

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. БИОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 58.196.6:546.49(571.62)

О СОДЕРЖАНИИ РТУТИ В ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБАХ (ГОРОД ХАБАРОВСК И ХАБАРОВСКИЙ РАЙОН)

О.С. Хомченко

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: homchenko.ru@mail.ru, 0000-0003-1953-7249

*Представлены результаты исследования содержания ртути в грибах, собранных в г. Хабаровске и Хабаровском районе осенью 2022 г. Выявлено, что содержание ртути в плодовых телах может варьировать в широких пределах в зависимости от вида гриба и места произрастания. Даже для плодовых тел грибов одного вида данный показатель может различаться от нескольких раз до 2 порядков. Показано, что в ножках грибов накапливается меньше ртути, чем в шляпках, а в трубчатых грибах меньше, чем в пластинчатых. Более половины из исследованных пластинчатых грибов содержали ртуть в количествах, превышающих ПДК, в то время как для трубчатых превышений выявлено не было. Максимальная концентрация Hg (14 мг/кг сухого вещества) и максимальный коэффициент биологического поглощения (45) были отмечены для шампиньона обыкновенного *Agaricus campestris*, собранного на газоне в центре Хабаровска, в то время как другие шампиньоны этого же участка содержали ртути в 5–7 раз меньше. Наименьшие концентрации были выявлены в трutowых грибах (менее 0,05 мг/кг сухого вещества), а коэффициент биологического поглощения для них находился в диапазоне 0,08–0,4.*

Ключевые слова: ртуть, грибы, коэффициент биологического поглощения, Хабаровск.

Образец цитирования: Хомченко О.С. О содержании ртути в дикорастущих грибах (город Хабаровск и Хабаровский район) // Региональные проблемы. 2023. Т. 26, № 1. С. 28–35. DOI: 10.31433/2618-9593-2023-26-1-28-35.

Введение

Грибы – представители отдельного царства, объединяющего весьма разнообразные по внешнему виду и физиологическим функциям организмы, встречающиеся практически повсюду и играющие важнейшую роль в экологии биосферы. Однако большинство людей рассматривают грибы как продукт питания. В Хабаровске они чаще всего присутствуют на прилавках магазинов в свежем (искусственно выращенные вешенки местного производства и шампиньоны, завезенные из других субъектов РФ), замороженном (преимущественно шампиньоны, произведенные в КНР) или сушеном виде (ассорти из дикорастущих грибов, произведенных в центральной России). Данный товар сертифицирован, а значит, прошел проверку на качество и безопасность. Однако в регионе широко распространен сезонный сбор дикорастущих

грибов для внутреннего потребления. Особенно массовый характер приобретает он в так называемые «грибные годы», когда грибы собирают все и практически повсеместно, включая городские окраины и парки. Насколько безопасно их употребление? Ведь о способности грибов накапливать тяжелые металлы широко известно. Изучение содержания тяжелых металлов в дикорастущих грибах юга Дальнего Востока было проведено П.В. Ивашовым [7], но содержание ртути в них не определялось. В настоящей работе предпринята попытка восполнить этот пробел.

Объекты и методы

Плодовые тела грибов были собраны в Хабаровском районе, на территории, прилегающей к северной границе Большехецирского заповедника, а также на газонах улиц в центре г. Хабаровска в сентябре 2022 г. Одновременно в местах сбора

грибов производился отбор проб верхнего слоя почвы (0–5 см). Карта мест отбора проб приведена на рис. 1. Собранные образцы высушивали при комнатных условиях, измельчали и анализировали на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915. Исследования выполнены согласно ГОСТ 34427-2018 [3], ПНД Ф 16.1:2.2.2.80-2013 [13] в Центре экологического мониторинга ИВЭП ДВО РАН. Для оценки уровня накопления ртути использовали коэффициент биологического поглощения (Кб), представляющий собой отношение концентрации элемента в объекте к его содержанию в почве, а также сравнение выявленных концентраций с ПДК. В настоящее время в РФ требования к безопасности продуктов питания, в том числе грибов, установлены в ТС ТР 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевой продукции» [14, 15], на уровне не более 0,05 мг/кг натуральной влажности. Для сухих грибов содержание ртути определяется путем пересчета на исходный продукт с учетом содержания сухих веществ в сырье и в конечном продукте. Учитывая, что среднее содержание влаги в свежих грибах не менее 80% [16], ПДК Hg ориентировочно составляет 0,25 мг/кг сухого вещества (с.в.). В дальнейшем, говоря о ПДК, будем иметь в виду именно это значение.

