

3. Zheglova A.V., Ivanova D.S., Gavrilov A.V., et al. Proc. of VI Russian congress «Occupation and health». — Moscow, 2007. — 495 p. (in Russian).

4. Komantsev, V.N., Skripchenko N.V., Savina M.V. Neurophysiologic methods possibilities in locating nervous system disorder for neuroinfections in children // Zhurnal infektologii. — 2010. — V. 2. — 2. — P. 40–44 (in Russian).

5. Klimkin A.V., Voytenkov V.B., Skripchenko N.V. Resistency of motor axons to ischemia in children with serous meningitis and Guillain-Barre syndrome // Fiziologiya cheloveka. — 2015. — V. 41. — 2. — P. 85–90 (in Russian).

6. Kuznetsov V.V., Ornitسان E.Yu., Merkur'eva L.I., et al. Contemporary methods of diagnosis, treatment, occupational fitness examination and rehabilitation of patients with occupational locomotory and peripheral nervous system diseases. Methodic recommendations. — St-Petersburg, 2003. — P. 34–35 (in Russian).

7. Loginova N.N. Hygienic and medical prophylactic technologies of risk management for industrial region population / In: Proc. of scientific and practical conference with international participation. — Perm', 2010. — P. 514–516 (in Russian).

8. Loginova N.N., Boyko I.V. Evaluation of rehabilitation efficiency in patients with occupational vegetosensory polyneuropathy due to physical overstrain // Industr. med. — 2010. — 4. — P. 39–42 (in Russian).

Поступила 30.09.2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Логина Наталья Николаевна (Loginova N.N.);

зав. отд. профпатологии ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья». E-mail: klinika-5@mail.ru.

Войтенков Владислав Борисович (Voitenkov V.B.);

зав. отд. функц. диагностики ФГБУ «Научно-исследовательский институт детских инфекций ФМБА России», канд. мед. наук. E-mail: vlad203@inbox.ru.

Климкин Андрей Васильевич (Klimkin A.V.);

науч. сотр. отд. функц. и лучевых методов иссл. ФГБУ «Научно-исследовательский институт детских инфекций ФМБА России». E-mail: klinkinpark@mail.ru.

УДК 613.2.613.3:504.05.504.06.504.75

А.А. Дударев¹, Е.В. Душкина¹, Ю.Н. Сладкова¹, В.С. Чупахин¹, Л.А. Лукичева²

ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ЭКСПОЗИЦИИ К МЕТАЛЛАМ, СОДЕРЖАЩИМСЯ В МЕСТНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ И ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ В ПЕЧЕНГСКОМ РАЙОНЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», ул. 2-я Советская, 4, Санкт-Петербург, Россия, 191036

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области, ул. Коммуны, 7, Мурманск, Россия, 183038

Суммарное среднесуточное поступление металлов (EDI) с местной пищей в организм местных жителей составило: Cu 2%, Pb 6%, Cd 22%, Hg 40%, Ni 66%, As 157% — в сравнении с допустимым суточным поступлением (TDI). Грибы «ответственны» за суммарное поступление в организм 35% Pb, 55% Cu, 61% Ni и 91% Cd; рыба приносит 83% Hg и 75% As. Экспозиция населения к Ni формируется за счет потребления грибов, диких и садовых ягод и овощей, экспозиция к Cd за счет грибов, к Hg за счет пресноводной рыбы, к As за счет семги и трески. Вклад в экспозицию к металлам питьевой воды ничтожно мал по Hg, Cd, Pb и Cu, слабо выражен по As и существенен по Ni (23%). Суммарные неканцерогенные риски по Cu и Pb близки к нулю, по Cd 0,22, по Hg 0,39, по Ni 0,81, по As 1,62, по совокупности металлов для совокупности пищевых продуктов и воды 3,1. Суммарные канцерогенные риски по Pb минимальны (ниже 10^{-6}), по Cd допустимы (ниже 10^{-5}), по As «средние» (ниже 10^{-3}), по Ni высокие (10^{-2}), по совокупности металлов для совокупности пищевых продуктов и воды $1,25 \times 10^{-2}$. Выявленные повышенные риски здоровью потребуют разработки рекомендаций по сокращению/исключению потребления населением некоторых местных продуктов питания и мер по очистке от никеля питьевой воды или использования для питьевых нужд иных источников чистой воды.

Ключевые слова: риск здоровью, канцерогенный, неканцерогенный, допустимое суточное поступление, пищевые продукты, питьевая вода, рыба, грибы, ягоды, экспозиция, металлы, никель, ртуть, мышьяк, свинец, кадмий, Мурманская область, Российская Арктика.

A.A. Dudarev¹, E.V. Dushkina¹, Yu.N. Sladkova¹, V.S. Chupahin¹, L.A. Lukichova². Evaluating health risk caused by exposure to metals in local foods and drinkable water in Pechenga district of Murmansk region

¹North-West Public Health Research Center, 4, 2 Sovetskaya ul., Saint-Petersburg, Russia, 191036

²Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare in Murmansk oblast, 7, ul. Kommuny, Murmansk, Russia, 183038

Total average daily intake of metals with local food by natives equalled: Cu 2%, Pb 6%, Cd 22%, Hg 40%, Ni 66%, As 157% — in comparison with allowable daily intake. Mushrooms are responsible for total intake of 35% Pb, 55% Cu, 61% Ni and 91% Cd; fish gives 83% Hg and 75% As. The natives' exposure to Ni is caused by mushrooms, wild and cultivated berries and vegetables, exposure to Cd — by mushrooms, that to Hg — by freshwater fish, exposure to As — by salmon and cod. Drinkable water contribution into exposure to metals is negligibly small for Hg, Cd, Pb and Cu, mild for As and considerable for Ni (23%). Total carcinogenous risk with Cu and Pb are negligible, with Cd is 0.22, with Hg 0.39, with Ni 0.81, with As 1.62, with totality of metals for total foods and water — 3.1. Total carcinogenous risks with Pb are minimal (less than 10^{-6}), with Cd — allowable (less than 10^{-5}), with As — average (less than 10^{-3}), with Ni — high (10^{-2}), with totality of metals for total foods and water — $1,25 \times 10^{-2}$. Increased health risks revealed necessitate recommendations on reduction/exclusion of some local foods intake by the natives and measures on drinkable water purification from nickel, or usage of other sources of clear water.

