

Тяжелые металлы и радионуклиды в плодовых телах макромицетов в Республике Алтай

И. А. ГОРБУНОВА

*Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090 Новосибирск, ул. Золото долинская, 101*

АННОТАЦИЯ

Изучено содержание тяжелых металлов и радионуклидов в некоторых видах съедобных грибов, произрастающих на территории Шебалинского и Онгудайского районов Республики Алтай. Отмечено превышение ПДК в грибах по цинку, хрому, кадмию и ртути. Содержание радионуклидов в макромицетах незначительно и соответствует уровню "незагрязненных" территорий.

В системе мониторинговых исследований методы биоиндикации окружающей среды являются одним из перспективных направлений. Хорошим средством биомониторинга могут служить низшие растения, обладающие относительно простым строением и занимающие более низкие трофические уровни [1]. Многие ученые считают, что для роли индикаторов больше всего подходят лишайники, так как они достаточно чувствительны к изменениям окружающей среды и имеют продолжительный жизненный цикл [2, 3]. Микологи же утверждают, что индикаторные способности грибов, несмотря на их короткий вегетационный период, не уступают лишайникам, так как тенденция к накоплению тяжелых металлов и химических веществ в загрязненных районах выражена у грибов гораздо резче, чем у других организмов [4]. Исследования по микологическому мониторингу ведутся в разных регионах нашей страны и за рубежом, однако их недостаточно [5–8]. Но вместе с поиском наиболее подходящих видов макромицетов для биоиндикации необходимо решать и другие серьезные проблемы. В последнее время участились случаи отравления съедобными грибами, даже правильно приготовленными. Пытаясь объяснить подобные явления, ученые расходятся во мнениях. Генети-

ки считают, что причиной таких отравлений могут служить мутации грибов как результат действия различных излучений [9]. Микологи же предполагают, что причина заключается в свойстве шляпочных грибов активно накапливать в своем теле химические вещества, которые, попадая в организм человека в больших количествах, опасны для здоровья. Кроме этого, накопление токсикантов в плодовых телах может вызвать необратимые изменения в биохимическом аппарате грибов, в результате чего съедобные грибы начинают оказывать такое же действие, как ядовитые [4, 5].

Специфическая особенность радиационной обстановки Алтайского края определяется близостью Семипалатинского полигона. Радиоактивное загрязнение почв и растительности приводит к внешнему облучению населения. Но значительно опаснее внутреннее облучение, которое происходит через продукты питания. Поэтому проведение исследований по радиоактивному загрязнению съедобных грибов очень важно.

Цель настоящей работы – изучить содержание тяжелых металлов и радионуклидов в наиболее распространенных видах съедобных грибов Горного Алтая и дать им оценку с экологической позиции.

Сбор образцов шляпочных грибов осуществлялся в августе 1997 г. на территории Шебалинского и Онгудайского районов. Для анализа выбрано несколько видов съедобных макромицетов, наиболее часто собираемых местным населением. В Шебалинском районе в окрестностях пос. Камлак взяты сухой груздь (*Russula delica* Fr.) и опенок настоящий (*Armillariella mellea* (Vahl.: Fr.) P. Karst.), произрастающие в сосново-березовых лесах на высоте порядка 800–1000 м, а также несколько видов сыроежек (*Russula aurata* (With.) Fr.; *R. pulchella* Borgszcwow; *R. emetica* (Schaeff.: Fr.) Pers.; *R. aeruginosa* Lindbl.: in Fr.; *R. puellaris* Fr.), часто встречающихся по берегам р. Семы. В Онгудайском районе в окрестностях пос. Боочи в лиственнично-березовых лесах в качестве проб собраны волнушка розовая (*Lactarius torminosus* (Schaeff.: Fr.) Pers.) и подберезовик окисляющийся (*Leccinum oxydabile* (Sing.) Sing.). Плодовые тела тщательно очищали от почвы и высушивали в хорошо проветриваемых помещениях. Все анализы сделаны в Аналитическом центре Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН. Для определения тяжелых металлов использовали стандартную методику атомно-абсорбционной спектроскопии. Радиоактивное загрязнение грибов радионуклидами определяли методом гамма-спектрометрического анализа. Все расчеты сделаны на сухую массу навесок.