Результаты и обсуждения

Грибы, в том числе микроскопические, обладают высокой сорбционной активностью по отношению к тяжелым металлам. Степень извлечения металла биомассой зависит от вида гриба, элемента и его концентрации в субстрате. В эксперименте ртуть показала высокую степень извлечения для различных видов микроскопических грибов, достигавшую 50–80% при высоких концентрациях в субстрате (50 мг/л) и 80–100% при более разбавленных (0,5 мг/л) [12]. Для шляпки обыкновенной *Pleurotus ostreatus* степень извлечения Hg⁺² из субстрата составила 73% [1]. В естественных условиях произрастания при наличии антропогенного воздействия накопление тяжелых металлов грибами может происходить еще более интенсивно. Так, в лесном массиве Польши, находящемся под влиянием производства цветных металлов [19], отмечено накопление ртути в шляпках *Lactarius volemus* (подмолочник, груздь красно-коричневый – прим. автора) в концентрации 3,7 мг/кг при том, что среднее содержание элемента в почве находилось на уровне 0,11 ± 0,07 мг/кг.



Рис. 1. Карта мест отбора проб:
1 – зона низкой антропогенной нагрузки;
2 – центральный район Хабаровска

Fig. 1. Map of sampling sites:
1 – low anthropogenic impact zone;
2 – central district of Khabarovsk

Содержание ртути в плодовых телах мухомора красного *Amanita muscaria*, собранных на 8-километровом участке вдоль северной границы Большешехцирского государственного природного заповедника от ручья Заразиха до с. Осиновая речка, варьировало в пределах 0,26–0,75 мг/кг с.в. при среднем значении $0,48 \pm 0,12$ ($n = 14$, $CV = 0,26$). Это согласуется с данными по Санкт-Петербургу, где содержание ртути в плодовых телах *Coprinus comatus* (навозник белый – прим. автора), отобранных в трех точках, расположенных в 100 метрах друг от друга на озелененной улице промышленного района, составило 0,83, 0,61 и 0,35 мг/кг [10]. Содержание ртути в верхнем слое почвы, отобранной в местах сбора плодовых тел мухомора, находилось в пределах 0,05–0,08 мг/кг, при среднем значении $0,06 \pm 0,015$ мг/кг. Концентрация Hg в шляпках была выше, чем в ножках, в 1,4–3,4 раза и находилась в диапазоне 0,44–1,07 при среднем значении $0,7 \pm 0,2$ мг/кг с.в. ($n = 12$, $CV = 0,28$) против 0,22–0,43 при среднем значении $0,30 \pm 0,06$ ($CV = 0,19$) для ножек. Значимой

