

УДК: 613.2 + 504.5:661

**В.С. Безель, С.В. Мухачева, М.Р. Трубина, Е.Л. Воробейчик**

Институт экологии растений и животных УрО РАН

620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

Тел. (343) 260-65-00, E-mail: [bezel@ipae.uran.ru](mailto:bezel@ipae.uran.ru)

## **ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ: НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ДИКОРАСТУЩИМИ ЯГОДАМИ И ГРИБАМИ, ОЦЕНКА РИСКА ИХ ПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЕМ СРЕДНЕГО УРАЛА**

*На основании данных о концентрациях тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Pb) в съедобных грибах (8 видов, 359 образцов) и ягодах (6 видов, 419 образцов) произрастающих в зоне действия крупного медеплавильного комбината (г. Ревада, Средний Урал), оценивали поступление этих поллютантов с готовой продукцией в организмы взрослого и детского населения, проживающего на загрязненных территориях. Показано, что уровни накопления металлов в образцах определяются как их видовой спецификой, так и удалением от источника загрязнения. Сделан вывод о том, что употребление в пищу ягод, из зон сильного и умеренного загрязнения не оказывает существенного влияния на формирование дополнительной токсической нагрузки, тогда как грибная продукция вносит значительный вклад.*

**Ключевые слова:** химическое загрязнение, тяжелые металлы, ПДК, дикорастущие ягоды.



**В.С. Безель**

доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник



**С.В. Мухачева**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ



**М.Р. Трубина**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ



**Е.Л. Воробейчик**

доктор биологических наук, заведующий лабораторией экотоксикологии популяций и сообществ

Пищевые рационы населения крупных городов в настоящее время состоят главным образом из привозных, в том числе импортных продуктов растительного происхождения, подлежащих государственному санитарно-гигиеническому контролю. Рационы населения малых городов и сельских поселений в большей мере основаны на продуктах местного производства (в том числе плодо-овощной продукции из личных подсобных хозяйств, сборах дикорастущих ягод и грибов), санитарный контроль над которыми практически отсутствует. В Уральском регионе, где велик объем промышленных выбросов металлургических предприятий, проблема приобретает особую актуальность. Приоритетными загрязнителями в этих районах являются тяжелые металлы, важное свойство которых заключается в способности длительно аккумулироваться в природных депонирующих средах (почва, лесная подстилка) и оказывать хроническое воздействие на растительность и животных. В окрестностях действующих предприятий это воздействие постоянно возрастает вследствие поступления и длительного накопления в объектах окружающей среды токсикантов.

Способность дикорастущих ягод и особенно грибов к избыточному концентрированию ряда химических элементов в зонах, подверженных атмосферному загрязнению от предприятий цветной металлургии, отмечена во многих публикациях (Баркан и др., 1990; Бакайтис и др., 2006; Безель и др., 2009; Demirba, 2000; Kalač et al., 2004; Cocchi et al., 2006; Yamaç et al., 2007 и др.). Как правило, авторы ограничиваются определением повы-

шенных концентраций химических элементов, часто не рассматривая съедобные грибы и ягоды в качестве растительных пищевых ресурсов. Между тем особо важна оценка того, представляет ли это содержание реальную опасность для здоровья лиц, потребляющих эти продукты в пищу. В лучшем случае загрязнение растительной продукции сравнивается с действующими ПДК (например, Ревич, 2011). Подобные оценки, как правило, не предполагают учёта объёма потребления пищевых продуктов и основанного на нем уровня поступления токсикантов в организмы человека.

В настоящем сообщении делается попытка оценить принципиальную возможность и ориентировочную степень вредного влияния на здоровье населения уровней загрязнения тяжелыми металлами, реально существующих в грибах и ягодах, которые произрастают на территории, загрязняемой газо-пылевыми выбросами крупного предприятия цветной металлургии – Средне-Уральского медеплавильного завода (СУМЗ). Выбор данного источника выбросов продиктован тем, что создаваемая им ситуация типична для предприятий первичной и вторичной металлургии меди на Урале, действовавших в прошлом и в настоящее время. Перечень исследованных металлов обусловлен тем, что все они относятся к наиболее весомым компонентам загрязнения окружающей среды предприятиями данной отрасли. С другой стороны, кадмий и свинец являются облигатными ядами, то есть не относятся к биологически необходимым элементам (как медь или цинк).

