

УДК 57.042

DOI:10.31677/2311-0651-2024-45-3-75-83

## СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБАХ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

<sup>1</sup>О.А. Лескова, кандидат биологических наук, доцент

<sup>1</sup>Е.А. Бондаревич, кандидат биологических наук, доцент

<sup>1</sup>Н.Н. Коцюржинская, кандидат биологических наук, доцент

<sup>2</sup>А.П. Лесков, кандидат биологических наук, доцент

<sup>1</sup>Читинская государственная медицинская академия

<sup>2</sup>Забайкальский государственный университет

E-mail: leskova-olga@inbox.ru

**Ключевые слова:** шляпочные грибы, элементный состав, рентгенофлуоресцентный анализ, Забайкальский край.

Реферат. Приведены данные по содержанию некоторых химических элементов (Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb) в съедобных дикорастущих грибах, произрастающих на территории Забайкальского края. Для определения микроэлементов в исследуемых объектах использовали метод рентгенофлуоресцентного анализа. Обнаружено максимальное накопление цинка, железа, марганца и минимальное – кобальта и свинца в составе всех исследуемых видов грибов. В целом среднее содержание химических элементов в исследуемых видах грибов: железо > цинк > медь > марганец > титан > никель ≈ кобальт > свинец. В плодовых телах *Suillus luteus*, *Lactarius deliciosus*, *Boletus edulis*, *Leccinum aurantiacum* наиболее интенсивно происходило накопление цинка. Превышение предельно допустимой концентрации по никелю, меди, цинку и свинцу (в пересчете на сырую массу) не обнаружено. По суммарному содержанию химических элементов можно выстроить следующий ряд: *Suillus variegatus* > *Lactarius trivialis* > *Lactarius deliciosus* ≈ *Suillus luteus* > *Boletus edulis* > *Leccinum aurantiacum*. *Suillus variegatus* накапливает большую часть исследуемых элементов в максимальных количествах. Выявлено, что *Lactarius trivialis*, *Lactarius trivialis*, *Boletus edulis* и *Leccinum aurantiacum* концентрируют металлы преимущественно в шляпках. Содержание исследуемых элементов в грибах Забайкальского края ниже по сравнению с их количеством в грибах других территорий России. Все виды грибов накапливают цинк в высоких концентрациях. Для цинка и меди коэффициент концентрации оказался больше единицы, что свидетельствует об интенсивном накоплении элементов в плодовых телах грибов. *Leccinum aurantiacum* отличается наименьшей способностью к накоплению химических элементов, что, возможно, связано с развитыми барьерными механизмами вида. Для данного вида отмечается высокое сродство к меди.

## CONTENT OF SOME CHEMICAL ELEMENTS IN WILD MUSHROOMS OF THE TRANSBAIKAL TERRITORY

<sup>1</sup>O.A. Leskova, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>**E.A. Bondarevich**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor  
<sup>1</sup>**N.N. Kotsyurzhinskaya**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor  
<sup>2</sup>**A.P. Leskov**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

<sup>1</sup>*Chita State Medical Academy*

<sup>2</sup>*Transbaikal State University*

**Keywords:** cap mushrooms, elemental composition, X-ray fluorescence analysis, Transbaikal Territory.

**Abstract.** *The article provides data on the content of some chemical elements (Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb) in edible mushrooms growing in the Transbaikal Territory. To determine microelements in the studied objects, the method of X-ray fluorescence analysis was used. The maximum accumulation of zinc, iron, manganese and the minimum accumulation of cobalt and lead were found in all studied species of mushrooms. In general, the average content of chemical elements in the studied types of mushrooms is – iron > zinc > copper > manganese > titanium > nickel ≈ cobalt > lead. Zinc accumulation occurred most intensively in the fruiting bodies of *Suillus luteus*, *Lactarius deliciosus*, *Boletus edulis* and *Leccinum aurantiacum*. Exceeding the maximum permissible concentration for nickel, copper, zinc and lead (in terms of wet weight) was not detected. Based on the total content of chemical elements, the following series can be constructed: *Suillus variegatus* > *Lactarius trivialis* > *Lactarius deliciosus* ≈ *Suillus luteus* > *Boletus edulis* > *Leccinum aurantiacum*. *Suillus variegatus* accumulates most of the studied elements in maximum quantities. It was revealed that *Lactarius trivialis*, *Lactarius trivialis*, *Boletus edulis* and *Leccinum aurantiacum* concentrate metals mainly in the caps. The content of the studied elements in mushrooms of the Transbaikal Territory is lower compared to their accumulation in mushrooms of other territories of Russia. All types of mushrooms accumulate zinc in high concentrations. For zinc and copper, the concentration coefficient turned out to be greater than unity, which indicates intensive accumulation of elements in the fruiting bodies of fungi. *Leccinum aurantiacum* is characterized by the lowest ability to accumulate chemical elements, which may be due to the developed barrier mechanisms of the species. This species has a high affinity for copper.*