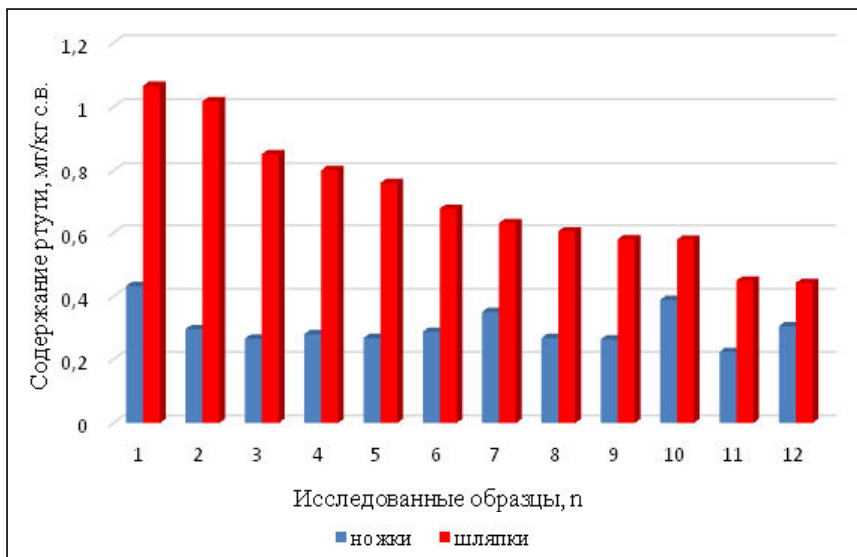


Рис. 2. Содержание ртути в ножках и шляпках мухомора красного (*Amanita muscaria*)

Fig. 2. Mercury concentration in stems and caps of fly agaric (*Amanita muscaria*)

корреляции между содержанием ртути в шляпках и ножках выявлено не было ($r = 0,38$) (рис. 2). Аналогичные параметры ранее фиксировались для Польши, где средняя концентрация ртути в шляпках мухомора (*A. muscaria*) составила $0,78 \pm 0,27$ (при диапазоне 0,44–1,3) мг/кг, в ножках $0,39 \pm 0,15$ (0,21–0,74), а коэффициент концентрации от шляпки к ножке составил 2,1 [18]. Установленные концентрации Hg очевидно не оказывали отрицательного влияния на жизнедеятельность червей, населяющих мухоморы, и не приводили к значительному накоплению Hg в их телах. Концентрация элемента в объединенной пробе червей составила 0,17 мг/кг с.в., что значительно ниже, чем в питательном субстрате.

Более высокая концентрация Hg в шляпках по сравнению с ножками отмечалась для всех исследованных грибов, как с трубчатым, так и с пластинчатым гименофором, что согласуется с данными для Томской области, где различия составили от 1,6 до 3,8 раз [8, 11], и Польши, где различия были менее значительными – от 1,0 до 2,8 раза [18].

Исследование других грибов (сем. сыроежковые *Russulaceae*, рядовковые *Tricholomataceae*, болетовые *Boletaceae*, паутинниковые *Cortinariaceae*, $n = 19$), собранных на участке 1, показало, что трубчатые грибы содержали ртути меньше, чем пластинчатые. Превышения ПДК для них не отмечалось (рис. 3), а среднее содержание ртути составило $0,16 \pm 0,05$ мг/кг с.в. (0,1–0,22, CV = 0,29). Пластинчатые в среднем содержали ртути больше – $0,45 \pm 0,53$ мг/кг с.в. (0,16–2,16, CV = 1,18), более половины из них имели превышения ПДК в 1,1–11,9 раза, при медиане 2,2 ПДК. Наличие различий в способности накапливать ртуть

между трубчатыми и пластинчатыми грибами отмечают многие авторы, однако одни отмечают повышенную накопительную способность у пластинчатых грибов, другие – у трубчатых [8, 20]. Данное обстоятельство в сочетании с выявленной неоднородностью совокупности пластинчатых грибов (высоким коэффициентом вариации) свидетельствует о наличии дополнительных характеристик, влияющих на накопление ртути.

Среди исследованных грибов наименьшее содержание ртути выявлено в трутовых грибах (трутовик настоящий *Fomes fomentarius*, трутовик ложный *Phellinus igniarius*, трутовик плоский *Ganoderma applanatum*, трутовик щетинистоволоосый *Inonotus hispidus*, аурикулярия пленчатая *Auricularia mesenterica*), концентрация ртути в которых не превышает 0,05 мг/кг с.в., а Кб находился в диапазоне 0,08–0,4, что, вероятно, обусловлено биологическим барьером растения-хозяина. (Концентрация ртути в древесине пораженных деревьев не определялась.) Данная картина была характерна как для городской, так и для загородной территорий. Согласно литературным данным, коэффициент биологического поглощения ртути у ксилотрофов Пензенской области также составил менее 1 [6]. Более низкие концентрации ртути у ксилотрофов по сравнению с грибами других экологических групп отмечены для Швейцарии [21].