Key words: health risk, carcinogenous, noncarcinogenous, allowable daily intake, foods, drinkable water, fish, mushrooms, berries, exposure, metals, nickel, mercury, arsenic, lead, cadmium, Murmansk region, Russian Arctica.

Существенное загрязнение местной флоры и фауны, являющихся продуктами питания для населения, а также питьевой воды токсичными металлами, обусловленное в значительной степени промышленными выбросами комбината «Печенганикель» ОАО «Кольской горно-металлургической компании» вблизи п. Никель и г. Заполярный, было показано в опубликованных недавно [1,2] результатах исследования в Печенгском районе Мурманской области в рамках международного проекта КолАрктик «Безопасность пищи и здоровье в приграничных районах России, Финляндии и Норвегии», стартовавшего осенью 2013 г.

Актуальность нынешнего фрагмента исследований определяется тем, что риск здоровью населения Печенгского района, проживающего в зоне промышленного загрязнения и потребляющего местные пищевые продукты и воду местных водоемов, прежде никогда не оценивался в связи с экспозицией населения к металлам, содержащимся в пище и воде.

Целью исследования являлась оценка неканцерогенного и канцерогенного рисков поступления в организм токсичных металлов при употреблении местной пищи и воды для населения Печенгского района Мурманской области.

Материалы и методы. Дизайн проекта, протоколы отбора проб продуктов питания и воды, программы анкетирования местных жителей и первичной обработки собранной информации были подробно изложены в предыдущих публикациях [1,2]. Оценка безопасности потребления населением Печенгского района местной пищи и воды базировалась на сопоставлении выявленных в отобранных образцах концентраций металлов с соответствующими отечественными гигиеническими нормативами по сырой пище и воде [1,2].

Нынешний фрагмент исследований предполагает применение международных научных подходов, общепринятых в мировой практике в отношении оценки рисков здоровью при пищевой экспозиции к металлам.

Для сравнительного анализа содержания металлов в отдельных пищевых продуктах применялся индекс

загрязнения металлами (Metal Pollution Index, MPI) [10]: $MPI = (Cf_1 \times Cf_2 \dots Cf_n)^{1/n}$, где Cf_n — концентрация металла n в образце пищи.

Для расчетов среднегодовых/месячных/недельных/суточных количеств потребления продуктов питания использовались данные анкетирования 400 местных жителей, где на вопросы о частоте употребления каждого вида местной пищи индивидуально были получены ответы: «никогда», «1–3 раз/год», «4–10 раз/год», «1–3 раз/мес.», «1–3 раз/нед.», «4–6 раз/нед.», «1–3 раз/день»; в качестве унифицированного размера одной порции любого продукта (рыба, мясо, овощи, грибы, ягоды) взято 150 г сырой массы. В расчетах суточного поступления Estimated Daily Intake (EDI) каждого из шести металлов (As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni) использовались анкетные данные о частоте употребления каждого продукта и результаты химического анализа концентраций металлов в каждом продукте; 60-килограммовая масса тела использована в качестве усредненной для обоих полов и всех возрастов респондентов. Полученные значения EDI (мкг металла/кг масса тела/сутки) сравнивались с допустимой суточной дозой Tolerable Daily Intake (TDI), регламентируемой для кадмия, меди, свинца и ртути FAO/WHO экспертным комитетом [12–15] (при этом для свинца и ртути величины TDI пересчитаны с допустимой недельной дозы (TWI), для Cd — с допустимой месячной дозы (TMI)); для мышьяка TDI регламентирован Агентством по защите окружающей среды США (US EPA) [9], для никеля — специальными документами ВОЗ [11] и Агентства по окружающей среде Великобритании [4] — табл. 1. Для расчета неканцерогенного риска здоровью при поступлении в организм каждого металла с отдельным продуктом питания использовалась методика определения Target Hazard Quotient (THQ), разработанная US EPA [7]: $THQ = (MC \times IR \times 10^{-3} \times EF \times ED) / (RfD \times BW \times ATn)$, где MC — концентрация металла в продукте (мкг/г продукта); IR — среднесуточное потребление продукта (г/чел./сутки); EF — частота экспозиции (дней

в году); ED — продолжительность экспозиции (лет); RFD (или TDI) — референтная доза суточного поступления металла в организм (мкг/г массы тела/сутки); BWa — усредненная масса тела (60 кг); ATn — общая продолжительность неканцерогенной экспозиции (дни). Как отдельные, так и суммарные неканцерогенные риски считались приемлемыми, если их величины не превышали единицы.

Канцерогенный риск пищевой экспозиции к металлам оценивался только по четырем металлам, для трех из которых Международным Агентством по изучению рака (IARC) [5], установлена «достаточная очевидность» канцерогенности для человека (группа 1): мышьяк, кадмий, никель (и их неорганические соединения), и по свинцу (и его неорганическим соединениям), относимым IARC к группе 2А-В («ограниченная очевидность» канцерогенности для человека). Хром и бериллий в изучавшихся образцах пищи и воды выявлялись в пренебрежимо малых концентрациях (часто ниже порога детектирования); для этих канцерогенных металлов оценка риска не производилась.

Канцерогенный риск оценивался по методике Target Cancer Risk (TR), разработанной US EPA [8]: $TR = (MC \times IR \times 10^{-3} \times CPSo \times EF \times ED) / (BWa \times ATc)$, где CPSo — коэффициент канцерогенного потенциала при пищевой экспозиции (мг/кг массы тела/сутки); ATc — общая продолжительность канцерогенной экспозиции (дни).