Съедобные лесные грибы являются ценным пищевым сырьем, заготавливаемым на территории Забайкальского края. Грибы – группа эукариотических организмов, способных использовать органические соединения субстрата для собственного питания и биосинтеза новых молекул. При этом они могут активно поглощать, перемещать, накапливать в своих плодовых телах микро- и макроэлементы. Грибы являются пищевым источником углеводов, белков, некоторых витаминов и минеральных элементов. Следует отметить, что на химический состав грибов оказывают влияние разные факторы: геохимический состав почв, возраст гриба, время года, экологические условия произрастания.

Целью исследования являлось изучение содержания некоторых химических элементов (Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb) в съедобных дикорастущих грибах, произрастающих на территории Забайкальского края.

Объектами исследования служили шесть видов съедобных грибов: подосиновик красный (*Leccinum aurantiacum* (Bull.) Gray), масленок обыкновенный (*Suillus luteus* (L.) Roussel), рыжик настоящий (*Lactarius deliciosus* (L.) Gray), моховик желто-бурый (*Suillus variegatus* (Sow.: Fr.)), млечник обыкновенный (*Lactarius trivialis* (Fr.: Fr.)), белый гриб (*Boletus edulis* Bull.: Fr.). Определение видов грибов проводили по определителю грибов [1–2].

Отбор образцов проводили в июле – августе 2023 года согласно общепринятым методикам [3]. Образцы 6 видов грибов были собраны в районе села Смоленка Читинского района Забайкальского края. Собирали не менее 5 экземпляров каждого вида гриба. Отобранные пробы грибов высушивали при температуре 105 °С. Образцы очищали, составляли смешанную пробу и передавали на исследование.

Определение содержания химических элементов (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, Pb) в грибах выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S2 Picofox (Bruker, Nano, Germany). Для изучения накопительной способности разных видов грибов

рассчитан коэффициент концентрации ( $K_c = C_{me} / C_{з.к.}$ , где  $C_{me}$  – содержание в пробе,  $C_{з.к.}$  – средняя концентрация элемента в земной коре) [4].

Полученные данные были подвергнуты обработке методами описательной статистики с помощью пакета Microsoft Excel 2010 и PAST 3.25 [5].

При определении среднего содержания микроэлементов во всех изучаемых видах грибов из одного пункта сбора зафиксировано наиболее активное аккумулятивное в их тканях железа, цинка и меди, тогда как минимальные средние показатели выявлены для никеля, кобальта и свинца (рис. 1).

