

УДК 574/577

**Ольга Александровна Лескова<sup>1</sup>**,  
кандидат биологических наук, доцент,  
Забайкальский государственный университет  
(672039, Россия, Чита, ул. Александро-Заводская, 30),  
e-mail: [leskova-olga@inbox.ru](mailto:leskova-olga@inbox.ru)

**Артем Петрович Лесков<sup>2</sup>**,  
кандидат биологических наук, доцент,  
Забайкальский государственный университет  
(672039, Россия, Чита, ул. Александро-Заводская, 30),  
e-mail: [artem-leskov@inbox.ru](mailto:artem-leskov@inbox.ru)

### Содержание макро- и микроэлементов в дикорастущих грибах Забайкальского края

В статье представлена экспериментальная работа по количественному определению содержания микро- и макроэлементов в некоторых природных объектах на территории Шелопугинского района (Забайкальский край). Объектами исследования являлись съедобные виды грибов: *Leccinum aurantiacum*, *Suillus luteus*, *Russula delica*, *Agaricus silvaticus*, *Xerocomus subtomentosus*. Содержание ионов элементов в грибах определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа. Проведённое исследование показало, что все виды грибов в наибольшем количестве из элементов-неметаллов накапливают фосфор. Данный элемент в наибольшем количестве зафиксирован в *Agaricus silvaticus*. У этого же вида зафиксировано максимальное содержание кремния и хлора. Среди биогенных элементов-металлов наибольшее содержание определено для калия. Максимальное содержание натрия, кальция, стронция и бария зафиксировано в *Agaricus silvaticus*. При определении тяжёлых металлов было зафиксировано максимальное содержание железа в *Agaricus silvaticus*. Выявлено превышение предельно допустимых концентраций для цинка и меди для всех исследуемых видов. Минимальная аккумуляция отмечена для никеля. Большая часть исследованных тяжёлых металлов обнаружена в *Agaricus silvaticus*. Минимальное содержание всех исследованных элементов отмечено в плодовых телах *Suillus luteus* и *Xerocomus subtomentosus*. Содержание тяжёлых металлов в грибах Забайкальского края выше по сравнению с накоплением их в грибах других зон России. Результаты исследования можно использовать для проведения экологического мониторинга на территории Забайкальского края, а также при организации научно-исследовательской работы студентов.

**Ключевые слова:** грибы, биогенные элементы, тяжёлые металлы, Забайкальский край

<sup>1</sup> О. А. Лескова – основной автор, является организатором исследования, осуществляет подготовку статьи к публикации, формулирует выводы и обобщает итоги реализации коллективного проекта.

<sup>2</sup> А. П. Лесков является исполнителем исследования, осуществляет сбор материала и подготовку статьи к публикации.

**Olga A. Leskova<sup>1</sup>,**  
Candidate of Biology, Associate Professor,  
Transbaikal State University  
(30 Aleksandro-Zavodskaya st., Chita, 672039, Russia),  
e-mail: leskova-olga@inbox.ru

**Artem P. Leskov<sup>2</sup>,**  
Candidate of Biology, Associate Professor,  
Transbaikal State University  
(30 Aleksandro-Zavodskaya st., Chita, 672039, Russia),  
e-mail: artem-leskov@inbox.ru

### Macro- and Microelements Contents in Some Types of Wild Mushrooms (Zabaikalsky Krai)

The article presents experimental work on quantitative determination of macro and micro elements content in some natural objects on the territory of Shelopuginsky District (Zabaikalsky Krai). The objects of research were some edible mushroom species: *Leccinum aurantiacum*, *Suillus luteus*, *Russula delica*, *Agaricus silvaticus*, *Xerocomus subtomentosus*. Ionic content of the elements in the mushrooms was determined using the method of x-ray fluorescent analysis. The research carried out showed that all mushroom species accumulate some nonmetal elements, including the largest quantity of phosphorus. The largest quantity of this elements was found in *Agaricus silvaticus*. This species had a maximum silicon and chlorine content. There was the largest potassium content among biogenic metal elements. *Agaricus silvaticus* was characterized by a maximum sodium, calcium, strontium and barium content. Determination of heavy metals showed the maximum iron content in *Agaricus silvaticus*. The maximum allowable concentration of zinc and copper was exceeding for all the species studied. Nickel had a minimum accumulation. Most of the heavy metals studied was found in *Agaricus silvaticus*. The minimum content of all the elements studied was determined in fruit bodies of *Suillus luteus* and *Xerocomus subtomentosus*. Heavy metal concentration in the mushrooms of Zabaikalsky Krai is higher than in those of other regions of Russia. The research findings can be used for ecological monitoring on the territory of Zabaikalsky Krai, as well as for organizing the students' scientific research.