CPSo для мышьяка и свинца взяты из руководства Службы оценки рисков связанных с окружающей средой США (ОЕННА) [6]; в силу отсутствия в международных документах соответствующих коэффициентов для кадмия и никеля были использованы CPSo, представленные в прилож. 2 Руководства по оценке рисков [3], разработанного в РФ на основе международных алгоритмов, и утвержденного в 2004 г. — табл. 1.

Расчетный индивидуальный пожизненный канцерогенный риск TR, равный или меньший 10^{-6} (соответствует одному дополнительному случаю рака на 1 млн экспонированных лиц), трактуется как минимальный; риск в диапазоне 10^{-6} – 10^{-4} принимается как допустимый; риск в диапазоне 10^{-4} – 10^{-3} является средним, требует контроля и дополнительного изучения; риск равный или больший 10^{-3} (один случай на 1000 чел.)

рассматривается как высокий, требующий проведения мероприятий по его снижению.

Производился расчет индивидуальных пожизненных неканцерогенных и канцерогенных рисков (при пищевой экспозиции) для каждого исследуемого металла, содержащегося в конкретном пищевом продукте, суммарных рисков — для совокупности металлов в каждом продукте, для суммарного содержания каждого металла во всех потребляемых местных продуктах и для общего содержания всех исследуемых металлов в совокупности потребляемых продуктов. Возможность и правомерность расчетов суммарных рисков обусловлена полнотой охвата (отбора проб для химического анализа) практически всего спектра местной флоры и фауны, используемой местным населением в пищу, и получением (на репрезентативной выборке 400 респондентов) индивидуальных анкетных данных о частоте потребления этих продуктов. Нехватка в исследовании образцов единичных видов рыбы, птицы и млекопитающих (из-за объективных трудностей их «добычи» в сезон экспедиционных работ), редко потребляемых населением, априори не может оказать значимого влияния на расчеты суммарных рисков, которые, очевидно, могли бы (при наличии этих образцов) оказаться лишь несколько выше, но никак не ниже полученных нами величин. При расчетах суммарных рисков дополнительно учитывался «вклад» питьевой воды, содержащей исследуемые металлы.

Результаты. В табл. 2 представлены результаты химического анализа содержания шести металлов в пищевых продуктах и расчетные значения индекса загрязнения металлами пищи.

Индекс загрязнения металлами (табл. 2) существенно варьируется в пищевых продуктах от 0,01 до 0,44. Наименьшие значения MPI (0,01–0,025) характерны для кумжи, хариуса, налима, лосося, брусники, черники, вороники, малины, черной смородины, картофеля и моркови; более высокие значения MPI (0,026–0,066) определены для гольца, сига, окуня, щуки, семги, трески, глухаря, куропатки, волнушки, морошки и клубники. Самые высокие величины MPI (0,11–0,44) демонстрируют грибы — трубчатые (подосиновик и подберезовик) и пластинчатые (груздь); последний имеет максимальный уровень загрязнения совокупностью токсичных металлов.

Таблица 1
Величины допустимой суточной дозы (TDI) и коэффициент канцерогенного потенциала (CPSo) при пищевой экспозиции к металлам

Элемент	TDI (oral), мкг/кг массы тела/сутки	Источник	CPSo (oral); мг/кг массы тела/сутки	Источник
As	0,3	US EPA IRIS [9]	1,5	ОЕННА-2015 [6]
Cd	0,83	WHO-2013; TRS 983 [15]	0,38	Руководство, 2004 [3]
Cu	500	WHO-1982; TRS 683 [12]	–	–
Pb	3,57	WHO-1999; TRS 896 [13]	0,0085	ОЕННА-2015 [6]
Hg	0,57	WHO-2011; TRS 959 [14]	–	–
Ni	12	WHO-2005 [11]; Env. Agency-2009 [4]	1,7 (никель субсульфид)	Руководство, 2004 [3]

Содержание металлов в образцах пищи (среднее, мкг/г сырой массы) и индекс загрязнения металлами (MPI).

Продукт	Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	As	MPI
голец	0,513	0,045	0,003	0,094	0,050	0,027	0,046
кумжа	0,672	0,012	0,001	0,005	0,145	0,012	0,018
сиг	0,237	0,081	0,002	0,010	0,077	0,025	0,030
хариус	0,514	0,113	0,001	0,008	0,051	0,008	0,021
налим	0,199	0,012	0,001	0,005	0,102	0,023	0,016
окунь	0,234	0,022	0,002	0,019	0,217	0,011	0,027
щука	0,180	0,039	0,002	0,016	0,235	0,010	0,029
семга	0,561	0,022	0,001	0,006	0,023	0,747	0,030
треска	0,437	0,092	0,001	0,051	0,023	0,449	0,051
лось	1,345	0,008	0,002	0,019	0,003	0,001	0,011
глухарь	2,663	0,352	0,017	0,200	0,003	0,007	0,066
куропатка	4,035	0,024	0,020	0,166	0,001	0,003	0,031
подберезовик	2,410	1,365	0,183	0,043	0,023	0,099	0,197
подосиновик	6,342	0,729	0,218	0,030	0,107	0,056	0,238
волнушка	1,231	0,691	0,009	0,021	0,004	0,019	0,047
груздь	8,599	15,010	0,153	0,201	0,014	0,132	0,441
сыроежка	3,676	2,400	0,124	0,033	0,004	0,014	0,112
брусника	0,831	1,375	0,001	0,024	0,001	0,018	0,025
черника	0,438	0,784	0,008	0,009	0,001	0,017	0,024
вороника	0,602	0,748	0,001	0,009	0,001	0,009	0,016
морошка	1,614	2,156	0,002	0,063	0,001	0,038	0,046
клубника	0,894	0,970	0,003	0,034	0,001	0,028	0,032
малина	0,432	1,177	0,001	0,005	0,001	0,012	0,017
черн. смород.	0,419	0,082	0,001	0,005	0,001	0,001	0,007
картофель	1,095	0,661	0,003	0,007	0,001	0,002	0,016
морковь	0,436	0,551	0,003	0,005	0,001	0,003	0,013