Значительные различия в содержании ртути в зависимости от места произрастания выявлены для дождевика грушевидного *Lycoperdon pyriforme*. Концентрация ртути в молодых грибах, собранных с двух сильно удаленных участков с одинаковым содержанием элемента в почве (0,05 мг/кг с.в.), составила 0,004 и 0,34 мг/кг с.в. В то же время дождевик, собранный на газоне в

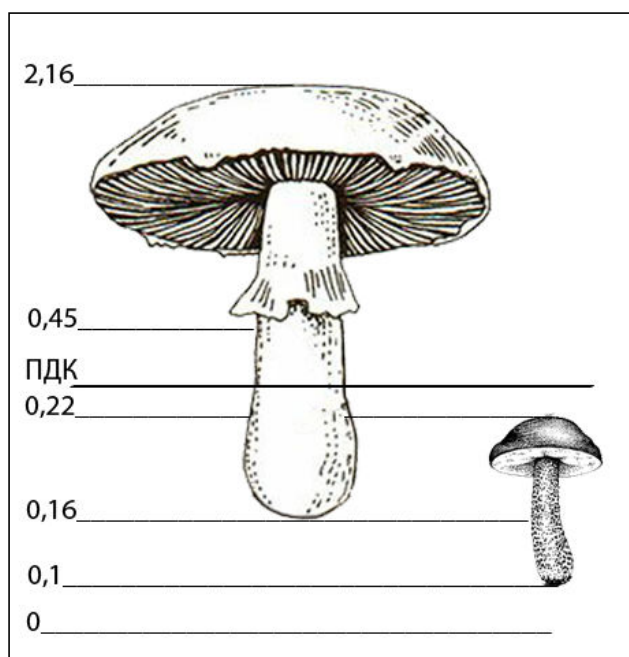


Рис. 3. Содержание ртути в трубчатых и пластинчатых грибах, мг/кг

Fig. 3. Mercury concentration in tubular and lamellar mushrooms, mg/kg

центральной районе города, при концентрации Hg в почве 0,31 мг/кг содержал 0,6 мг/кг, то есть коэффициенты биологического поглощения составили соответственно 0,1, 7,2 и 1,9. Возможно, это связано с различиями в химическом составе почв [5] или в формах нахождения элемента [2]. Кроме того, между содержанием Hg в почвах и плодовых телах грибов существует как прямая, так и обратная зависимость [17], что, вероятно, определяется не только фактическими концентрациями, но и иными условиями, включая видовые особенности. Нельзя исключать и наличия дополнительного источника поступления, например, поглощение газообразной атмосферной ртути. В пользу последнего свидетельствуют описанные данные о высоком содержании ртути в грибах, собранных на территории лечебно-профилактических учреждений, – до 1,55 мг/кг с.в. [9]. Однако данное предположение требует отдельного изучения.

Было исследовано семь плодовых тел шампиньона обыкновенного *Agaricus campestris*, собранных на 100-метровом участке газона улицы в центральной части города. Для шести образцов концентрация Hg варьировала от 1,8 до 2,9 мг/кг с.в. Ранее подобные концентрации (от 1 до 5 мг/кг с.в.) были установлены для шампиньона *A. campestris* в Испании [20]. Седьмой образец отличался экстре-

мально высоким содержанием элемента – 14 мг/кг. По литературным данным [4], при повышенном ртутном фоне окружающей среды (в том числе превышение ПДК ртути в почвах) плодовые тела грибов способны накапливать ртуть в концентрациях, многократно превышающих ПДК, – до 642 раз. Однако городские почвы не были загрязнены ртутью ($C_{Hg} = 0,31$ мг/кг). Данный образец имел высокий коэффициент биологического поглощения – 45, при том, что для других образцов Кб находился в диапазоне 5,8–9,6. Столь значительные различия также могут свидетельствовать в пользу наличия дополнительных факторов или источников, обуславливающих повышенный уровень поступления или накопления ртути.