#### **Материалы и методы**

Сбор проб проводился в Ревдинско-Первоуральском промышленном районе Свердловской области. Наиболее крупными загрязнителями здесь являются: Среднеуральский медеплавильный завод (СУМЗ), ПО «Хромпик», Первоуральский новотрубный завод, Билимбаевский завод термоизоляционных материалов и ряд других предприятий. Основные ингредиенты выбросов промышленных предприятий – газообразные соединения серы и пылевые частицы с сорбированными токсичными элементами (Cu, Pb, Cd, Zn, As, Hg, Fe и др.). Почвы района характеризуются, полиэлементным накоплением тяжелых металлов. Валовое содержание меди в почвах доходит до 420 мг/кг, цинка и свинца – до 1000 мг/кг, кадмия – 11,5 мг/кг (Безель и др., 2010).

В качестве условно «чистых» территорий приняты участки, расположенные на расстоянии 20 – 34 км (фоновый) и 35 – 55 км

(контрольный) от возможных источников аэрогенного загрязнения. По мере приближения к СУМЗу выделены зоны умеренного (буферная, 3-10 км) и сильного (импактная, 1-3 км) загрязнения. Изучены два варианта биотопов, типичных для южной тайги Среднего Урала – ельники-пихтарники и вторичные березняки. Именно эти варианты биотопов активно используются местным населением для сбора грибов и ягод.

При выборе ключевых участков для исследования исходили из следующих условий: 1) выбранный район должен принадлежать к типичным для региона эколого-географическим зонам; 2) выделенные участки должны быть подвержены антропогенному загрязнению промышленными выбросами в различной степени. Мера токсического воздействия может быть определена по содержанию соединений металлов в почвах или в атмосферных осадках (снежный покров); 3) участки должны располагаться вблизи населенных пунктов, население которых активно использует естественные ресурсы. Степень загрязнения природной среды на выбранных участках характеризовали концентрациями приоритетных поллютантов в подстилке и величине рН (табл. 1).

Образцы съедобных грибов (8 видов,  $n = 359$ ) и ягод (6 видов,  $n = 419$ ) на всех участках были собраны в июле–сентябре 2009 г. В пределах одной зоны сбор образцов каждого вида проводили в точках, расположенных друг от друга на расстоянии не менее 500 м. Пробы грибов (срединный продольный срез толщиной около 0,5 см, очищенный от земли) и ягод (без черешков) высушивали в сушильном шкафу при температуре + 75 °С до воздушно-сухой массы. Далее образцы (около 0,1 г) измельчали, взвешивали на аналитических весах KERN-770 с точностью 0.00001 г и озоляли в микроволновой печи MWS-2 (Berghof, Германия) методом мокрой минерализации в 65% азотной кислоте (осч). Концентрацию элементов (Cu, Zn, Pb, Cd) определяли методом атомной абсорбции на спектрометре AAS 6 Vario (Analytik Jena AG, Германия) с использованием пламенного (для Cu, Zn) или электротермического (Pb, Cd) варианта атомизации. Анализы выполнены в лаборатории экотоксикологии популяций и сообществ ИЭРиЖ УрО РАН, аккредитованной на техническую компетентность (аттестат РОСС.RU0001.515630).

Таблица 1 – Концентрации металлов (мкг/г) и pH лесной подстилки в разных зонах токсической нагрузки