**Keywords:** mushrooms, biogenic elements, heavy metals, Zabaikalsky Krai

**Введение.** Оценка поступления химических элементов в организм человека с продуктами питания является одной из важных составляющих частей экологического мониторинга. Важными поставщиками макро- и микроэлементов могут служить съедобные грибы. Среди биологических компонентов наземных экосистем именно грибы могут накапливать максимальные концентрации биогенных химических элементов в плодовых телах [4].

Количество минеральных веществ в дикорастущих грибах сопоставимо с овощами [1]. Большинство видов грибов можно считать достаточно значимыми источниками калия, магния, фосфора, железа, марганца, меди. Однако наряду с важными биогенными элементами макромикробы могут накапливать соединения с ярко выраженными токсичными свойствами. К таким соединениям относят производные тяжёлых металлов, которые оказывают повреждающее действие на разные структуры живого организма. Тяжёлые металлы являются сопутствующими компонентами выбросов автотранспорта, сжигания углей, промышленных предприятий [5; 10].

Грибы – гетеротрофные организмы, способные к мощной аккумуляции различных веществ, в том числе и загрязняющих (тяжёлые металлы, радионуклиды) [8]. Грибы для человека являются излюбленным объектом природопользования и составляют значительную часть пищевого рациона сибирского населения. Поэтому грибы с накопленными в них веществами, в том числе и ядовитыми, могут быть источником поступления их в организм человека при использовании в пищу.

**Целью исследования** являлось проведение количественного определения некоторых элементов в съедобных дикорастущих грибах, произрастающих на территории Забайкальского края.

**Материалы и методы исследования.** Объектами исследования служили пять видов съедобных грибов: подосиновик красный (*Leccinum aurantiacum* (Bull.) Gray), маслёнок обыкновенный

<sup>1</sup> O. A. Leskova is the main author, the organizer of the research, she has prepared an article for publication, formulated conclusions and generalized results of implementation of the collective project.

<sup>2</sup> A. P. Leskov is the executor of the research, who has collected material and prepared an article for publication.

новенный (*Suillus luteus* (L.) Roussel), подгруздок белый или груздь сухой (*Russula delica* Fr.), шампиньон лесной (*Agaricus silvaticus* Secr.), моховик зелёный (*Xerocomus subtomentosus* (L.) Quél.) Отбор образцов проводили согласно общепринятым методикам [7].

Исследования и сбор материалов проводились на территории Забайкальского края: в окрестностях с. Вершино-Шахтама (Шелопугинский район).

Определение содержания химических элементов выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Germany) на базе лаборатории рентгеновских методов анализа института геохимии СО РАН г. Иркутск.

**Результаты и их обсуждение.** Все исследованные виды грибов содержат большое количество фосфора (табл. 1). По данным некоторых исследователей, именно этот химический элемент способен накапливать грибы в относительно больших количествах [1]. Следует отметить, что данный элемент в максимальном количестве зафиксирован в *Agaricus silvaticus* – 15930 мг/кг, в минимальном – в *Russula delica*. Кремний в наибольшем количестве зафиксирован в плодовых телах *Agaricus silvaticus* – 1839 мг/кг. Наименьшая концентрация данного элемента зафиксирована в *Xerocomus subtomentosus* – 85 мг/кг. Как известно, сера входит в состав протеиногенных аминокислот и, следовательно, выполняет важнейшую функцию в процессе белкового синтеза. Максимальное количество данного элемента обнаружено в *Leccinum aurantiacum* – 8100 мг/кг, минимальное – в *Xerocomus subtomentosus* – 1010 мг/кг. Максимальное накопление хлора отмечено для *Agaricus silvaticus* – 7978 мг/кг. Все изучаемые виды грибов накапливают соединения брома в минимальных количествах, за исключением *Leccinum aurantiacum*, в котором количество данного элемента соответствует 11 мг/кг.