Выводы

На одном участке содержание ртути в плодовых телах грибов одного вида может различаться в 2–2,5 раза. Содержание ртути в одних и тех же видах грибов, отобранных с участков с разной антропогенной нагрузкой, может различаться более чем на порядок.

Грибы, произрастающие в черте города, способны накапливать ртуть в концентрациях, многократно превышающих ПДК, употребление их в пищу может нанести вред здоровью.

Трубчатые грибы накапливают ртуть в меньшей степени, чем пластинчатые, собранные с тех же участков. Более половины исследованных пластинчатых грибов имели превышения ПДК в 1,1–11,9 раза, при медиане 2,2 ПДК. При сборе грибов на территории, экологическая безопасность которой не подтверждена, рекомендуется отдавать предпочтение грибам с трубчатым гименофором.

В шляпках концентрация ртути выше, чем в ножках, в 1,4–3,4 раза.

Содержание ртути в плодовых телах грибов не всегда коррелирует с содержанием в почве, что наглядно показывают различия в коэффициентах биологического поглощения. Наименьшее значение Кб отмечено для трутовых грибов – 0,4, для других сапрофитных и микоризных видов Кб варьирует в очень широких пределах – от 1,1 до 45.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абдусаломова М.Н., Шаропов Ф.С., Алиев К.А. Биосорбция некоторых ионов металлов биомассой гриба вешенки – *Pleurotus ostreatus* L. // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2010. Т. 53, № 4. С. 306–309.
2. Гордеева О.Н., Белоголова Г.А. Миграция ртути в почвах и растениях техногенных ландшафтов Иркутской области // Геохимия ланд-