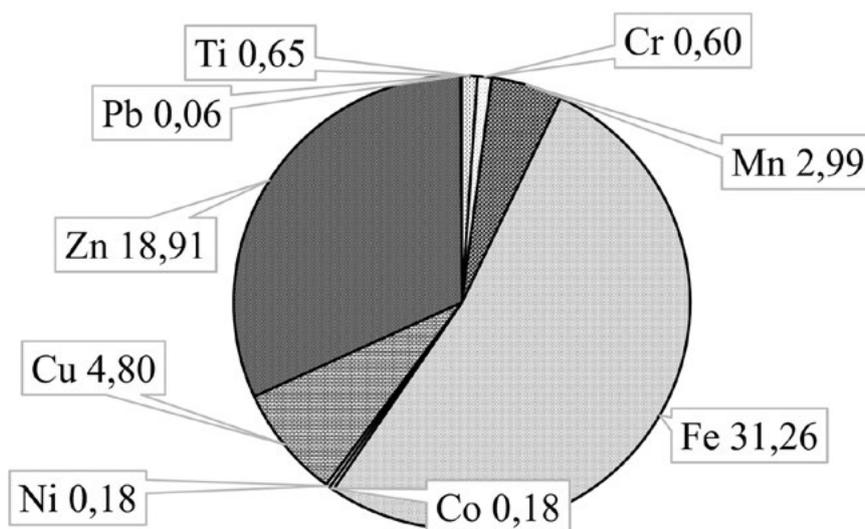


Рис. 1. Среднее содержание химических элементов в грибах, мг/кг

Fig. 1. Average content of chemical elements in mushrooms, mg/kg

При анализе содержания химических элементов в разных видах грибов, было обнаружено, что наиболее интенсивно происходило накопление цинка у *Suillus luteus*, *Lactarius deliciosus*, *Boletus edulis* и *Leccinum aurantiacum* (табл. 1), а у *Suillus variegatus* и *Lactarius trivialis* в накоплении преобладало железо, но и уровни содержания цинка были значительными. Известно, что концентрации цинка в плодовых телах дикорастущих грибов колеблются в пределах 20–80 мг/кг [6–8]. В нашем случае максимальные значения зафиксированы в плодовых телах *Suillus variegatus*, а минимальные в *Boletus edulis*. Цинк является наименее токсичным из всех тяжелых металлов, однако его количество регламентировано. В нашем исследовании превышение ПДК по Zn в пересчете на сырую массу зафиксировано не было.

Таблица 1

Среднее содержание микроэлементов в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), мг/кг сухой массы

Average content of microelements in edible wild mushrooms (Zabaikalsky Krai), mg/kg dry weight

Часть гриба	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Suillus luteus</i>									
ножка	0,380 ± 0,010	1,420 ± 0,100	2,080 ± 0,020	11,560 ± 0,090	0,080 ± 0,040	0,700 ± 0,010	3,970 ± 0,050	21,180 ± 0,240	0,070 ± 0,006
шляпка	0,820 ± 0,006	0,370 ± 0,060	2,100 ± 0,050	11,110 ± 0,100	0,090 ± 0,001	0,080 ± 0,003	1,630 ± 0,040	14,380 ± 0,100	0,090 ± 0,030
среднее	0,590 ± 0,200	0,890 ± 0,520	2,090 ± 0,010	11,330 ± 0,220	0,090 ± 0,010	0,390 ± 0,310	2,800 ± 1,170	17,780 ± 3,400	0,080 ± 0,010