Медь, железо, цинк и марганец относятся к истинным биоэлементам, которые входят в состав ферментов в живых организмах. Содержание их в разных видах грибов может сильно варьировать. В нашем случае концентрация марганца в плодовых телах исследуемых макромицетов колеблется от 6,3 до 22,6 мкг/г (табл. 1). Причем наибольшее его количество отмечено в грибах Шебалинского, а наименьшее – в грибах Онгудайского района. Для железа такая закономерность не наблюдалась. Максимальное его содержание обнаружено в опенке настоящем, минимальное – в подгруздке.

Вторым по уровню накопления в грибах после железа идет цинк. Цинк наименее токсичен из всех тяжелых металлов. Тем не менее он строго нормируется санитарными службами. ПДК его для грибов составляет 20 мг/кг [10]. По результатам анализа видно, что содержание цинка во всех пробах превышало предельно до-

пустимую концентрацию. Максимальное значение элемента – 70,2 мкг/г – зафиксировано в волнушке розовой, минимальное – 39,1 мкг/г – в сухом грузде. На высокое содержание железа и цинка в шляпочных грибах указывают многие авторы [4, 5, 8]. Сравнительный анализ наших данных с результатами подобных исследований в Амурской области показал, что особой способностью к накоплению цинка отличается волнушка розовая [5].

Что касается меди, то ее концентрация в исследованных нами грибах оказалась довольно низкой, за исключением сыроежек, в которых содержание данного элемента превышает ПДК почти в 3 раза. Существует мнение, что животные и растения строго регулируют поглощение меди. Грибы же, как показывают исследования, могут накапливать медь в больших количествах. Многие авторы считают, что концентрация меди в грибах имеет тенденцию к прямой зависимости от содержания ее в почвах. При этом большую роль играют и биологические особенности отдельных видов макромицетов.

Довольно высокие показатели отмечены для хрома, концентрация его в грибах (за исключением волнушки) превышает ПДК в несколько раз. ПДК хрома для грибов в литературе не найдена, поэтому для сравнительного анализа использована ПДК хрома для сухих овощей [10]. Особенно большим содержанием данного элемента (норма превышена почти в 8 раз) отличается подберезовик окисляющийся. Следует отметить, что избыток хрома в организме человека может привести к появлению рака дыхательных путей, повышению уровня холестерина в крови, развитию атеросклероза, поэтому употребление таких "съедобных" грибов опасно для здоровья человека.

Содержание никеля, кобальта и ванадия во всех пробах незначительно.

Наиболее опасными токсичными элементами являются кадмий, свинец и ртуть. Попадание их в организм человека представляет серьезную угрозу для здоровья, поэтому контроль за содержанием этих элементов в съедобных грибах очень важен.

Во всех обследованных макромицетах отмечено низкое содержание свинца, что характерно для районов, удаленных от крупных автомобильных дорог.

Т а б л и ц а 1

**Содержание тяжелых металлов в шляпочных грибах Шебалинского
и Онгудайского районов, мкг/г сухого вещества**

Вид	Металл										
	Cu	Fe	Ni	Cd	Zn	Mn	Co	Cr	Hg	V	Pb
<i>Armillariella mellea</i>	11,2	228,0	0,27	0,54	64,9	22,6	0,013	0,48	0,078	0,044	0,083
<i>Russula delica</i>	28,6	36,0	0,18	0,34	39,1	20,0	0,290	0,85	0,063	0,026	0,160
<i>Russula aurata</i> , <i>R. emetica</i> etc.	24,6	176,0	0,25	0,19	64,9	14,2	0,120	0,73	0,067	0,044	0,190
<i>Lactarius torminosus</i>	11,3	116,0	0,20	0,18	70,2	6,8	0,030	0,20	0,089	0,021	0,094
<i>Leccinum oxydabile</i>	10,1	52,8	0,53	0,48	58,0	6,3	0,170	1,70	0,090	0,053	0,420