- шафтов и география почв: докл. Всерос. науч. конф. М.: МГУ, 2012. С. 90–92.
3. ГОСТ 24427-2018. Продукты пищевые и корма для животных. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектроскопии на основе эффекта Зеемана. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.
 4. Густайтис М.А., Мягкая И.Н. Особенности накопления Hg в грибах и рыбе территорий, нарушенных горнодобывающей деятельностью (Западная Сибирь) // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: сб. докл. Третьего междунар. симп. Иркутск, 2022. С. 67–71.
 5. Залевская Т.Л., Радион Е.В., Баев А.К., Шеремет Е.Н. Взаимодействие биомассы гриба вешенки обыкновенной с гидролизованной формами катионов железа(III) и ртути(III) // Координационная химия. 1998. Т. 24, № 5. С. 339–342.
 6. Иванов А.И. К вопросу о содержании ртути в плодовых телах базидиальных и сумчатых макромицетов // Успехи медицинской микологии. 2017. Т. 17. С. 428–432.
 7. Ивашов П.В. Тяжелые металлы в макромицетах юга Дальнего Востока России // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2012. № 2. С. 96–99.
 8. Ляпина Е.Е. Геоэкологические особенности ртутной нагрузки на территорию Томской области по данным биомониторинговых исследований // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–2. С. 273–280.
 9. Луковникова Л.В., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Малов А.М., Сидорин Г.И., Фомин М.В., Волкова Р.И., Серикова Я.Ю., Дейнега А.В. Особенности биомониторинга загрязнения урбанизированных территорий // Актуальные вопросы гигиены: электронный сб. науч. тр. V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Л.А. Аликбаевой. СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2020. С. 141–147.
 10. Малов А.М., Луковникова Л.В., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Дейнега А.В. Макромицеты как чувствительный объект оценки загрязнения территории Санкт-Петербурга ртутью // Профилактическая медицина: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб.: СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2019. С. 31–36.
 11. Миронова А.С., Ляпина Е.Е. Содержание ртути в грибах города Томска и Томского района // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы Междунар. школы-семинара молодых исследователей / под ред. В.А. Боева, А.И. Сысо, В.Ю. Хорошавина. Тюмень: ТюмГУ, 2014. С. 231–235.
 12. Павлова Л.М., Шумилова Л.П., Радомская В.И., Сорокин А.П., Иванов В.В. Биосорбция химических элементов из многокомпонентных растворов биомассой микроскопических грибов // Доклады Академии наук. 2019. Т. 488, № 4. С. 425–428. DOI:10.31857/S0869-56524884425-428.
 13. ПНД Ф 16.1:2:2.2.80-2013 (М 03-09-2013). Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли общей ртути в пробах почв, грунтов, в том числе тепличных, глин и донных отложений атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути РА-915М. URL: <https://docs.cntd.ru/document/437170371> (дата обращения: 25.11.2022).
 14. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевой продукции // Бюллетень нормативных актов и методических документов госсанэпиднадзора. Минздрав России. 2002. Вып. 4 (10), декабрь. С. 9–144.
 15. Технический регламент Таможенного союза. ТС/ТР 021/2011. О безопасности пищевой продукции. Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 25.11.2022).
 16. Arvay J., Hauptvogel M., Demkova L., Harangozo L., Snirc M., Bobul'ska L., Stefanikova J., Kovacik A., Jakobova S., Janco I., Kunca V., Relic D. Mercury in scarletina bolete mushroom (*Neoboletus luridiformis*): Intake, spatial distribution in the fruiting body, accumulation ability and health risk assessment // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. Vol. 232. P. 113235.
 17. Dryzalowska A., Falandysz J. Bioconcentration of mercury by mushroom *Xerocomus chrysenteron* from the spatially distinct locations: Levels, possible intake and safety // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2014. Vol. 107. P. 97–102.
 18. Falandysz J., Jezdrusiak A., Lipka K., Kannan K., Kawano M., Gucia M., Brzostowski A., Dadej M. Mercury in wild mushrooms and underlying soil substrate from Koszalin, North-central Poland // *Chemosphere*. 2004. Vol. 54. P. 461–466.
 19. Falandysz J. Mercury accumulation of three *Lactarius* mushroom species // *Food Chemistry*. 2017. Vol. 214. P. 96–101.