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Lactarius deliciosus</i>									
ножка	0,480 ± 0,020	0,300 ± 0,070	1,960 ± 0,090	14,080 ± 0,130	0,100 ± 0,060	0,090 ± 0,008	1,980 ± 0,040	30,950 ± 0,440	0,060 ± 0,003
шляпка	0,430 ± 0,030	0,440 ± 0,030	1,940 ± 0,100	6,330 ± 0,100	0,130 ± 0,003	0,100 ± 0,003	1,700 ± 0,030	11,260 ± 0,080	0,070 ± 0,001
среднее	0,450 ± 0,030	0,370 ± 0,070	1,950 ± 0,010	10,200 ± 3,880	0,120 ± 0,010	0,090 ± 0,010	1,840 ± 0,140	21,110 ± 9,850	0,060 ± 0,010
<i>Suillus variegatus</i>									
ножка	1,510 ± 0,200	1,810 ± 0,300	5,990 ± 0,300	111,320 ± 2,600	0,280 ± 0,006	0,170 ± 0,006	11,420 ± 0,300	56,500 ± 1,400	0,110 ± 0,003
шляпка	0,950 ± 0,160	1,410 ± 0,070	1,850 ± 0,030	160,790 ± 0,580	0,110 ± 0,050	0,170 ± 0,020	2,650 ± 0,080	11,570 ± 0,140	0,090 ± 0,020
среднее	1,230 ± 0,280	1,640 ± 0,200	3,920 ± 2,070	136,000 ± 47,000	0,190 ± 0,080	0,170 ± 0,000	7,040 ± 4,400	34,030 ± 22,460	0,090 ± 0,010
<i>Lactarius trivialis</i>									
ножка	0,530 ± 0,100	0,400 ± 0,030	3,760 ± 0,140	8,600 ± 0,150	0,120 ± 0,010	0,100 ± 0,030	2,570 ± 0,070	10,450 ± 0,180	0,060 ± 0,003
шляпка	1,790 ± 0,420	0,400 ± 0,070	11,390 ± 0,150	28,760 ± 0,040	0,130 ± 0,003	0,190 ± 0,030	11,670 ± 0,030	19,740 ± 0,050	0,070 ± 0,006
среднее	1,160 ± 0,630	0,400 ± 0,000	7,580 ± 3,820	18,680 ± 10,020	0,130 ± 0,010	0,140 ± 0,050	7,120 ± 4,550	15,090 ± 4,640	0,070 ± 0,004
<i>Boletus edulis</i>									
ножка	0,230 ± 0,020	0,140 ± 0,020	1,050 ± 0,040	5,260 ± 0,020	0,620 ± 0,050	0,100 ±0,004	1,110 ± 0,020	7,550 ± 0,050	0,040 ± 0,001
шляпка	0,250 ± 0,001	0,150 ± 0,001	2,260 ± 0,040	10,040 ± 0,080	0,220 ± 0,030	0,270 ± 0,030	10,460 ± 0,210	14,300 ± 0,080	0,040 ± 0,010
среднее	0,240 ± 0,010	0,150 ± 0,010	1,660 ± 0,600	7,650 ± 2,390	0,420 ± 0,210	0,190 ± 0,080	5,780 ± 4,670	10,920 ± 3,370	0,040 ± 0,004
<i>Leccinum aurantiacum</i>									
ножка	0,180 ± 0,010	0,110 ± 0,010	0,690 ± 0,050	2,640 ± 0,010	0,070 ± 0,010	0,050 ± 0,010	1,480 ± 0,020	7,480 ± 0,100	0,030 ± 0,010
шляпка	0,220 ± 0,010	0,130 ± 0,010	0,830 ± 0,110	4,760 ± 0,160	0,140 ± 0,060	0,090 ± 0,020	7,480 ± 0,060	21,550 ± 0,110	0,040 ± 0,004
среднее	0,200 ± 0,020	0,120 ± 0,009	0,760 ± 0,070	3,700 ± 1,060	0,100 ± 0,040	0,070 ± 0,020	4,480 ± 3,000	14,520 ± 7,030	0,040 ± 0,004
ПДК [9]		0,200	-	-		0,500	10,000	20,000	0,500

В плодовых телах грибов обнаружены достаточно большие концентрации железа. В изученных видах грибов, согласно рядам распределения, данный элемент находится либо на первом, либо на втором месте (табл. 2). Его содержание колеблется в широких пределах (от 3,7 до 127,4 мг/кг). Максимальная концентрация Fe определена в *Suillus variegatus*, минимальная – в *Leccinum aurantiacum*. Проведенные ранее исследования на территории Забайкальского края [10], Горного Алтая [11] также показали наименьшее содержание железа в плодовых телах *Leccinum aurantiacum*, что возможно связано с развитыми барьерными механизмами вида.

Распределение химических элементов в съедобных грибах  
Distribution of chemical elements in edible mushrooms

Вид	Элементный ряд
<i>Suillus luteus</i>	Zn > Fe > Cu > Mn > Cr > Ti > Ni > Co > Pb
<i>Lactarius deliciosus</i>	Zn > Fe > Cu ≈ Mn > Ti > Cr > Co > Ni > Pb
<i>Suillus variegatus</i>	Fe > Zn > Cu > Mn > Cr > Ti > Co ≈ Ni > Pb
<i>Lactarius trivialis</i>	Fe > Zn > Cu > Mn > Ti > Cr > Ni ≈ Co > Pb
<i>Boletus edulis</i>	Zn > Fe > Cu > Mn > Co > Ti > Ni > Cr > Pb
<i>Leccinum aurantiacum</i>	Zn > Cu > Fe > Mn > Cr > Ti > Co > Ni > Pb

На третьем месте по количественному содержанию находится медь. Содержание данного элемента в дикорастущих грибах может колебаться от 10 до 70 мг/кг сухой массы [7, 12]. В нашем эксперименте максимальные количества зафиксированы в плодовых телах *Lactarius trivialis* и *Suillus variegatus*, минимальные – в *Lactarius deliciosus*. Следует отметить, что в плодовых телах *Leccinum aurantiacum* медь оказалась на втором месте по количественному содержанию. Некоторые исследователи считают, что данный вид обладает высоким сродством к этому элементу [13]. Превышение ПДК (в пересчете на сырую массу) не выявлено. Виды одного рода, произрастающие на одной и той же территории, различаются по способности аккумулировать в плодовых телах медь. Согласно литературным данным, такая особенность грибов связана, вероятно, с видоспецифичностью [11, 14].