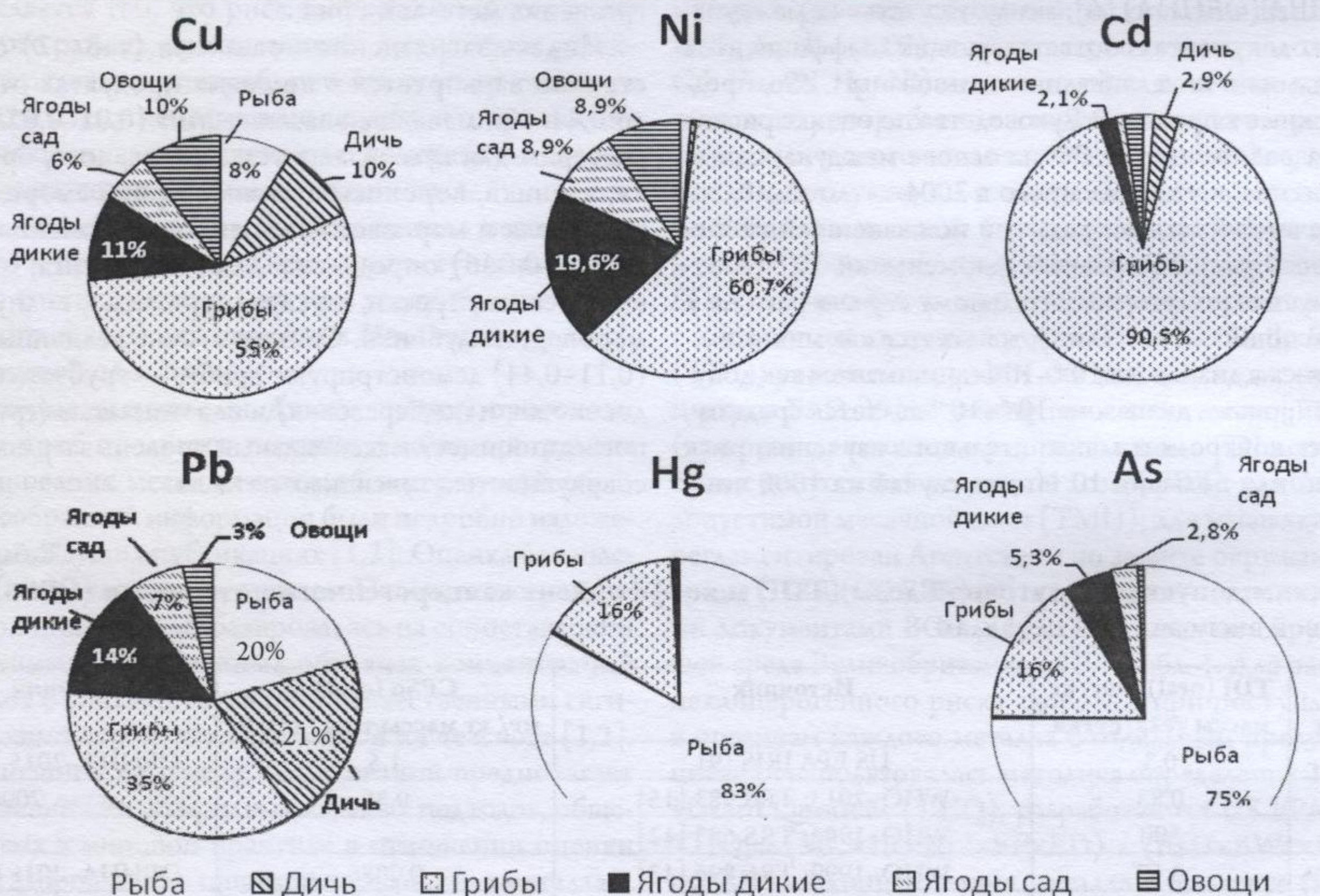


Рис. Структура среднесуточного поступления металлов (EDI) в организм местных жителей, %.

Таблица 3

Расчетные величины среднесуточного потребления продуктов IR (г/чел./сутки) и среднесуточного поступления металлов в организм EDI — в сравнении с допустимым суточным поступлением TDI (мкг металла/кг массы тела/сутки).

Продукт	IR, г/чел./сут.	EDI, мкг/кг массы тела/сут.					
		Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	As
голец	10,28	0,0879	0,0078	0,0005	0,0161	0,0085	0,0046
кумжа	15,94	0,1784	0,0033	0,0001	0,0013	0,0386	0,0032
сиг	10,28	0,0406	0,0138	0,0003	0,0016	0,0131	0,0043
хариус	15,94	0,1366	0,0299	0,0001	0,0022	0,0136	0,0020
налим	13,67	0,0455	0,0028	0,0001	0,0011	0,0233	0,0053
окунь	9,94	0,0388	0,0037	0,0003	0,0032	0,0359	0,0017
щука	9,94	0,0297	0,0064	0,0004	0,0027	0,0389	0,0017
семга	15,94	0,1491	0,0058	0,0001	0,0017	0,0060	0,1983
треска	17,25	0,1256	0,0263	0,0002	0,0145	0,0066	0,1291
лось	1,80	0,0403	0,0002	0,0001	0,0006	0,0001	0,0001
глухарь	8,05	0,3571	0,0472	0,0023	0,0223	0,0004	0,0010
куропатка	8,05	0,5412	0,0032	0,0027	0,0223	0,0001	0,0005
подберезовик	13,77	0,5533	0,3132	0,0420	0,0098	0,0053	0,0227
подосиновик	13,77	1,4559	0,1673	0,0500	0,0069	0,0245	0,0130
волнушка	14,25	0,2923	0,1642	0,0020	0,0049	0,0009	0,0044
груздь	14,25	2,0424	3,5649	0,0362	0,0477	0,0033	0,0313
сыроежка	14,25	0,8731	0,5700	0,0294	0,0079	0,0009	0,0034
брусника	27,89	0,3864	0,6391	0,0005	0,0110	0,0002	0,0085
черника	19,63	0,1432	0,2565	0,0026	0,0031	0,0002	0,0054
вороника	9,95	0,0998	0,1240	0,0002	0,0016	0,0001	0,0015
морошка	14,91	0,4010	0,5358	0,0005	0,0158	0,0001	0,0094
клубника	18,34	0,2732	0,2964	0,0008	0,0105	0,0002	0,0086
малина	18,87	0,1357	0,3702	0,0004	0,0016	0,0002	0,0039
черн. смород.	23,33	0,1629	0,0318	0,0005	0,0019	0,0002	0,0004
картофель	39,42	0,7194	0,4346	0,0016	0,0047	0,0003	0,0014
морковь	29,25	0,2125	0,2685	0,0013	0,0024	0,0002	0,0013
Все продукты		9,52	7,89	0,18	0,21	0,22	0,47
TDI		500	12	0,83	3,57	0,57	0,3