Концентрация ртути в грибах незначительно превышает ПДК. Однако отмечено, что макромицеты, собранные в Онгудайском районе, содержат больше ртути, чем съедобные грибы из Шебалинского района, что может быть связано с приближенностью Онгудайского района к рудным зонам. Для грибов, произрастающих в юго-восточной части Горного Алтая в непосредственной близости к рудопроявлениям, отмечались более высокие концентрации ртути, а также других тяжелых металлов, чем в наших макромицетах. Так, например, содержание ртути в дождевиках, собранных вблизи Курайской зоны, превышало ПДК в 100 раз [11].

Настораживает высокое содержание кадмия в грибах. Его концентрация превысила санитарные нормы в 2–5 раз во всех четырех пробах. Максимальное количество кадмия в осеннем опенке и подберезовике настоящем, минимальное – в подгруздке. Причина, видимо, в почвообразующих породах, обогащенных этим элементом, так как проявлений техногенного загрязнения в исследуемых районах не наблюдается.

Таким образом, вариабельность тяжелых металлов в макромицетах обусловлена многообразием почв в исследуемых районах, а также видовыми особенностями грибов.

Сравнение уровней концентраций тяжелых металлов в пластинчатых и трубчатых грибах, произрастающих в юго-восточной части Горного Алтая, с нашими данными позволяет предположить, что Шебалинский и Онгудайский районы менее загрязнены токсичными элементами, чем юго-восточные районы Республики Алтай.

И, наконец, санитарно-гигиеническая оценка исследуемых грибов показала превышение в них ПДК цинка, хрома, ртути и кадмия, что делает вышеуказанные виды макромицетов опасными для здоровья человека продуктами.

Чтобы оценить степень чистоты съедобных грибов в отношении радиоактивных элементов, исследовалась обогащенность макромицетов естественными и искусственным радионуклидами.

Как показывают результаты анализа (табл. 2), содержание естественных радионуклидов в грибах, произрастающих на территории Шебалинского и Онгудайского районов Горного Алтая, мало отличается от распределения их в почвах и растениях.

Уран обнаруживается гамма-спектрометрическим анализом только в подберезовике окисляющемся (3,5 г/т). Для выяснения причин такого спорадического превышения содержа-

Т а б л и ц а 2

**Радионуклидный состав проб некоторых видов съедобных грибов
Онгудайского и Шебалинского районов в 1997 г.**

Вид	Содержание радионуклидов			
	Радий, экв. урану, г/т	Торий, г/т	Калий, %	Цезий-137, Бк/кг
<i>Armillariella mellea</i>	< 0,4	0,5	4,00	15 ± 2
<i>Russula delica</i>	< 0,3	0,5	3,90	6 ± 1
<i>Russula aurata</i> , <i>R. emetica</i> etc.	< 0,4	0,6	3,56	Н. о.
<i>Lactarius torminosus</i>	< 0,3	0,5	2,53	24 ± 2
<i>Leccinum oxydabile</i>	3,5	Н. о.	3,21	28 ± 1

П р и м е ч а н и е . Н. о. – не определили.

ния урана в данных грибах необходимы дополнительные исследования.

Количество тория во всех макромицетах незначительно. А вот калий определялся во всех пробах, причем радиоактивность его в грибах довольно высокая. Такая же естественная радиоактивность за счет калия отмечалась и О. Г. Мироновым [12]. Способность накапливать калий в больших количествах, чем радий и торий, характерна и для растений [13], но у грибов аккумуляция данного элемента выражена сильнее. Отмечено также, что грибы, собранные в Шебалинском районе, содержат несколько больше калия, что может быть связано с его количеством в почвах. Обычно повышенное содержание калия характерно для почв, бедных органическими веществами.