Содержание марганца колеблется в широких пределах. Наблюдается достаточно большая разница между минимальным и максимальным содержанием (в 20 раз) марганца в грибах Забайкальского края. Минимальные количества зафиксированы в *Leccinum aurantiacum*, максимальные – в *Lactarius trivialis*.

Известно, что железо, медь, марганец входят в состав оксидоредуктаз грибов; лигнинпероксидаза содержит марганец, лакказа – медь. Накопление металлов с переменной валентностью необходимо для эффективного использования субстрата [7, 15–16].

Содержание Ti, Ni, Co и Pb различается незначительно. Транспорт этих металлов от мицелия к плодовому телу отсутствует. Известно, что неорганические соединения никеля, свинца и кобальта малорастворимы и менее доступны для мицелия по сравнению с соединениями меди, цинка и железа [7, 17]. Превышение ПДК по никелю и свинцу (в пересчете на сырую массу) не наблюдалось.

При анализе содержания элементов в частях плодовых тел, было обнаружено, что *Lactarius trivialis*, *Boletus edulis* и *Leccinum aurantiacum* концентрируют металлы преимущественно в шляпках (табл. 1). Накопление металлов в шляпках некоторые авторы объясняют тем, что металлотионеины, глутатион, фитохелатины осуществляют детоксикацию металлов и способствуют накоплению элемента в шляпке [7, 18]. Такие элементы, как Ti, Fe и Mn, преимущественно концентрировались в шляпке исследуемых видов. Кобальт и свинец накапливались в незначительных количествах, причем достаточно равномерно распределяясь по частям плодового тела.

По суммарному содержанию химических элементов на первом месте оказался *Suillus variegatus* (184,31 мг/кг), а на последнем – *Leccinum aurantiacum* (23,98 мг/кг) (рис. 2).

Необходимо отметить, что *Suillus variegatus* не только отличается максимальным суммарным количеством элементов, но и больше других грибов концентрирует Ti, Cr, Fe, Cu, Zn и Pb. Изучаемый вид гриба максимально концентрировал микроэлементы и на территории Центральной Якутии [17].

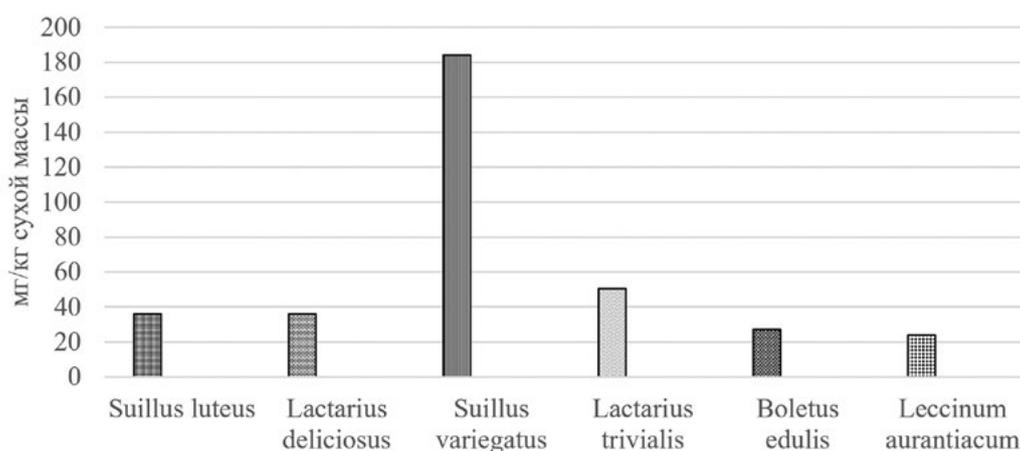


Рис. 2. Суммарное содержание химических элементов в грибах, мг/кг

Fig. 2. Total content of chemical elements in mushrooms, mg/kg

По результатам наших исследований, грибы Забайкальского края характеризуются более низкими концентрациями химических элементов, чем грибы, произрастающие в других регионах России (табл. 3). Накопление металлов базидиомицетами зависит от многих факторов: атмосферных осадков, возраста гриба, состава и типа почв, доступности элемента для живых систем [19].