20. Melgar M.J., Alonso J., García M.A. Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentration factors and toxicological risk // *Science of the Total Environment*. 2009. Vol. 407. P. 5328–5334.
21. Rieder S.R., Brunner I., Horvat M., Jacobs A., Frey B. Accumulation of mercury and methylmercury by mushrooms and earthworms from forest soils // *Environmental Pollution*. 2011. Vol. 159. P. 2861–2869.
- REFERENCES:
1. Abdusalyamova M.N., Sharopov F.S., Aliev K.A. Biosorption of Some Ions of Metals By Biomass of *Pleurotus Ostreatus*. *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan*, 2010, vol. 53, no. 4, pp. 306–309. (In Russ.).
 2. Gordeeva O.N., Belogolova G.A. Migration of mercury in soils and plants of technogenic landscapes of the Irkutsk region, in *Geokhimiya landshaftov i geografiya pochv: dokl. Vseros. nauch. konf* (Landscape Geochemistry and Soil Geography: reports of the All-Russian Scientific Conference). Moscow: MSU, 2012, pp. 90–92. (In Russ.).
 3. *GOST 24427-2018. Produkty pishchevye i korma dlya zivotnykh. Opredelenie rtuti metodom atomno-absorbtsionnoi spektrometrii na osnove effekta Zeemana* (AUSS 24427-2018. Food products and animal feed. Determination of mercury by atomic absorption spectrometry based on the Zeeman effect). Moscow: Standartinform Publ., 2018. 15 p. (In Russ.).
 4. Gustaitis M.A., Myagkaya I.N. Peculiarities of Hg accumulation in mushrooms and fish of territories disturbed by mining activities (Western Siberia), in *Rtut' v biosfere: ekologo-geokhimiicheskie aspekty: sb. dokl. Tre'tego mezhdunar. simp.* (Mercury in the biosphere: Ecological and geochemical aspects: collection of reports of the third International symposium). Irkutsk, 2022, pp. 67–71. (In Russ.).
 5. Zalevskaya T.L., Radion E.V., Baev A.K., Sheremet E.N. Interaction of oyster mushroom biomass with hydrolyzed forms of iron(III) and mercury(III) cations. *Koordinatsionnaya khimiya*, 1998, vol. 24, no. 5, pp. 339–342. (In Russ.).
 6. Ivanov A.I. On the question of the content of mercury in the fruiting bodies of basidial and marsupial macromycetes. *Uspekhi meditsinskoj mikologii*, 2017, vol. 17, pp. 428–432. (In Russ.).
 7. Ivashov P.V. Heavy metals in macromycetes of the south of the Russian Far East. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*, 2012, no. 2, pp. 96–99. (In Russ.).
 8. Lyapina E.E. Geocological features of mercury load on the territory of the Tomsk region according to biomonitoring studies. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, no. 1–2, pp. 273–280. (In Russ.).
 9. Lukovnikova L.V., Alikbaeva L.A., Yakubova I.Sh., Malov A.M., Sidorin G.I., Fomin M.V., Volkova R.I., Serikova Ya.Yu., Deynega A. .AT. Features of biomonitoring of pollution of urban areas, in *Aktual'nye voprosy gigieny: elektronnyi sb. nauch. tr. V Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem, pod red. L.A. Alikbaevoi* (Topical issues of hygiene: electronic collection of scientific tr. V All-Russian scientific-practical conf. with international participation, L.A. Alikbaeva, ed.). Saint-Petersburg: NWSMU named after I.I. Mechnikov, 2020, pp. 141–147. (In Russ.).
 10. Malov A.M., Lukovnikova L.V., Alikbaeva L.A., Yakubova I.Sh., Deinega A.V. Macromycetes as a sensitive object for assessing mercury pollution in St. Petersburg, in *Profilakticheskaya meditsina: sb. nauch. trudov Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem* (Preventive medicine: a collection of scientific. Proceedings of the All-Russian scientific and practical. conf. with international participation). Saint-Petersburg: NWSMU named after I.I. Mechnikov, 2019, pp. 31–36. (In Russ.).
 11. Mironova A.S., Lyapina E.E. The content of mercury in mushrooms of the city of Tomsk and the Tomsk region, in *Biogeokhimiya khimicheskikh elementov i soedinenii v prirodnykh sredakh: materialy Mezhdunar. shkoly-seminara molodykh issledovatelei, pod red. V.A. Boeva, A.I. Syso, V.Yu. Khoroshavina* (Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments: proceedings of the Intern. school-seminar of young researchers, V.A. Boeva, A.I. Syso, V.Yu. Khoroshavina, Ed.). Tyumen: UTMN, 2014, pp. 231–235. (In Russ.).
 12. Pavlova L.M., Shumilova L.P., Radomskaya V.I., Sorokin A.P., Ivanov V.V. Biosorption of chemical elements from multicomponent solutions by biomass of microscopic fungi. *Doklady Akademii nauk*, 2019, vol. 488, no. 4, pp. 425–428. (In Russ.). DOI:10.31857/S0869-56524884425-428.
 13. *PND F 16.1:2:2.2.80-2013 (M 03-09-2013). Kolichestvennyi khimicheskii analiz pochv. Metodika izmerenii massovoi doli obshchei rtuti v*