Параметр	Биотоп		
	Фоновая	Буферная	Импактная
<b>Ельник-пихтарник</b>			
pH	5,10 ± 0,03	4,63 ± 0,03	4,36 ± 0,04
Концентрация, мкг/г:			
Cu	82,94 ± 3,47	1472,34 ± 41,67	4335,70 ± 118,96
Pb	98,04 ± 2,27	754,1 ± 17,74	1423,91 ± 37,22
Cd	3,26 ± 0,09	8,08 ± 0,29	14,44 ± 0,58
Zn	214,86 ± 4,89	387,51 ± 13,17	610,61 ± 20,18
Запас металлов:			
Cu, г/м <sup>2</sup>	0,23 ± 0,02	8,56 ± 0,57	43,02 ± 2,23
Pb, г/м <sup>2</sup>	0,23 ± 0,02	3,98 ± 0,20	13,77 ± 0,64
Cd, мг/м <sup>2</sup>	7,86 ± 0,60	47,28 ± 3,41	147,86 ± 9,36
Zn, г/м <sup>2</sup>	0,51 ± 0,04	2,26 ± 0,16	6,17 ± 0,36
<b>Березняк</b>			
pH	5,80 ± 0,03	5,53 ± 0,02	4,55 ± 0,03
Концентрация, мкг/г:			
Cu	58,07 ± 2,35	2156,18 ± 51,78	5538,64 ± 160,45
Pb	110,70 ± 2,39	1026,29 ± 17,88	1960,61 ± 62,02
Cd	3,31 ± 0,09	30,36 ± 0,45	21,29 ± 1,15
Zn	458,32 ± 9,64	1734,22 ± 21,84	931,24 ± 46,67
Запас металлов:			
Cu, г/м <sup>2</sup>	0,08 ± 0,01	6,86 ± 0,29	25,4 ± 1,51
Pb, г/м <sup>2</sup>	0,14 ± 0,01	3,16 ± 0,10	8,50 ± 0,40
Cd, мг/м <sup>2</sup>	4,27 ± 0,41	93,66 ± 3,02	97,98 ± 7,31
Zn, г/м <sup>2</sup>	0,57 ± 0,05	5,35 ± 0,17	4,32 ± 0,31
<i>Приведено среднее ± ошибка, учетная единица – образец, n=30.</i>			

Для пересчета содержания металлов на единицу сырой массы ягод и грибов были построены калибровочные кривые. Коэффициент «усушки» составил в среднем для ягод 7,52, для грибов – 9,96. При расчете уровней накопления металлов в готовой грибной продукции (жареные грибы) для построения калибровочных кривых сырые образцы уваривали до готовности (около 2 часов). При обработке данных использовали стандартные статистические процедуры.

#### Результаты и их обсуждение

**Концентрация элементов в дикорастущих ягодах.** Результаты анализа содержания элементов в ягодах, собранных в лесных

массивах на разном удалении от источника выбросов, приведены в табл. 2. Уровни накопления металлов определяются как видовой спецификой, так и удалением от источника загрязнения. Концентрации меди и цинка в ягодах из зон сильного и умеренного загрязнения, как правило, были выше фоновых значений, но не превышали ПДК. На загрязненных участках средние уровни кадмия и свинца были выше ПДК у шиповника (в 1,2–3,2 раза), брусники (в 1,2–4,8 раза), черники (в 1,4–1,7 раза), малины (в 1,2–5,6 раза), костяники (в 2,3–5,9 раза) и земляники (в 1,3–11 раз). У костяники, малины и земляники с незагрязненных территорий средние концентрации также пре-

вышли ПДК по кадмию (в 2,8–5 раз) и свинцу (в 1,2–1,3 раза).

**Концентрация элементов в съедобных грибах.** Результаты химического анализа содержания элементов в массовых видах съедобных грибов, собранных в лесных массивах на разном удалении от СУМЗа, приведены в табл. 3. Концентрации металлов в плодовых телах грибов зависят как от видовой принадлежности, так и от уровня загрязнения территории.

Для удобства анализа все грибы были разделены на две группы: трубчатые и пластинчатые. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показывают, что уровни накопления всех проанализированных элементов в образцах зависели от расстояния до завода, на загрязненных участках их содержание существенно превышало фоновые и контрольные значения. Принадлежность к группе не играла существенной роли (за исключением меди), хотя пластинчатые грибы накапливали тяжелые металлы несколько более интенсивно. По сравнению с контрольной выборкой в трубчатых и пластинчатых грибах из импактных зон концентрация кадмия была соответственно в 6,0 и 9,5 раза выше, свинца – в 5,8 и 17,7, меди – в 2,7 и 4,2, цинка – в 1,6 и 2,2 раза (табл. 4).

Опасность использования в пищу природной продукции для населения должна оцениваться на основании данных о предельно-допустимых уровнях загрязнения полного пищевого рациона.

Полученные данные позволяют заключить, что в дикорастущих ягодах превышение ПДК по кадмию было зарегистрировано на всех участках у земляники (от 74–88% проб на контрольной и фоновой территории до 100% в зонах загрязнения), малины (около 40% на незагрязненных участках и 85–100% проб на импактной и буферной территориях) и черники (от 19–25% на фоновой и контрольной территориях, до 43–65% в окрестностях СУМЗа). Повышенное содержание кадмия также отмечено в ягодах шиповника с буферных и импактных участков (40–80% проб) и брусники из импактной зоны (2/3 образцов). На всех обследованных территориях отмечали повышенную аккумуляцию свинца, концентрация которого превышала ПДК: у земляники и черники – примерно у 1/3 образцов из фоновой и импактной зон и более 60% в буферной зоне. У шиповника, малины и брусники – от 25 до 40% на "чистых" участках, около 40–50% – в зоне

умеренного загрязнения, около 80% – в импактной зоне.