Таблица 3

Среднее содержание химических элементов в плодовых телах грибов по регионам, мг/кг  
Average content of chemical elements in fruiting bodies of mushrooms by region, mg/kg

Регион	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Новосибирская область [20]	7,47	0,78	21,69	204,38	-	4,11	36,25	18,85	0,75
Пензенская область [21]	-	-	15,37	129,49	2,67	2,95	-	83,00	2,47
Алтайский край [22]	-	-	13,98	121,76	0,12	0,29	15,16	59,42	0,19
Забайкальский край (2023)	0,65	0,60	2,99	31,26	0,18	0,18	4,84	18,91	0,06

Для изучения накопительной способности исследуемых видов грибов были составлены геохимические спектры на основе рассчитанных коэффициентов концентрации (табл. 4).

Таблица 4

Геохимические спектры химических элементов для дикорастущих грибов Забайкальского края  
Geochemical spectra of chemical elements for wild mushrooms of the Transbaikal Territory

Вид	Ti	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
<i>Suillus luteus</i>	0,0010	0,1100	0,0210	0,0020	0,0500	0,0700	0,6000	2,1000	0,0500
<i>Lactarius deliciosus</i>	0,0030	0,0500	0,0200	0,0020	0,0700	0,0200	0,3900	2,5000	0,0400
<i>Suillus variegatus</i>	0,0030	0,2000	0,0400	0,0300	0,1100	0,0300	2,4800	3,8200	0,0600
<i>Lactarius trivialis</i>	0,0030	0,0480	0,0800	0,0040	0,0700	0,0200	1,5000	1,7000	0,0400
<i>Boletus edulis</i>	0,0005	0,0200	0,0200	0,0020	0,2300	0,0300	1,2000	1,3000	0,0250
<i>Leccinum aurantiacum</i>	0,0004	0,0100	0,0080	0,0008	0,0600	0,0100	1,0000	1,7000	0,0250

В нашем случае плодовые тела изучаемых видов наиболее интенсивно аккумулируют цинк и медь, менее интенсивно – титан и железо. *Leccinum aurantiacum* отличается наименьшей способностью к накоплению химических элементов.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Среди изученных микроэлементов в плодовых телах исследуемых видов грибов отмечены максимальные количества цинка, железа и меди.
2. Наибольшие концентрации изучаемых химических элементов обнаружены в шляпках *Lactarius trivialis*, *Boletus edulis* и *Leccinum aurantiacum*.
3. Превышение ПДК по Ni, Cu, Zn и Pb в плодовых телах дикорастущих грибов не зафиксировано.
4. Установлено, что *Suillus variegatus* отличается максимальным суммарным количеством элементов (184,31 мг/кг), а также максимальной концентрацией Ti, Cr, Fe, Cu, Zn, Pb. Минимальное суммарное содержание элементов определено в *Leccinum aurantiacum* (23,98 мг/кг).
5. Обнаружено, что концентрация изучаемых химических элементов в грибах для исследуемого района территории Забайкальского края ниже, чем в плодовых телах грибов, произрастающих на территориях Пензенской, Новосибирской областей и Алтайского края.
6. Все виды исследуемых дикорастущих грибов Забайкальского края являются аккумуляторами цинка (коэффициент концентрации для всех видов больше единицы).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильков Б.В. Съедобные и ядовитые грибы средней полосы европейской части России. – СПб.: Наука. – 1995. – 189 с.
2. Грибы СССР / Горленко М.В. [и др.]. – М.: Мысль. – 1980. – 303 с.
3. 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.
4. В.А. Алексеенко, А.В. Алексеенко Химические элементы в городских почвах. – М.: Логос. – 2014. – 312 с.
5. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica [Электронный ресурс]. – 2001. – Vol. 4, № 1. – 9 p. – URL: [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (дата обращения: 20.07.2024)
6. Иванов А.И., Скобнев А.В. Характер накопления железа, марганца и цинка плодовыми телами некоторых ксилофитных базиомицетов // Микология и фитопатология. – 2008. – Т. 42, № 3. – С. 252–256.
7. Сазонова К.В., Великова В.Д., Столярова Н.В. Накопление тяжелых металлов грибами. Экологическая и видовая специфичность, механизмы аккумуляции, потенциальная опасность для человека. Токсикология // Биомедицинский журнал медлайн.ру. – 2017. – Т. 18. – С. 336–361.
8. Anishchenko L.N. Peculiarities of heavy metals' accumulation by the fruit bodies of macromycetes in the conditions of the combined radiation and chemical contamination / L.N. Anishchenko, G.G. Ladnova, N.V. Frolova // In the World of Scientific Discoveries. Series: B. – 2016. – Vol. 4, No. 1–2. – P. 17–27. – EDN: YRVGCF.
9. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М.: Изд-во стандартов. – 1990. – 185 с.
10. Содержание микроэлементов в некоторых видах дикорастущих грибов (Забайкальский край) / О.А.Лескова, Е.А. Бондаревич, Н.Н.Коцюржинская, А.П. Лесков // Социально-экологические технологии. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 297–310.
11. Особенности элементного состава шляпочных грибов Горного Алтая / И.А. Горбунова, К.П. Куценогий, Г.А. Ковальская [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2009. – № 1. – С. 63–69.