На основе среднесуточного потребления продуктов (IR) и содержания металлов в образцах пищи, были рассчитаны величины среднесуточного поступления металлов в организм (EDI) — табл. 3.

При сопоставлении суммарного EDI (все продукты) с допустимым суточным поступлением (TDI) по каждому исследуемому металлу (см. табл. 3) следует констатировать, что медь, кадмий и свинец поступают с местной пищей в организм местных жителей в очень незначительных количествах, однако поступление ртути достигает почти 40% допустимого предела (0,22 при TDI=0,57 мкг/кг массы тела/сутки), никеля — 66% (7,9 при TDI=12), а мышьяка — 156% (0,47 при TDI=0,3); т. е. поступление мышьяка превышает допустимый уровень более чем в 1,5 раза.

Структура среднесуточного поступления металлов в организм позволяет выявить приоритетные продукты, «ответственные» за формирование экспозиции к металлам местных жителей (рис.).

Грибы «ответственны» (см. рис.) за поступление наибольшего количества свинца (35%), меди (55%),

никеля (61%) и почти всего кадмия (91%); рыба приносит основную долю ртути (83%) и мышьяка (75%); дикie ягоды определяют 10–20% поступления меди, свинца и никеля и 2–5% кадмия и мышьяка; с дичью поступает 21% свинца и 10% меди, с садовыми ягодами — 6–9% меди, свинца и никеля, с овощами — 9–10% никеля и кадмия и 2–3% кадмия и свинца. При этом необходимо отметить, что экспозиция к никелю формируется в основном за счет потребления груздей, подберезовиков, сыроежек, брусники, морошки, малины и картофеля, к кадмию — за счет подберезовиков, подосиновиков, груздей и сыроежек, к ртути — за счет кумжи, налима, окуня и щуки, к мышьяку — за счет семги и трески (см. табл. 3).

Дополнительную экспозицию местных жителей к металлам определяет потребление питьевой воды из водопроводной сети, существенно загрязненной некоторыми металлами, как показали недавние исследования [2]. Исходя из содержания металлов в питьевой воде, среднесуточного потребления воды 2 л/чел./сутки и средней массы тела 60 кг, были рассчитаны

Таблица 4

Средние концентрации металлов в питьевой воде водопроводной сети г. Заполярный и п. Никель (мкг/л воды) и расчетные величины среднесуточного поступления металлов в организм с питьевой водой, с пищей и водой — в сравнении с TDI (мкг металла/кг массы тела/сутки)

Показатель	Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	As
Содержание металлов в питьевой воде, мкг/л воды [2]	9,75	53,43	0,02	0,065	<0,01	0,51
Поступление металлов в организм с питьевой водой, мкг металла/кг массы тела/сутки, EDI _w	0,33	1,78	0,00066	0,0022	–	0,017
Поступление металлов в организм с пищей EDI _s , мкг металла/кг массы тела/сутки	9,52	7,89	0,18	0,21	0,22	0,47
Суммарное поступление металлов с пищей и водой, мкг металла/кг массы тела/сутки	9,85	9,67	0,18	0,21	0,22	0,49
TDI, мкг металла/кг массы тела/сутки	500	12	0,83	3,57	0,57	0,30

Таблица 5

Расчетные величины индивидуальных пожизненных неканцерогенных рисков THQ при пищевой экспозиции к металлам

Продукт	Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	As	sum THQ
голец	0,0002	0,0006	0,0007	0,0045	0,0150	0,0153	0,0362
кумжа	0,0004	0,0003	0,0002	0,0004	0,0678	0,0108	0,0797
сиг	0,0001	0,0012	0,0004	0,0005	0,0230	0,0144	0,0396
хариус	0,0003	0,0025	0,0002	0,0006	0,0239	0,0068	0,0342
налим	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0409	0,0177	0,0594
окунь	0,0001	0,0003	0,0003	0,0009	0,0630	0,0058	0,0704
щука	0,0001	0,0005	0,0005	0,0007	0,0683	0,0058	0,0759
семга	0,0003	0,0005	0,0002	0,0005	0,0105	0,6612	0,6731
треска	0,0003	0,0022	0,0003	0,0040	0,0116	0,4305	0,4489
Рыба	0,0016	0,0083	0,0028	0,0123	0,3240	1,1682	1,52
лось	0,0001	0,0000	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001	0,0006
глухарь	0,0007	0,0039	0,0029	0,0062	0,0008	0,0033	0,0178
куропатка	0,0011	0,0003	0,0034	0,0062	0,0002	0,0015	0,0126
Дичь	0,0018	0,0042	0,0063	0,0125	0,0011	0,0049	0,03
подберезовик	0,0011	0,0261	0,0525	0,0027	0,0092	0,0758	0,1674
подосиновик	0,0029	0,0139	0,0625	0,0019	0,0430	0,0432	0,1674
волнушка	0,0006	0,0137	0,0026	0,0014	0,0015	0,0148	0,0345
груздь	0,0041	0,2971	0,0453	0,0133	0,0058	0,1043	0,4699
сыроежка	0,0017	0,0475	0,0368	0,0022	0,0016	0,0114	0,1012
Грибы	0,0104	0,3983	0,1996	0,0215	0,0611	0,2494	0,94
брусника	0,0008	0,0533	0,0006	0,0030	0,0004	0,0283	0,0864
черника	0,0003	0,0214	0,0032	0,0009	0,0003	0,0181	0,0441
вороника	0,0002	0,0103	0,0002	0,0004	0,0001	0,0049	0,0163
морозка	0,0008	0,0447	0,0006	0,0044	0,0003	0,0315	0,0822
Ягоды дикие	0,0020	0,1296	0,0046	0,0087	0,0010	0,0828	0,23
клубника	0,0005	0,0247	0,0010	0,0029	0,0003	0,0287	0,0581
малина	0,0003	0,0308	0,0005	0,0004	0,0003	0,0129	0,0453
черная смород.	0,0003	0,0026	0,0007	0,0005	0,0003	0,0013	0,0058
Ягоды садовые	0,0011	0,0582	0,0022	0,0039	0,0009	0,0429	0,11
картофель	0,0014	0,0362	0,0021	0,0013	0,0006	0,0048	0,0464
морковь	0,0004	0,0224	0,0017	0,0007	0,0004	0,0042	0,0298
Овощи	0,0019	0,0586	0,0037	0,0020	0,0010	0,0091	0,08
Все местные продукты	0,02	0,66	0,22	0,06	0,39	1,56	2,9
Питьевая вода	0,0007	0,15	0,0008	0,0006	–	0,0566	0,21
Все местные продукты + питьевая вода	0,02	0,81	0,22	0,06	0,39	1,62	3,11