Таблица 1

Содержание элементов – неметаллов – в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), мг/кг

Вид	Si	P	S	Cl	Br
<i>Leccinum aurantiacum</i>	176	5890	<b>8100</b>	1416	11
<i>Suillus luteus</i>	130	8990	2820	419	<1
<i>Agaricus silvaticus</i>	<b>1839</b>	<b>15930</b>	4650	<b>7978</b>	1
<i>Russula delica</i>	666	4800	1220	375	<1
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	85	5410	1010	226	<1
ПДК	–	–	–	–	–

Как видно из табл. 2, из представленного перечня биогенных элементов – металлов – наибольшее содержание отмечено для калия, причём максимальное его количество обнаружено в *Agaricus silvaticus* – 50740 мг/кг, минимальное количество зафиксировано в *Leccinum aurantiacum* – 30740 мг/кг.

Максимальное содержание натрия, кальция, стронция и бария также зафиксировано в *Agaricus silvaticus*. Обнаружено минимальное накопление стронция и бария. Следует отметить, что наименьшее содержание всех элементов зафиксировано в *Xerocomus subtomentosus*.

Таблица 2

Содержание элементов – металлов – в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), мг/кг

Вид	Na	K	Rb	Ca	Sr	Ba
<i>Leccinum aurantiacum</i>	146	30740	129	82	1	5
<i>Suillus luteus</i>	119	42230	<b>1119</b>	85	1	5
<i>Agaricus silvaticus</i>	<b>709</b>	<b>50740</b>	38	<b>320</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
<i>Russula delica</i>	121	33340	41	110	2	8
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	44	47010	961	30	2	9
ПДК	–	–	–	–	–	–

Как отмечают некоторые исследователи, в последнее время участились случаи отравления съедобными грибами, даже правильно приготовленными [3; 9]. Причина заключается в свойстве шляпочных грибов активно накапливать в своём теле химические вещества, которые, попадая в организм человека в больших количествах, опасны для его здоровья. К таким токсикантам относят тяжёлые металлы. При количественном определении железа в грибах максимальная концентрация этого элемента была зафиксирована в *Agaricus silvaticus* – 370 мг/кг, наименьшая – в *Xerocomus subtomentosus* – 33 мг/кг (табл. 3). По содержанию желе-

за грибы можно расположить в следующей последовательности: *Agaricus silvaticus* > *Russula delica* > *Leccinum aurantiacum* > *Suillus luteus* > *Xerocomus subtomentosus*. Следует отметить, что для *Russula delica* в некоторых районах Алтайского края отмечены небольшие концентрации этого элемента – 36 мг/кг [3], а по результатам нашего исследования зафиксировано большее количество – 103 мг/кг. Для европейской части России в плодовых телах *Leccinum aurantiacum* зафиксировано 2,6 мг/кг, а в нашем случае – 59 мг/кг; для *Suillus luteus* – 4,5 мг/кг, в нашем опыте – 48 мг/кг [9].

Таблица 3

Содержание тяжёлых металлов в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), мг/кг

Образец	Fe	Cu	Ni	Zn
<i>Leccinum aurantiacum</i>	59	44	<1,5	161
<i>Suillus luteus</i>	48	19	<1,5	100
<i>Agaricus silvaticus</i>	370	52	<1,5	101
<i>Russula delica</i>	103	35	<1,5	79
<i>Xerocomus subtomentosus</i>	33	35	< 1,5	51
ПДК	–	10	–	20