12. Николаева М.А., Бакайтис В.И., Рязанова О.А. Влияние химического состава на пищевую ценность свежих грибов // Индустрия питания | Food Industry. – 2021. – Т. 6, № 3. – С. 84–92. – DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-10.
13. 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. 106–117.
14. Human exposure to heavy metals and possible public health risks via consumption of wild edible mushrooms from Slovak Paradise National Park, Slovakia / J. Arvay [et al.] // J Environ Sci Health B. – 2015. – Vol. 50, N 11. – P. 833–843. – DOI: 10.1080/03601234.2015.1058107.
15. Клепиков А.А., Шамцян М.М. Скрининг и изучение базидиальных грибов в качестве продуцентов лакказ // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2014. – № 23. – С. 39–42.
16. Широких А.А., Широких И.Г. Накопление тяжелых металлов ксиллофитными базидиальными грибами в городских экосистемах // Микология и фитопатология. – 2010. – Т. 44. – С. 359–366.
17. Попова М.Г. Эколого-биохимическая оценка качества дикорастущих съедобных грибов Центральной Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Якутск, 2009. – 22 с.
18. А.В. Красников, В.С. Селихова, Е.С. Красникова Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культивируемыми грибами (обзор) // Инновации и продовольственная безопасность. – 2021. – № 1 (31). – С. 61–66. – DOI: 10.31677/2072-6724-2021-31-1-61-66. – EDN: VWNMHZ.
19. Оценка химической и радиологической безопасности дикорастущих грибов и ягод, произрастающих на территории Архангельской области / Т.Н. Унгуряну [и др.] // Экология человека. – 2023. – Т. 30, № 1. – С. 17–27. – DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco110972>.
20. 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.
21. Костычев А.А. Биоабсорбция тяжелых металлов и мышьяка агрикоидными и гастероидными базидиомицетами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Москва, 2009. – 23 с.
22. Горбунова И.А. Тяжелые металлы и радионуклиды в плодовых телах макромицетов в Республике Алтай // Сибирский экологический журнал. – 1999. – № 3. – С. 277–280.