В грибах, собранных на импактной территории, 100% пластинчатых и более 90 % трубчатых грибов содержали повышенные количества свинца и кадмия, в буферной зоне – 90–100% образцов (соответственно) накапливали больше кадмия, 35–57% – свинца. В фоновой зоне кадмий в концентрациях выше нормативных значений содержали от 1/3 до 2/3 образцов, свинец – от 9 до 17%. Важно подчеркнуть, что в условиях Среднего Урала даже на относительно чистых территориях количество проб с повышенным содержанием токсических элементов может достигать 70 %.

Сравнение концентраций элементов в образцах, используемых населением в пищу, с ПДК может дать лишь ориентировочную оценку токсичности продукта, поскольку эти гигиенические нормативы предполагают систематическое (ежедневное) использование конкретного вида продукта в пищу. В реальной ситуации местное население употребляет грибы эпизодически (сезонно), вследствие чего оценить их токсическую опасность можно лишь на основе анализа структуры питания. Информация о количестве потребляемых грибов и особенностях рациона местного населения была получена специалистами Екатеринбургского Медицинского научного центра профилактики и охраны здоровья с помощью специальной анкеты, разработанной для городского населения Свердловской области, в том числе г. Ревды и г. Первоуральска, где проводились исследования (Katsnelson et al., 2010). Результаты анкетирования показали, что жители этих городов ежедневно потребляют в среднем от 2.6 г (дети) до 5,1–5,8 г (взрослые) готовой грибной продукции (Кацнельсон и др., 2011). При этом доля населения, потребляющего грибы регулярно, составляет от 30% (дети) до 69% (взрослые).

В качестве готовой грибной продукции мы рассматривали жареные грибы. Поскольку при ее потреблении население обычно не разделяет продукцию по видам, в анализе оперировали объединенной выборкой. В табл. 5 приведены данные о концентрациях элементов в готовой грибной продукции. Одинаковая порция готовых грибов из импактной зоны по сравнению с фоновым уровнем содержала в 13 раз больше свинца, в 6 раз – кадмия, в 2.3 раза – меди и в 1,7 раза – цинка. Рассчитано суточное потребление местными жителями тяжелых металлов и мышьяка с жареными грибами, собранными на разном удалении от СУМЗа (табл. 6).

Таблица 2 – Концентрация элементов (мг/кг сырой массы) в дикорастущих ягодах, собранных в лесных массивах на разном удалении от СУМЗа

Вид	Зона сбора	n	Cu	Zn	Cd	Pb
Земляника	контрольная	27	0.89 ± 0.05	2.92 ± 1.11	0.100 ± 0.010	0.351 ± 0.103
	фоновая	43	1.02 ± 0.04	6.81 ± 0.88	0.146 ± 0.008	0.508 ± 0.081
	буферная	21	1.21 ± 0.06	5.00 ± 1.26	0.262 ± 0.011	0.542 ± 0.116
	импактная	3	1.19 ± 0.15	5.83 ± 3.33	0.323 ± 0.030	0.612 ± 0.308
Черника	контрольная	65	0.66 ± 0.03	2.53 ± 0.71	0.021 ± 0.006	0.311 ± 0.066
	фоновая	43	0.66 ± 0.04	5.20 ± 0.88	0.028 ± 0.008	0.332 ± 0.081
	буферная	44	1.13 ± 0.04	4.53 ± 0.87	0.032 ± 0.008	0.589 ± 0.080
	импактная	34	1.26 ± 0.04	8.65 ± 0.99	0.053 ± 0.009	0.571 ± 0.091
Брусника	контрольная	12	0.35 ± 0.08	2.37 ± 1.67	0.021 ± 0.015	0.489 ± 0.154
	фоновая	1	0.42	1.2	0.011	0.049
	буферная	2	0.63 ± 0.18	1.77 ± 4.08	0.008 ± 0.037	0.518 ± 0.376
	импактная	13	1.33 ± 0.07	3.56 ± 1.60	0.051 ± 0.015	2.028 ± 0.148
Малина	контрольная	12	0.55 ± 0.08	4.32 ± 1.67	0.024 ± 0.015	0.422 ± 0.154
	фоновая	18	0.58 ± 0.06	4.20 ± 1.36	0.032 ± 0.012	0.237 ± 0.126
	буферная	7	1.08 ± 0.10	4.77 ± 2.18	0.072 ± 0.020	0.737 ± 0.201
	импактная	6	1.45 ± 0.11	6.23 ± 2.36	0.158 ± 0.021	1.502 ± 0.217
Костяника	контрольная	16	0.51 ± 0.07	4.32 ± 1.67	0.081 ± 0.013	0.456 ± 0.133
	фоновая	6	0.52 ± 0.11	3.82 ± 2.36	0.049 ± 0.021	0.476 ± 0.217
	буферная	3	0.83 ± 0.15	5.17 ± 3.33	0.167 ± 0.030	0.881 ± 0.308
	импактная	–	–	–	–	–
Шиповник	контрольная	10	0.45 ± 0.08	2.16 ± 1.82	0.031 ± 0.017	0.347 ± 0.168
	фоновая	14	0.55 ± 0.07	1.95 ± 1.54	0.011 ± 0.014	0.236 ± 0.126
	буферная	5	0.55 ± 0.12	2.63 ± 2.58	0.037 ± 0.02	0.589 ± 0.238
	импактная	14	0.84 ± 0.07	3.14 ± 1.54	0.060 ± 0.014	1.353 ± 0.142
Предельно допустимая концентрация			5.0	10.0	0.03	0.40
<i>Приведено среднее ± ошибка, учетная единица – образец, «–» – отсутствие данных.</i>						