На втором месте среди тяжёлых металлов по содержанию в плодовых телах находится цинк. Было зафиксировано превышение ПДК для всех видов грибов по данному элементу [6]. Считается, что цинк наименее токсичен среди всех тяжёлых металлов, хотя его количество строго регламентировано – 20 мг/кг [3]. Максимальное количество цинка обнаружено в *Leccinum aurantiacum* – превышение ПДК в 8 раз, минимальное количество – в *Xerocomus subtomentosus* – превышение в 2,5 раза. По уменьшению содержания цинка в плодовых телах можно выстроить следующую последовательность: *Leccinum aurantiacum* > *Agaricus silvaticus* > *Suillus luteus* > *Russula delica* > *Xerocomus subtomentosus*. Для *Russula delica* в некоторых районах Алтайского края отмечены небольшие концентрации этого элемента – 39,1 мг/кг [3], а по результатам нашего исследования зафиксировано большее его количество – 79 мг/кг. Для европейской части России в плодовых телах *Leccinum aurantiacum* зафиксировано 8,6 мг/кг, на территории Свердловской области – 205 мг/кг, а в нашем случае – 161 мг/кг; для *Suillus luteus* (Европейская часть России) – 4,8 мг/кг, в нашем опыте – 100 мг/кг [2; 9]. При количественном определении соединений меди было обнаружено превышение ПДК во всех видах грибов. Максимальное содержание элемента зафиксировано в *Agaricus silvaticus* – превышение ПДК в 5 раз. Определено, что в *Russula delica* в некоторых районах Алтайского края отмечены небольшие концентрации этого элемента – 28,6 мг/кг [3], а по результатам нашего исследования зафиксировано большее количество – 35 мг/кг. Для европейской части России в плодовых телах *Leccinum aurantiacum* зафиксировано 2,4 мг/кг, на территории Свердловской области – 33,9 мг/кг, в нашем случае – 44 мг/кг; для *Suillus luteus* (Европейская часть России) – 0,7 мг/кг, в нашем опыте – 19 мг/кг [9]. По содержанию меди виды можно расположить в следующей последовательности: *Agaricus silvaticus* > *Leccinum aurantiacum* > *Russula delica* ≈ *Xerocomus subtomentosus* > *Suillus luteus*. Во всех исследуемых видах отмечается небольшая концентрация никеля.

Таким образом, исследуемые виды грибов среди элементов-органогенов в большем количестве накапливают фосфор и калий. Почти все определяемые биогенные элементы в максимальном количестве обнаружены в *Agaricus silvaticus*. В исследуемых грибах выявлены высокие концентрации железа, меди и цинка. В некоторых видах грибов, произрастающих на территории Забайкальского края, содержание железа, цинка и меди выше по сравнению с накоплением их в этих же грибах из других зон России. Зафиксировано превышение ПДК по цинку и меди (для других исследуемых тяжёлых металлов данные концентрации не известны).

#### Список литературы

1. Бакайтис В. И., Басалаева С. Н. Содержание макро- и микроэлементов в дикорастущих грибах Новосибирской области // Техника и технология пищевых производств. 2009. № 2. С. 73–76.
2. Безель В. С., Мухачева С. В., Трубина М. Р., Пищулин П. Г., Воробейчик Е. Л. Продукция природных экосистем в пищевых рационах населения Свердловской области // Аграр. вестн. Урала. 2010. № 6. С. 61–65.
3. Горбунова И. А. Тяжёлые металлы и радионуклиды в плодовых телах макромицетов в Республике Алтай // Сибир. экол. журн. 1999. № 3. С. 277–280.

4. Иванов А. И., Костычев А. А., Скобанев А. В. Аккумуляция тяжёлых металлов и мышьяка базидиомами макромицетов различных эколого-трофических и таксономических групп // Поволж. экол. журн. 2008. № 3. С. 190–199.
5. Маркова М. Е., Урьяш В. Ф., Степанова Е. А., Груздева А. Е., Гришатова Н. В., Демарин В. Т., Туманова А. Н. Сорбция тяжёлых металлов высшими грибами и хитином разного происхождения в опытах in vitro // Вестн. Нижегород. ун-та. 2008. № 6. С. 118–124.
6. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. М.: Изд-во стандартов, 1990. 185 с.
7. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под ред. Н. Г. Зырина, С. Г. Малахова. М.: Гидрометеиздат, 1981. 109 с.
8. Отмахов В. И., Петрова Е. В., Пушкарева Т. Н., Островерхова Г. П. Атомно-эмиссионная методика анализа грибов на содержание тяжёлых металлов и использование её для целей экомониторинга // Изв. Томск. ун-та. 2004. Т. 307, № 6. С. 44–48.
9. Оценка факторов, влияющих на микроэлементный состав базидиальных грибов европейской части России / А. В. Горбунов [и др.]. Дубна: Объед. ин-т ядер. исслед., 2009. 15 с.
10. Попова М. Г. О дикорастущих съедобных грибах Центральной Якутии // Наука и техника в Якутии. 2009. № 1. С. 94–96.