величины среднесуточного поступления металлов в организм с питьевой водой (табл. 4).

Дополнительный вклад в экспозицию населения к металлам за счет питьевой воды (см. табл. 4) оказался

ничтожно мал по ртути, кадмию, свинцу и меди, слабо выраженным по мышьяку (4% суммарного поступления с пищей) и существенным по никелю (23%). Суммарное поступление никеля с пищей и водой в итоге составило 9,7 мкг/кг массы тела/сутки, или 81% допустимого уровня TDI.

Результаты расчетов неканцерогенных рисков при пищевой экспозиции к металлам для отдельных пищевых продуктов, групп продуктов и питьевой воды представлены в табл. 5.

Прежде всего, надо отметить (табл. 5), что по двум оцениваемым металлам — меди и свинцу — величины неканцерогенных рисков близки к нулю; это касается отдельных продуктов, групп продуктов, питьевой воды и суммарных рисков (все продукты, все продукты + вода). По кадмию и ртути суммарные неканцерогенные риски составили 0,22 и 0,39

соответственно; по кадмию суммарный риск формируется на 90% грибами, по ртути — на 82% рыбой, при этом, как в группе «грибы», так и в группе «рыба» риски существенно «размыты», т. е. и по кадмию, и по ртути не наблюдается приоритетных риск-формирующих продуктов внутри групп. По никелю среди всех групп продуктов риск-доминирующими являются грибы (среди них первенствуют грузди); дикie ягоды и питьевая вода «добавляют» 0,13 и 0,15 соответственно в суммарный риск 0,81, который близок к единице. По мышьяку риск превышает допустимую единицу (1,17) в группе «рыба» за счет семги и трески; дополнительный «вклад» группы «грибы» 0,25 приводит к существенно повышенному суммарному риску 1,62 по мышьяку для совокупности «все продукты + вода», где риск для воды ничтожно мал.

Таблица 6

Расчетные величины индивидуальных пожизненных канцерогенных рисков TR при пищевой экспозиции к металлам

Продукт	Ni	Cd	Pb	As	sum TR
голец	$6,9 \times 10^{-6}$	$2,1 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-7}$	$6,9 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-5}$
кумжа	$4,8 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$4,9 \times 10^{-6}$	$9,7 \times 10^{-6}$
сиг	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$6,5 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-5}$
хариус	$4,3 \times 10^{-5}$	$5,0 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$3,1 \times 10^{-6}$	$4,7 \times 10^{-5}$
налим	$8,7 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$7,8 \times 10^{-6}$	$8,9 \times 10^{-6}$
окунь	$3,7 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-8}$	$2,6 \times 10^{-6}$	$6,5 \times 10^{-6}$
щука	$6,5 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,6 \times 10^{-6}$	$9,2 \times 10^{-6}$
семга	$8,5 \times 10^{-6}$	$5,0 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$3,1 \times 10^{-4}$
треска	$3,5 \times 10^{-5}$	$9,0 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{-4}$	$2,3 \times 10^{-4}$
Рыба	$1,2 \times 10^{-4}$	$8,6 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-7}$	$5,2 \times 10^{-4}$	$6,5 \times 10^{-4}$
лось	$5,0 \times 10^{-8}$	$3,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$4,0 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-7}$
глухарь	$1,0 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-5}$
куропатка	$6,7 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-7}$	$6,9 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-6}$
Дичь	$1,0 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-6}$	$4,1 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-5}$
подберезовик	$4,1 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$9,0 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-5}$	$4,6 \times 10^{-4}$
подосиновик	$2,2 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$6,0 \times 10^{-8}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-4}$
волнушка	$1,9 \times 10^{-4}$	$7,8 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-8}$	$6,7 \times 10^{-6}$	$2,0 \times 10^{-4}$
груздь	$4,2 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$4,3 \times 10^{-7}$	$4,7 \times 10^{-5}$	$4,3 \times 10^{-3}$
сыроежка	$6,8 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-5}$	$7,0 \times 10^{-8}$	$5,1 \times 10^{-6}$	$6,9 \times 10^{-4}$
Грибы	$5,7 \times 10^{-3}$	$6,1 \times 10^{-5}$	$7,0 \times 10^{-7}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$5,9 \times 10^{-3}$
брусника	$9,8 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$9,9 \times 10^{-4}$
черника	$4,2 \times 10^{-4}$	$9,7 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-8}$	$8,2 \times 10^{-6}$	$4,2 \times 10^{-4}$
вороника	$2,9 \times 10^{-5}$	$7,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$3,1 \times 10^{-5}$
морошка	$7,1 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-7}$	$1,4 \times 10^{-5}$	$7,2 \times 10^{-4}$
Ягоды дикie	$2,1 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-6}$	$2,8 \times 10^{-7}$	$3,7 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-3}$
клубника	$1,8 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-7}$	$9,0 \times 10^{-8}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-4}$
малина	$1,6 \times 10^{-4}$	$1,6 \times 10^{-7}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$5,8 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-4}$
черная смородина	$1,4 \times 10^{-5}$	$2,1 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$5,8 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-5}$
Ягоды садовые	$3,6 \times 10^{-4}$	$6,6 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-4}$
картофель	$3,0 \times 10^{-4}$	$6,3 \times 10^{-7}$	$4,0 \times 10^{-8}$	$2,2 \times 10^{-6}$	$3,0 \times 10^{-4}$
морковь	$6,8 \times 10^{-5}$	$5,1 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$1,9 \times 10^{-6}$	$7,1 \times 10^{-5}$
Овощи	$3,7 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-6}$	$6,0 \times 10^{-8}$	$4,1 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-4}$
Все местные продукты	$8,7 \times 10^{-3}$	$6,7 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-6}$	$7,0 \times 10^{-4}$	$9,5 \times 10^{-3}$
Питьевая вода	$3,0 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-8}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$3,0 \times 10^{-3}$
Все местные продукты + питьевая вода	$1,17 \times 10^{-2}$	$6,73 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-6}$	$7,3 \times 10^{-4}$	$1,25 \times 10^{-2}$