Таблица 3 – Концентрация элементов (мг/кг сырой массы) в массовых видах съедобных грибов, собранных в лесных массивах на разном удалении от СУМЗа

Вид	Зона сбора	n	Cu	Zn	Cd	Pb
Подберезовик	контрольная	32	1.30 ± 0.10	15.23 ± 1.30	0.275 ± 0.038	0.237 ± 0.030
	фоновая	7	1.18 ± 0.11	13.44 ± 1.46	0.310 ± 0.082	0.327 ± 0.074
	буферная	18	1.75 ± 0.17	13.20 ± 1.03	0.465 ± 0.081	0.597 ± 0.153
	импактная	46	4.09 ± 0.35	21.14 ± 1.26	0.813 ± 0.102	3.927 ± 0.626
Подосиновик	контрольная	12	6.99 ± 0.62	12.01 ± 1.11	0.034 ± 0.008	0.232 ± 0.026
	фоновая	1	9.4	28.47	0.011	0.041
	буферная	2	5.41 ± 0.16	22.07 ± 0.25	0.090 ± 0.046	0.244 ± 0.193
	импактная	19	7.25 ± 0.49	17.48 ± 1.60	0.561 ± 0.102	1.857 ± 0.445
Белый гриб	контрольная	17	2.00 ± 0.31	10.43 ± 1.79	0.255 ± 0.072	0.178 ± 0.028
	фоновая	2	2.33 ± 1.11	6.03 ± 1.64	0.383 ± 0.169	0.282 ± 0.226
	буферная	3	5.33 ± 0.17	15.12 ± 1.58	1.926 ± 0.194	0.295 ± 0.043
	импактная	11	15.57 ± 3.27	23.96 ± 3.89	4.477 ± 1.226	1.446 ± 0.353
Масленок осенний	контрольная	18	2.39 ± 0.34	11.01 ± 1.72	0.148 ± 0.045	0.168 ± 0.038
	фоновая	8	1.80 ± 0.47	9.04 ± 1.18	0.269 ± 0.158	0.292 ± 0.040
	буферная	10	3.95 ± 0.63	17.92 ± 4.96	0.562 ± 0.112	0.395 ± 0.056
	импактная	10	3.51 ± 0.21	17.40 ± 2.44	0.594 ± 0.123	1.567 ± 0.364
Сыроежка пищевая	контрольная	14	3.14 ± 0.37	11.75 ± 0.83	0.057 ± 0.015	0.306 ± 0.056
	фоновая	22	6.04 ± 0.64	14.18 ± 1.34	0.113 ± 0.018	0.271 ± 0.036
	буферная	15	7.10 ± 1.04	15.51 ± 2.07	0.683 ± 0.109	1.084 ± 0.162
	импактная	9	11.73 ± 0.80	24.56 ± 3.21	1.623 ± 0.202	3.417 ± 0.750
Опенок осенний	контрольная	7	2.21 ± 0.36	12.08 ± 2.15	0.458 ± 0.218	0.218 ± 0.046
	фоновая	4	2.98 ± 1.01	12.57 ± 2.27	0.989 ± 0.529	0.316 ± 0.125
	буферная	8	7.55 ± 1.49	12.83 ± 1.17	1.625 ± 0.138	0.145 ± 0.014
	импактная	1	8.16	7.47	1.461	0.631
Груздь черный	контрольная	4	4.34 ± 0.39	11.15 ± 1.38	0.038 ± 0.009	0.234 ± 0.059
	фоновая	1	6.14	19.51	0.045	0.486
	буферная	1	11.09	29.53	0.421	2.861
	импактная	4	14.29 ± 0.69	34.38 ± 4.82	1.126 ± 0.165	9.011 ± 0.059
Волнушка	контрольная	11	0.97 ± 0.72	14.16 ± 0.81	0.088 ± 0.021	0.292 ± 0.037
	фоновая	1	1.14	16.113	0.131	0.298
	буферная	3	3.28 ± 0.83	21.68 ± 3.29	0.791 ± 0.203	1.390 ± 0.155
	импактная	1	5.16	11.76	3.344	2.852