#### References

1. Bakaitis V. I., Basalaeva S. N. Soderzhanie makro- i mikroelementov v dikorastushchikh gribakh Novosibirskoi oblasti // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2009. № 2. S. 73–76.
2. Bezel' V. S., Mukhacheva S. V., Trubina M. R., Pishchulin P. G., Vorobeichik E. L. Produktsiya prirodnykh ekosistem v pishchevykh ratsionakh naseleniya Sverdlovskoi oblasti // Agrar. vestn. Urala. 2010. № 6. S. 61–65.
3. Gorbunova I. A. Tyazhelye metally i radionuklidy v plodovykh telakh makromitsetov v Respublike Altai // Sibir. ekol. zhurn. 1999. № 3. S. 277–280.
4. Ivanov A. I., Kostychev A. A., Skobanev A. V. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov i mysh'yaka bazidiomami makromitsetov razlichnykh ekologo-troficheskikh i taksonomicheskikh grupp // Povolzh. ekol. zhurn. 2008. № 3. S. 190–199.
5. Markova M. E., Ur'yash V. F., Stepanova E. A., Gruzdeva A. E., Grishatova N. V., Demarin V. T., Tumanova A. N. Sorbtsiya tyazhelykh metallov vysshimi gribami i khitinom raznogo proiskhozhdeniya v opytakh in vitro // Vestn. Nizhegor. un-ta. 2008. № 6. S. 118–124.
6. Mediko-biologicheskie trebovaniya i sanitarnye normy kachestva prodovol'stvennogo syr'ya i pishchevykh produktov. M.: Izd-vo standartov, 1990. 185 s.
7. Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh i laboratornykh issledovaniy pochv i rasteniy pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchei sredy metallami / pod red. N. G. Zyryina, S. G. Malakhova. M.: Gidrometeoizdat, 1981. 109 s.
8. Otmakhov V. I., Petrova E. V., Pushkareva T. N., Ostroverkhova G. P. Atomno-emissionnaya metodika analiza gribov na sodержание tyazhelykh metallov i ispol'zovanie ee dlya tselei ekomonitoringa // Izv. Tomsk. un-ta. 2004. Т. 307, № 6. S. 44–48.
9. Otsenka faktorov, vliyayushchikh na mikroelementnyi sostav bazidial'nykh gribov evropeiskoi chasti Rossii / A. V. Gorbunov [i dr.]. Dubna: Ob"ed. in-t yader. issled., 2009. 15 s.
10. Popova M. G. O dikorastushchikh s"edobnykh gribakh Tsentral'noi Yakutii // Nauka i tekhnika v Yakutii. 2009. № 1. S. 94–96.

Статья поступила в редакцию 21.11.2016; принята к публикации 12.01.2017

Received: November 21, 2016; accepted for publication: January 12, 2017

#### Библиографическое описание статьи

Лескова О. А., Лесков А. П. Содержание макро- и микроэлементов в дикорастущих грибах Забайкальского края // Ученые записки ЗабГУ. Сер. Биологические науки. 2017. Т. 12, № 1. С. 26–30.

#### Reference to the article

Leskova O. A., Leskov A. P. Macro- and Microelements Contents in Some Types of Wild Mushrooms (Zabaikalsky Krai) // Scholarly Notes of Transbaikal State University. Series Biological sciences. 2017. Vol. 12, No. 1. PP. 26–30.