## REFERENCES

1. Vasil'kov B.V. *S#edobnye i jadovitye griby srednej polosy evropejskoj chasti Rossii* (Edible and poisonous mushrooms of the central zone of the European part of Russia), Saint Petersburg: Nauka, 1995, 189 p.
2. Gorlenko M.V. [i dr.], *Griby SSSR* (Mushrooms of the USSR), Moscow: Mysl', 1980, 303 p.
3. Zyrina N.G., Malahova S.G. *Metodicheskie rekomendacii po provedeniju polevyh i laboratornyh issledovaniy pochv i rastenij pri kontrole zagryaznenija okruzhajushhej sredy metallami* (Methodological recommendations for conducting field and laboratory studies of soils and plants when monitoring environmental pollution with metals), Moscow: Gidrometeoizdat, 1981, 109 p.
4. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. *Himicheskie jelementy v gorodskih pochvah* (Chemical elements in urban soils), Moscow: Logos, 2014, 312 p.
5. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm) (date of treatment 20.07.2024)
6. Ivanov A.I., Skobnev A.V., *Mikologija i fitopatolgija*, 2008, Vol. 42, No. 3, pp. 252–256. (In Russ.)
7. Sazonova K.V., Velikova V.D., Stoljarova N.V., *Biomedicinskij zhurnal medlajn. ru*, 2017, Vol. 18, pp. 336–361. (In Russ.)
8. Anishchenko L.N., G.G. Ladnova, N.V. Frolova, Peculiarities of heavy metals' accumulation by the fruit bodies of macromycetes in the conditions of the combined radiation and chemical contamination, *In the World of Scientific Discoveries, Series B*, 2016, Vol. 4, No. 1–2, P. 17–27, EDN: YRVGCF.
9. *Mediko-biologicheskie trebovanija i sanitarnye normy kachestva prodovol'stvennogo syr'ja i pishhevyh produktov* (Medical and biological requirements and sanitary standards for the quality of food raw materials and food products), Moscow: Izd-vo standartov, 1990, 185 p.
10. Leskova O.A., Bondarevich E.A., Kocjurzhinskaja N.N., Leskov A.P., *Social'no-jekologicheskie tehnologii*, 2021, Vol. 11, No. 3, pp. 297–310. (In Russ.)
11. Gorbunova I.A., Kucenogij K.P., Koval'skaja G.A., Chankina O.V., Savchenko T.I., *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, 2009, No. 1, pp. 63–69. (In Russ.)

12. Nikolaeva M.A., Bakajtis V.I., Rjazanova O.A., *Industrija pitanija | Food Industry*, 2021, Vol. 6, No. 3, pp. 84–92, DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-10 (In Russ.)
13. Koroleva Ju.V., Ohrimenko M.A., *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2015, Issue 1, pp. 106–117. (In Russ.)
14. Árvay J., Tomáš J., Hauptvogel M., et al., Human exposure to heavy metals and possible public health risks via consumption of wild edible mushrooms from Slovak Paradise National Park, Slovakia, *J Environ Sci Health B.*, 2015, Vol. 50, N 11, P. 833–843, DOI: 10.1080/03601234.2015.1058107.
15. Klepikov A.A., Shamejan M.M., *Izvestija SPbGTI (TU)*, 2014, No. 23, pp. 39–42. (In Russ.)
16. Shirokih A.A., Shirokih I.G., *Mikologija i fitopatologija*, 2010, Vol. 44, pp. 359–366. (In Russ.)
17. Popova M.G. *Jekologo-biohimicheskaia ocenka kachestva dikorastushhih s#edobnyh gribov Central'noj Jakutii* (Ecological and biochemical assessment of the quality of wild edible mushrooms of Central Yakutia), Abstract of candidate's of biological sciences thesis, Jakutsk, 2009, 22 p. (In Russ.)
18. Krasnikov A.V., Selihova V.S., Krasnikova E.S., *Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost'*, 2021, No. 1 (31), pp. 61–66, DOI: 10.31677/2072-6724-2021-31-1-61-66, EDN: VWNMHZ. (In Russ.)
19. Ungurjanu T.N., Stepovaja D.A., Beljaevskaja I.A., Gajduk S.V., Bobykin K.S., Volkov N.G., Kuznecova D.L., Kosareva E.N., Gluhanova A.S., *Jekologija cheloveka*, 2023, Vol. 30, No. 1, pp. 17–27, DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco110972> (In Russ.)
20. Bakajtis V.I., Basalaeva S.N., *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv*, 2009, No. 2, pp. 73–76. (In Russ.)
21. Kostychev A.A. *Bioabsorbciia tjazhelyh metallov i mysh'jaka agrikoidnymi i gasteroidnymi bazidiomycetami* (Bioabsorption of heavy metals and arsenic by agricooid and gasteroid basidiomycetes), Abstract of candidate's of biological sciences thesis, Moscow, 2009, 23 p. (In Russ.)
22. Gorbunova I.A. *Sibirskij jekologicheskij zhurnal*, 1999, No. 3, pp. 277–280. (In Russ.)