. 264-286.
4. Ivashov P.V. Heavy metals in macromycetes of the South of the Far East of Russia // Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. - 2012. - № 2. - p. 96-99.
5. Koroleva Yu. V., Okhrimenko M. A. Features of the accumulation of heavy metals by forest mushrooms of the Kaliningrad region // Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant. - 2015. - Vol. 1. - p. 106 - 107.
6. Kurilenko M. I., Khomenushko T. I. Rusak S. N. Accumulation of heavy metals in bottom sediments of surface water bodies of the Khanty-Mansiysky district in seasonal dynamics North of Russia: Strategies and development prospects Materials III All-Russian Scientific and Practical Conference. - Publishing house: SurSU. - Surgut. - 2017 - p. 243–248.
7. Office 5061-89. Medical and biological requirements and sanitary standards for the quality of food raw materials and food products. M. : Publishing house of standards, 1990. - 185 p.

8. Otnyukova T.N., Zhizhayev A.M., Kutafyeva N.P., Dutbaeva A.T. Macromycetes as bioindicators of environmental pollution in the territory of Krasnoyarsk and its environs. // Vestnik KrasGAU. - 2012. - №11 - P. 101–113.
9. Popova M.G. Quality dependence edible mushrooms of central Yakutia on the type of forest and soil / Siberian Journal of Agricultural Science. - Krasnoobsk, 2008. - №10 (190). - pp. 108-112.
10. Reutov Yu.I. Krivosheev V.V. The main sources of technogenic air pollution on the territory of KMAO-UGRA and ways to solve this problem / Exposure Oil Gas No. 1 (33). - 2014. - p. 19-21.
11. Sazanova K.V., Velikova V.D., Stolyarova N.V. Accumulation of heavy metals by fungi. Ecological and species specificity, accumulation mechanisms, potential danger to humans. [Electronic resource]: / Access mode: http://www.medline.ru/public/pdf/18_024.pdf - Zagl. from the screen.