Приведено среднее ± ошибка, учетная единица – образец.

Таблица 4 – Концентрация элементов (мг/кг сырой массы) в съедобных грибах, собранных в лесных массивах на разном удалении от СУМЗа

Выделенные группы	Зона сбора	n	Cu	Zn	Cd	Pb
Трубчатые грибы (белый гриб, подосиновик, подберезовик, масленок летний, масленок осенний)	контрольная	81	2.54 ± 0.25	12.58 ± 0.68	0.205 ± 0.025	0.213 ± 0.017
	фоновая	19	2.02 ± 0.46	11.49 ± 1.39	0.284 ± 0.078	0.290 ± 0.040
	буферная	34	2.94 ± 0.32	15.03 ± 1.68	0.598 ± 0.085	0.480 ± 0.085
	импактная	94	6.03 ± 0.59	19.73 ± 0.90	1.230 ± 0.207	2.799 ± 0.346
Пластинчатые грибы (сыроежка пищевая, волнушка, опенок осенний, груздь черный)	контрольная	59	2.77 ± 0.23	11.43 ± 0.53	0.168 ± 0.037	0.265 ± 0.022
	фоновая	29	5.36 ± 0.56	14.04 ± 1.08	0.232 ± 0.087	0.275 ± 0.032
	буферная	28	6.88 ± 1.31	15.98 ± 1.60	0.966 ± 0.147	0.895 ± 0.143
	импактная	15	11.74 ± 0.80	25.19 ± 2.97	1.595 ± 0.189	4.685 ± 1.046
Предельно допустимая концентрация			<i>10.0</i>	<i>20.0</i>	<i>0.10</i>	<i>0.50</i>
<i>Приведено среднее ± ошибка среднего, учетная единица – образец.</i>						

Таблица 5 – Концентрация элементов в готовой грибной продукции (среднее значение, мг/кг жареных грибов), собранной в лесных массивах на разном удалении от СУМЗа

Зона сбора	n	Cu	Zn	Cd	Pb
«условно чистая»*	188	7,1	29,7	0,50	0,59
буферная	62	10,8	37,0	1,81	1,49
импактная	109	16,6	50,7	3,15	7,58

\* к «условно чистой» территории отнесены фоновая и контрольная зоны

Таблица 6 – Суточное поступление химических элементов (мкг/сутки) с готовой грибной продукцией в организм жителей Ревды и Первоуральска

Элемент	Участок исследования					
	Фоновый		Буферный		Импактный	
	взрослые	дети	взрослые	дети	взрослые	дети
Cu	0,6±0,03	2,7±0,16	0,9±0,12	4,1±0,58	1,3±0,11	6,3±0,52
Zn	2,3±0,08	11,3±0,37	2,9±0,22	14,0±1,07	4,0±0,17	19,2±0,83
Cd	0,04±0,004	0,19±0,02	0,14±0,02	0,69±0,08	0,25±0,04	1,20±0,17
Pb	0,05±0,002	0,22±0,01	0,12±0,01	0,57±0,07	0,60±0,07	2,87±0,32
n	188		62		109	