- probakh pochvy, gruntov, v tom chisle teplichnykh, glin i donnykh otlozhenii atomno-absorbtsionnym metodom s ispol'zovaniem analizatora rtuti RA-915M* (PND F 16.1:2:2.2.80-2013 (M 03-09-2013) Quantitative chemical analysis of soils. The method of measuring the mass fraction of total mercury in samples of soils, soils, including greenhouses, clays and bottom sediments by atomic absorption method using the mercury analyzer RA-915M). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/437170371> (accessed: 28.11.2022). (In Russ.).
14. SanPiN 2.3.2.1078-01. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products. *Byulleten' normativnykh aktov i metodicheskikh dokumentov gossanepidnadzora. Minzdrav Rossii*, 2002, no. 14 (10), dekabr', pp. 9–144. (In Russ.).
 15. *Tekhnicheskii reglament Tamozhennogo soyuza. TS/TR 021/2011. O bezopasnosti pishchevoi produktsii. Utverzhden resheniem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 9 dekabrya 2011 g. № 880* (Technical regulations of the Customs Union. CU/TR 021/2011. About food safety. Approved by the decision of the Commission of the Customs Union dated December 9, 2011 No. 880). Available at: <https://cntd.ru/> (accessed: 28.11.2022). (In Russ.).
 16. Arvay J., Hauptvogel M., Demkova L., Harangozo L., Snirc M., Bobul'ska L., Stefanikova J., Kovacik A., Jakabova S., Janco I., Kunca V., Relic D. Mercury in scarletina bolete mushroom (*Neoboletus luridiformis*): Intake, spatial distribution in the fruiting body, accumulation ability and health risk assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2022, vol. 232, pp. 113235.
 17. Dryzalowska A., Falandysz J. Bioconcentration of mercury by mushroom *Xerocomus chrysenteron* from the spatially distinct locations: Levels, possible intake and safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2014, vol. 107, pp. 97–102.
 18. Falandysz J., Jezdrusiak A., Lipka K., Kannan K., Kawano M., Gucia M., Brzostowski A., Dadej M. Mercury in wild mushrooms and underlying soil substrate from Koszalin, North-central Poland. *Chemosphere*, 2004, vol. 54, pp. 461–466.
 19. Falandysz J. Mercury accumulation of three *Lactarius* mushroom species. *Food Chemistry*, 2017, vol. 214, pp. 96–101.
 20. Melgar M.J., Alonso J., García M.A. Mercury in edible mushrooms and underlying soil: Bioconcentration factors and toxicological risk. *Science of the Total Environment*, 2009, vol. 407, pp. 5328–5334.
 21. Rieder S.R., Brunner I., Horvat M., Jacobs A., Frey B. Accumulation of mercury and methylmercury by mushrooms and earthworms from forest soils. *Environmental Pollution*, 2011, vol. 159, pp. 2861–2869.

ON MERCURY CONCENTRATION IN WILD MUSHROOMS (KHABAROVSK AND THE KHABAROVSK TERRITORY)

O.S. Khomchenko

*The paper presents the results of research on mercury concentration in mushrooms collected in the Khabarovsk Territory, including the town, in the fall of 2022. The research shows that the mercury concentration in fruit body can widely vary dependent on the type and place of growth. Even for the same mushrooms type fruit bodies indicators can vary from several times to 2 orders. At this, the stems accumulate less mercury than the caps, and tubular mushrooms accumulate less mercury than lamellar ones. The study shows a surpass of maximum permissible concentration (MPC) for mercury index in more than half lamellar mushrooms, not revealed in tubular mushrooms. The maximum concentration of Hg (14 mg/kg of dry matter) and the maximum coefficient of biological absorption (45) were revealed for common meadow mushroom (*Agaricus campestris*), collected in the Khabarovsk downtown lawn. The other champignons there contained mercury 5–7 times less. The lowest mercury concentrations were found in polypore mushrooms. Concentration of mercury in them did not exceed 0.05 mg/kg of dry solids content, and the coefficient of biological absorption was in the range of 0.08–0.4.*

Keywords: mercury, mushrooms, biological absorption coefficient, Khabarovsk.

Reference: Khomchenko O.S. On mercury concentration in wild mushrooms (Khabarovsk and the Khabarovsk Territory). *Regional'nye problemy*, 2023, vol. 26, no. 1, pp. 28–35. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2023-26-1-28-35.

Поступила в редакцию 01.12.2022

Принята к публикации 07.03.2023