Рассматривая суммарный неканцерогенный риск (см. табл. 5) по совокупности металлов для совокупности пищевых продуктов выявляется следующее: несмотря на то, что ни по одному из металлов ни для какого из продуктов питания и воды риск не превышает единицы, суммарный риск для группы «рыба» полуторакратно превышен (1,52), для группы «грибы» — близок к единице (0,94), для суммы всех продуктов — трехкратно превышен (2,9), для суммы всех продуктов и воды — превышен в 3,1 раза. Эти превышения обусловлены в основном никелем в грибах (особенно в груздях) и воде, кадмием в грибах, ртутью в рыбе, мышьяком в рыбе (особенно в семге и треске) и грибах.

Результаты расчетов канцерогенных рисков при пищевой экспозиции к металлам для отдельных пищевых продуктов, групп продуктов и питьевой воды представлены в табл. 6.

Канцерогенные риски (см. табл. 6) рассчитывались для четырех металлов, по двум из которых (кадмий и свинец) диапазон рисков не превышал 10^{-5} для отдельных продуктов, групп продуктов, питьевой воды и суммарных рисков (все продукты, все продукты + вода). По мышьяку «средние» риски (на уровне $2,0-3,0 \times 10^{-4}$) выявлены для семги и трески, что повлекло за собой повышение риска в группе «рыба» до $5,0 \times 10^{-4}$ и суммарного риска (все продукты) до $7,0 \times 10^{-4}$. По никелю допустимые канцерогенные риски (ниже 10^{-4}) отмечены лишь для рыбы и дичи; для садовых ягод и овощей уровни рисков «средние» ($3,7 \times 10^{-4}$), для групп «грибы» и «дикие ягоды» — высокие (суммарно в группах выше 10^{-3}), при этом ни один из продуктов отдельно не демонстрирует по никелю высокий риск, кроме груздей ($4,2 \times 10^{-3}$). Суммарный (все продукты) риск по никелю составляет $8,7 \times 10^{-3}$. Отдельно надо подчеркнуть весьма значительную 26%-ную долю питьевой воды ($3,0 \times 10^{-3}$) в суммарной очень высокой величине риска (все продукты + вода) по никелю ($1,17 \times 10^{-2}$);

В итоге суммарный канцерогенный риск по совокупности металлов для совокупности пищевых продуктов составил $9,5 \times 10^{-3}$, а вместе с питьевой водой — $1,25 \times 10^{-2}$. Такой высокий канцерогенный риск, обусловленный, прежде всего, высоким содержанием никеля в грибах, диких ягодах и питьевой воде, требует проведения мероприятий по его снижению. В данной ситуации также необходимо учитывать немаловажный «вклад» в суммарный канцерогенный риск «средних» (10^{-4}) рисков, выявленных по никелю для садовых ягод и овощей и по мышьяку для рыбы, которые потребуют дальнейших исследований, проведения дополнительных оценок и тщательного контроля в перспективе.

Выводы. 1. Проведенная оценка рисков здоровью населения Печенгского района Мурманской области при экспозиции к металлам, содержащимся в местных продуктах питания и питьевой воде, позволила идентифицировать основные риск-формирующие факторы. 2. Индекс загрязнения металлами (MPI) наиболее высок

(0,11–0,44) для грибов (подосиновик, подберезовик и особенно, груздь). 3. Суммарное среднесуточное поступление металлов (EDI) с местной пищей в организм местных жителей составило: меди 2%, свинца 6%, кадмия 22%, ртути 40%, никеля 66%, мышьяка 157% — в сравнении с допустимым суточным поступлением (TDI). 4. При анализе структуры EDI установлено, что грибы «ответственны» за суммарное поступление в организм 35% свинца, 55% меди, 61% никеля и 91% кадмия; рыба привносит 83% ртути и 75% мышьяка; дикие ягоды определяют 10–20% поступления меди, свинца и никеля; с дичью поступает 21% свинца и 10% меди, с садовыми ягодами — 6–9% меди, свинца и никеля, с овощами — 9–10% никеля и кадмия. 5. Экспозиция населения к никелю формируется в основном за счет потребления грибов, диких и садовых ягод и овощей, экспозиция к кадмию — за счет грибов, к ртути — за счет пресноводной рыбы, к мышьяку — за счет семги и трески. 6. Дополнительный вклад в экспозицию населения к металлам за счет питьевой воды ничтожно мал по ртути, кадмию, свинцу и меди, слабо выражен по мышьяку и существенен по никелю (23%). 7. Суммарные индивидуальные пожизненные неканцерогенные риски (при экспозиции к металлам, содержащимся в местной пище и питьевой воде) по меди и свинцу близки к нулю, по кадмию 0,22, по ртути 0,39, по никелю 0,81, по мышьяку 1,62. Высокий суммарный риск по совокупности металлов для совокупности пищевых продуктов и воды (3,1) обусловлен в основном никелем в грибах (особенно в груздях) и воде, кадмием в грибах, ртутью в рыбе, мышьяком в рыбе (особенно в семге и треске) и грибах. 8. Суммарные индивидуальные пожизненные канцерогенные риски (при экспозиции к металлам, содержащимся в местной пище и питьевой воде) по свинцу минимальны (ниже 10^{-6}), по кадмию допустимы (ниже 10^{-5}), по мышьяку «средние» (ниже 10^{-3}), по никелю достигают высоких величин, особенно для грибов, диких ягод и питьевой воды. Суммарный канцерогенный риск по совокупности металлов для совокупности пищевых продуктов и воды очень высок и составляет $1,25 \times 10^{-2}$. 9. Выявленные повышенные уровни среднесуточных поступлений металлов в организм, неканцерогенных и канцерогенных рисков здоровью населения Печенгского района Мурманской области при экспозиции к металлам, содержащимся в местной пище и питьевой воде, потребуют разработки рекомендаций по сокращению/исключению потребления населением некоторых местных продуктов питания и мер по очистке от никеля питьевой воды или использования для питьевых нужд иных источников чистой воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES pp. 4–15)