Реальную опасность потребления населением грибной продукции можно оценить, сопоставляя эти данные с общим суточным поступлением элементов с полным рационом (Katsnelson et al., 2010). По нашим оценкам, содержание меди, цинка и мышьяка в рационе разных категорий населения (взрослых и детей), включающих грибной компонент, может возрасти на буферных и импактных территориях не более чем на 5-10 %. Существенно выше свинцовая нагрузка. На этих территориях поступление свинца с грибной продукцией может увеличиться у взрослого населения на 13 %, поступление кадмия в этом случае может возрасти на 60%. Особую тревогу вызывает возможное поступление кадмия и свинца с детским рационом. По сравнению с оценками Б.А. Кацнельсона и соавторов (2010) в нашем случае поступление детям свинца и кадмия с грибной диетой может возрасти в 2 и более раз.

#### Заключение

При всей условности приводимых оценок, связанных, прежде всего с неопределенностью состава и объема пищевых рационов, очевидна необходимость организации экологического и санитарно-гигиенического мониторинга за уровнями загрязнения природной среды и дикорастущих видов съедобных ягод и грибов. Это позволит снизить риск заболеваемости населения, использующего в пищу эти продукты.

Работа выполнена при поддержке Программы развития ведущих научных школ (НШ-5325.2012.4) и Президиума РАН (12-П-4-1057; 12-П-4-1058).

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бакайтис В. И., Белокрылова Л. В., Мартенс Е. В., Басалаева С. Н. Содержание тяжёлых металлов в съедобных грибах Новосибирской области и Алтайского края // Хранение и переработка сельхозсырья – 2006. – №5. – С. 38-41
- 2 Баркан В. Ш., Панкратов Р. П., Силина А. В. Накопление никеля и меди лесными ягодами и грибами, произрастающими в окрестностях комбината «Североникель» (г. Мончагорск) // Раст. ресурсы – 1990. – №4. – С. 2-9
- 3 Cocchi L., Vescovi L., Petrini L. E., Petrini O. Heavy metals in edible mushrooms in Italy // Food Chem – 2006. – V.98. №2. – P. 277-284
- 4 Kalač P., Svoboda L., Havličková B. Contents of cadmium and mercury in edible mushrooms // J. Appl. Biomedic – 2004. – V.2. № 1. – P. 15-20
- 5 Demirba A. Accumulation of heavy metals in some edible mushrooms from Turkey // Food Chem. – 2000. – V. 68. № 4. – P. 415-419
- 6 Yamaç M., Yidiz D., Starikürçü M., Solak M.H. Heavy metals in some edible mushrooms from the Central Anatolia, Turkey // Food Chem – 2007. – V. 103. № 2. – P. 263-267
- 7 Безель В. С., Мухачева С. В., Трубина М. Р., Пищулин П. Г., Воробейчик Е. Л. Продукция природных экосистем в пищевых рационах населения Свердловской области // Аграрный вестник Урала – 2010. – № 6. – С. 61-65
- 8 Кацнельсон Б. А., Мажаева Т. В., Привалова Л. И., Безель В. С. Мухачева С. В., Воробейчик Е. Л. О значимости накопления

свинца и кадмия в съедобных грибах как фактор риска для здоровья населения // Вест. Урал. мед. науки – 2011. – № 1. - С. 12-16

9 Katsnelson B. A., Kuzmin S. V., Mazhayeva T. V. et al. Assessment of exposure to toxic metals through food with reference to some

towns in Russia. // J. Env. Sci. and Eng. – 2010. – V.4. № 4. - P. 53-61

10 Ревич Б. А., Шаров П. О., Сергеев О. В. Свинец и здоровье детей – результат некоторых российских исследований 2000-2009 гг. // Гигиена и санитария – 2011. – №6. - С. 12-16

**ОРТАНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЛАСТАНУЫ: АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ  
ЖАБАЙЫ ЖЕМІСТЕРГЕ ЖӘНЕ САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРҒА ЖИНАҚТАЛУЫ,  
ҚАУШПІ БАҒАЛАУ ОНЫ ОРТА ОРАЛ ТҮРҒАНДАРЫНЫҢ ТҮТЫНУЫ  
В.С. Безель, С.В. Мухачева, М.Р. Трубина, Е.Л. Воробейчик**