Из искусственных радионуклидов определялся цезий-137, воздействие которого на живой организм наиболее опасно. В наших исследованиях цезий-137 обнаружен почти во всех проанализированных пробах шляпочных грибов, за исключением сыроежек, собранных в прибрежных лесах р. Семы. В целом содержание радиоцезия в съедобных грибах Горного Алтая далеко до максимально допустимой дозы (6000 Бк/кг сухой массы) [14]. Эта норма была установлена в 1991 г. в связи с аварией на Чернобыльской АЭС. Если же ориентироваться на фоновые значения, то можно заметить, что они немного превышены в волнушке и подберезовике. В данном случае большое значение имеет географическое положение исследуемых районов по отношению к Семипалатинскому полигону. Загрязнение продуктами радиоактивного распада имело место на территории Горного Алтая. Свидетельством тому является цезий-137, обнаруженный в Майме и Онгудае в количестве, превышающем глобальный фон в 2–3 раза, особенно в почвах, приуроченных к

лесным массивам [13]. Возможно, с этим и связано большее содержание радиоцезия в волнушках и подберезовиках, растущих в лесах Онгудайского района, по сравнению с грибами из Шебалинского района.

Подводя итоги нашим исследованиям, можно отметить для грибов преобладание естественной радиоактивности над техногенной. В целом плотность загрязнения съедобных шляпочных грибов радиоцезием и естественными радионуклидами в Шебалинском и Онгудайском районах опасности для здоровья человека в настоящее время не представляют.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. А. Терехина, Лихеноиндикационное картирование г. Барнаула, Флора и растительность Алтая, Барнаул, 1995, 148–157.
2. И. Д. Инсарова, Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем, Л., 1982, 6, 101–113.
3. Н. С. Голубкова, Н.В. Малышева, *Ботан. журн.*, 1978, **63**: 8, 1145–1154.
4. Л. Г. Бурова, Загадочный мир грибов, М., Наука, 1991, 72–76.
5. А. В. Поддубный, Н. К. Христофорова и др., *Микология и фитопатология*, 1995, **29**: 5–6, 25–29.
6. С. А. Курочкин, Экологическое состояние г. Тверь, 1994, 91–101.
7. Н. Н. Шергина, *Актуальные проблемы химии и биологии Европейского севера России*, 1993, 2, 259–268.
8. Н. М. Стеценко, *Укр. ботан. журн.*, 1993, **50**: 1, 71–74.
9. Э. П. Беденко, А. Г. Веремей, 4 Міжнародна конференція з медичної ботаніки, тези доповідей, Киев, 1997, 18–20.
10. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, М., Изд-во стандартов, 1990, 185.
11. Г. Н. Аношин, И. Н. Маликова, С. И. Ковалев и др., *Химия в интересах устойчивого развития*, 1995, **3**: 1–2, 104–110.
12. О. Г. Миронов, *Природа*, 1965, 10, 117–118.
13. *Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края*, Барнаул, 1993, **1**: 1, 57–58.
14. С. П. Вассер, Г. А. Гродзинська, В. О. Люгин, *Укр. ботан. журн.*, 1991, **48**: 5, 14–19.

Heavy Metals and Radioactive Elements in Fruiting Bodies of Macromycetes in the Altai Republic

I. A. GORBUNOVA

Accumulation of heavy metals and radioactive elements by some edible macromycete species growing in the territory of Shebalinsky and Ongudaisky regions in the Altai Republic was studied. Excess MPA of Cu, Zn, Cr, Hg and Cd was observed in mushrooms. The natural radioactive elements content of in fruiting bodies of the species under study differs little from that of the soil and plants. ¹³⁷Cs level exceeds slightly the background values in *Lactarius torminosus* (Schaeff.: Fr) Pers. and *Leccinum oxydabile* (Sing.) Sing., which seems to be due to proximity of the Semipalatinsk testing site.