1. Дударев А.А., Душкина Е.В., Чупахин В.С. и др. // Мед. труда и пром. эколог. — 2015. — №2. — С. 35–40.
2. Душкина Е.В., Дударев А.А., Сладкова Ю.Н. и др. // Мед. труда и пром. эколог. — 2015. — №2. — С. 29–34.
3. Руководство Р 2.1.10.1920–04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических

веществ, загрязняющих окружающую среду. Human health risk assessment from environmental chemicals. 2004.

REFERENCES

1. Dudarev A.A., Dushkina E.V., Chupakhin V.S., et al. // *Industr. med.* — 2015. — 2. — P. 35–40 (in Russian).
2. Dushkina E.V., Dudarev A.A., Sladkova Yu.N., et al. // *Industr. med.* — 2015. — 2. — P. 29–34 (in Russian).
3. R 2.1.10.1920–04. Manual on evaluation of public health risk from chemical pollutants (Human health risk assessment from environmental chemicals), 2004 (in Russian).
4. Environment Agency, 2009. Contaminants in soil: updated collation of toxicological data and intake values for humans. Nickel. Science Report SC050021/SR TOX8. — Bristol: Environment Agency, 2009.
5. IARC–2012. Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100 C. A review of human carcinogens. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. International Agency for Research on Cancer. — Lyon, France, 2012.
6. ОЕННА, 2015. Risk Assessment Guidelines. Guidance Manual for Preparation of Health Risk Assessments. Air, Community, and Environmental Research Branch Office of Environmental Health Hazard Assessment California Environmental Protection Agency. February 2015. Available online at <http://www.oehha.ca.gov>.
7. US EPA, 2000. Risk-Based Concentration Table. — Philadelphia PA: United States Environmental Protection Agency, Washington DC; 2000.
8. US EPA, 2011. US Environmental Protection Agency regional screening level (RSL) summary table. — Washington, DC, 2011.
9. US EPA IRIS. Arsenic, inorganic. Reference Dose for Chronic Oral Exposure (RfD). US Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System. Available online at <http://www.epa.gov/iris/subst/0278.htm>.
10. Usero J., Gonzalez-Regalado E., Gracia I. // *J. Environ. Int.* — 1997. — №23 (3). — p. 291–298.
11. WHO/SDE/WSH/05.08/55. Nickel in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines

for Drinking-water Quality. World Health Organization, 2005.

12. WHO TRS 683-JECFA 26. Evaluation of certain food additives and contaminants. 26th Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. Technical Report Series 683 (Cu, Zn). — Geneva, 1982.
13. WHO TRS 896-JECFA 53. Evaluation of certain food additives and contaminants. 53rd Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. Technical Report Series 896 (Pb). — Geneva, 1999.
14. WHO TRS 959-JECFA 72. Evaluation of certain food additives and contaminants. 72 Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. Technical Report Series 959 (Hg). — Geneva, 2011.
15. WHO TRS 983-JECFA 77. Evaluation of certain food additives and contaminants. 77th Report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. World Health Organization. Technical Report Series 983 (Cd). — Rome, 2013.

Поступила 30.09.2015

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Дударев Алексей Анатольевич (Dudarev A.A.);
рук. отд. гиг. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», д-р мед, наук. E-mail: alexey.d@inbox.ru.
- Душкина Евгения Валерьевна (Dushkina E.V.);
асп. отд. гиг. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». E-mail: dushka9005@mail.ru.
- Сладкова Юлия Николаевна (Sladkova Yu.N.);
науч. сотр. отд. гиг. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». E-mail: sladkova.julia@mail.ru.
- Чупахин Валерий Сергеевич (Chupakhin V.S.);
мл. науч. сотр. отд. гиг. ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья». E-mail: valeriy.chupakhin@gmail.com.
- Лукичева Лена Александровна (Lukichova L.A.);
рук. Управл. Фед. сл. по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области, канд. мед. наук. E-mail: adm@murmanpotrebnadzor.ru.

УДК 616–057: 616–082

О.Г. Хоружая¹, Ю.Ю. Горблянский¹, Т.Е. Пиктушанская²

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ РАБОТНИКОВ

¹ ГБОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет» Минздрава России, пер. Нахичеванский, 29, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344022

² ГБУ РО «Лечебно-реабилитационный центр № 2», пер. Дубинина, 4, г. Шахты, Ростовская область, Россия, 346510

Проанализированы результаты периодических медицинских осмотров (ПМО) работников машиностроительного предприятия и рассмотрены факторы, определяющие их качество. Предложены критерии оценки качества ПМО и проведена их апробация с анализом дефектов ведения медицинской документации. С помощью диаграммы Парето