*Ауыр металдардың (Cu, Zn, Cd, Pb) концентрациялары туралы мәліметтер негізінде ірі мысбалқыту комбинатының (Ревда қ, Орта Орал) әсері зонасында өсетін жеуге жарамды саңырауқұлақтардың (8 түр, 359 үлгі) және жидектер арқылы ластанған территорияларда өмір сүріп жатқан ересек адамдар мен балалар аздаларына дайын тағамдармен түскен бұл лютеанттардың мөлшері бағаланды. Зерттеулер көрсеткендей, металдардың үлгілерде жинақталу деңгейі олардың түрлік спецификасына, сонымен қатар ластану көзінен жойылуымен анықталады. Қорыта келсек, қатты және орташа ластанған зоналарда тағам ретінде жидектерді қолдану саңырауқұлақ өнімі айтарлықтай үлес қосытынын ескерсек, қосымша улылық қысымының қалыптасуына айтарлықтай әсер тигізбейді.*

---

**ENVIRONMENTAL CHEMICAL POLLUTION: ACCUMULATION  
OF HEAVY METALS IN BERRIES AND EDIBLE MUSHROOMS, RISK ASSESSMENT  
BY THEIRS CONSUMPTION FOR POPULATION OF MIDDLE URALS  
V.S. Bezel, S.V. Mukhacheva, M.R. Trubina, E.L. Vorobeichik**

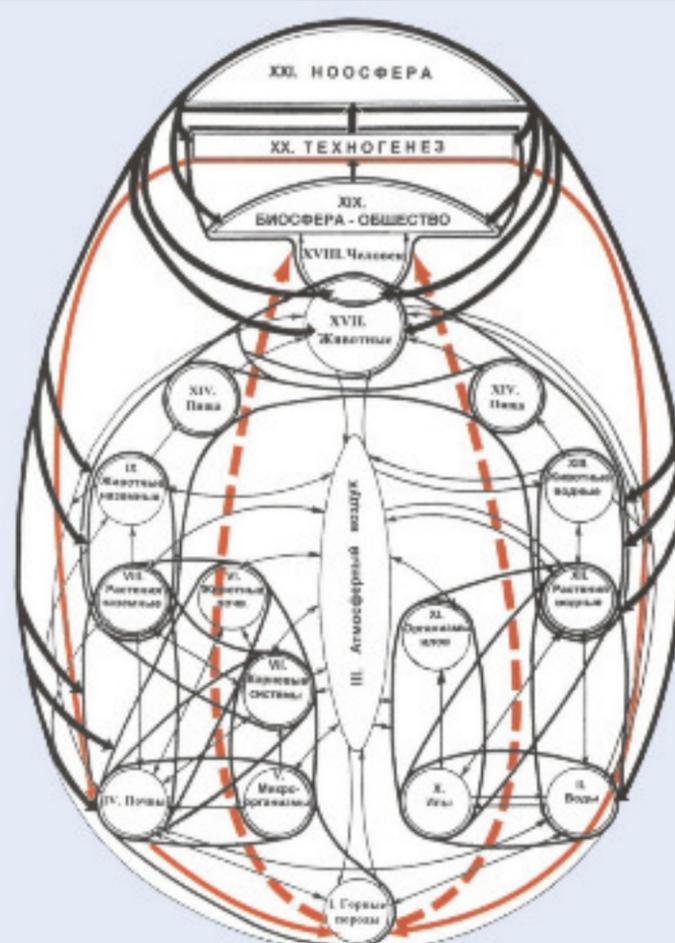
*Heavy metal (Cu, Zn, Cd, Pb) concentrations were analyzed in edible mushrooms and the berries near the copper-smelting plant (Revda, Middle Ural) and on control sites. Intake of these pollutants in organisms of adults and children with processed foods were estimated. It was shown that berries doesn't influence a toxic load, whereas mushrooms make an essential contribution. Pb intake with food can increase by 13 %, Cd – for 60 % due to the inclusion in a diet of mushrooms collected in strongly and moderately polluted areas. The special caution is caused by intake of Cd and Pb in an organism of children using in edible mushrooms from polluted sites*

# **Ғылыми журнал** **Научный журнал**

## **БИОГЕОХИМИЯ ЖӘНЕ ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЭКОЛОГИЯ МӘСЕЛЕСЕРІ**

### **ПРОБЛЕМЫ БИОГЕОХИМИИ И ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ**

### **THE PROBLEMS OF BIOGEOCHEMISTRY AND GEOCHEMICAL ECOLOGY**



**№ 3 (20)**  
**2012**

**Scientific Journal**