

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 613.2:613.27:(613.26+613.28)
DOI 10.23648/UMBJ.2018.29.11365

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ ПИТАНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ПИЩЕВЫМИ РЕСУРСАМИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.П. Андреев, А.И. Андриянов, Ж.В. Плахотская

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»
Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: vpandreev@mail.ru

Цель работы – оценка риска использования в пищу растительных и животных объектов субарктики в природных местообитаниях.

Материалы и методы. Маркер риска – содержание тяжелых металлов (ТМ) в сырой биомассе растений и моллюсков. Анализ осуществляли на атомном спектрометре МГА-915М (Россия). Обследовали 8 видов высших растений, 5 – водорослей, 4 – грибов, 3 – лишайника и 1 – мидий.

Результаты. Высоких концентраций по большинству ТМ в пищевых объектах контрольного полигона не установлено. Небольшое превышение предельно допустимого уровня содержания кадмия отмечено в некоторых образцах грибов и одной пробе ягод морошки. Соотношения между ТМ в плодах высших растений и лишайниках оказались близки. Абсолютные значения концентраций ТМ существенно разнятся в различных местообитаниях и у разных видов.

Заключение. Чтобы уменьшить риск поступления в организм ТМ, при автономном существовании в металлогенетических районах рекомендовано использовать в пищу по возможности разнообразные объекты и избегать монофагии.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, автономное существование, минерализованные образцы, грибы, водоросли, лишайники, высшие растения.*

Введение. В результате аварии водного или воздушного судна люди могут оказаться в условиях автономного существования, когда их потребности в пище будут удовлетворяться лишь за счет природных растительных и животных объектов. Вероятность и длительность автономного существования выше на наименее заселенных участках суши, например в береговой зоне северных морей в связи с эксплуатацией Северного морского пути [1].

Использование природных источников пищи обычно сопряжено с несколькими вариантами риска. К их числу можно отнести паразитов, опасных для человека, которыми заражен растительный и животный материал; ядовитые вещества, свойственные самим рас-

тениям или животным; токсиканты, аккумулируемые из окружающей среды; биоэлементы, поглощаемые в составе пищи в количествах, превышающих безопасную суточную норму потребления (МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»). Первые два фактора представляются менее опасными относительно остальных, поскольку профилактика гельминтозов обеспечивается достаточной тепловой обработкой пищевого материала, а отравления можно избежать, если не использовать для целей питания незнакомые природные объекты. Что касается поглощаемых из окружающей среды элементов, то измерение их содержания в условиях автоном-

ного существования невозможно, а следовательно, нельзя оценить величину риска употребления в пищу даже традиционных и хорошо известных дикорастущих растений и свободноживущих животных. Между тем в реках, впадающих в северные моря, отмечены концентрации тяжелых металлов (ТМ), многократно превышающие предельно допустимые (ПДК) для природных вод [2]. При этом дело не только в том, что за последние 200 лет суммарная промышленная эмиссия ТМ на планете достигла колоссальных размеров. В арктической зоне и прилегающих к ней областях (полуострова Скандинавский, Кольский, Таймыр) располагаются зоны неотектонических разломов, являющиеся естественными источниками поступления ТМ в природные воды [3].

Цель исследования. Дать оценку актуальности риска использования в пищу растительных и животных объектов субарктического региона непосредственно в их природных местообитаниях.

Материалы и методы. Для достижения указанной цели было необходимо выбрать контрольный полигон, по относительной удаленности от очагов активной промышленной деятельности и крупных населенных пунктов соответствующий условиям районов вероятного автономного существования и при этом располагающийся в относительной близости к областям залегания полиметаллических руд; собрать образцы и провести исследование содержания ТМ в наиболее распространенных в арктической зоне грибах, водорослях, беспозвоночных животных, лишайниках и в плодах высших растений, используемых в качестве пищи местным населением; сопоставить результаты измерений с данными руководящих документов, регламентирующих уровни безопасного содержания в пищевом материале ТМ и величины допустимых уровней поступления биоэлементов в организм человека.

Район исследования. В качестве контрольного полигона выбрано побережье и прибрежье губы Чупа Кандалакшского залива Белого моря, на сопредельных территориях которой на данный момент нет крупных промышленных предприятий. В настоящее

время на содержание ТМ в местных растениях и животных может оказывать влияние лишь воздушный перенос соответствующих наночастиц от отдаленных промышленных объектов. Однако по результатам элементного анализа снежного покрова берег Кандалакшского залива в районе работ относят к зоне низкого атмосферного загрязнения ТМ [4]. Между тем в придонных водах района, примыкающего к губе Чупа, в связи с металлогенетической спецификацией региона отмечены повышенные концентрации ряда ТМ [5, 6]. Учитывая наличие в заливе устойчивых циркуляционных течений и близость контрольного полигона, предполагаем возможным занос обогащенных металлами вод на его акваторию.

Объекты исследования. Объектами исследования служили как широко известные и традиционно используемые в пищу растения, грибы и беспозвоночные животные, так и не традиционные, но рекомендуемые к употреблению руководствами по выживанию в арктической зоне водоросли и лишайники [1, 7]:

1. Высшие растения:

- 1.1. Брусника обыкновенная – *Vaccinium vitis-idaea* L. Растет в лесотундре и тундре, среди кустарников, по периметрам торфяных сфагновых болот.
- 1.2. Водяника черная – *Empetrum nigrum* L. В тундровую зону проникает преимущественно в европейской части своего распространения. Известна также в среднем и северном течении реки Анадырь и на южном побережье Анадырского лимана.
- 1.3. Голубика обыкновенная – *Vaccinium uliginosum* L. В арктических районах присутствует циркумполярно. Растет в Исландии и на юге Гренландии. Обычна в южных, реже – северных арктических тундрах, в т.ч. на островах Врангеля, где отмечена в центральной котловине, на Аксель-Хайберге и Элсмире.
- 1.4. Дерен шведский – *Cornus suecica* L. Ареал состоит из двух обособленных частей – приатлантической и притихоокеанской, включающей побережья и острова.
- 1.5. Клюква болотная – *Vaccinium oxycoccos* L. Произрастает повсеместно в тундровой зоне по всей России.

- 1.6. Морошка – *Rubus chamaemorus* L. Распространена по всему северу Евразии и Северной Америки, за исключением островной Канады. Обычна в южной Гренландии. Из островов Российской Арктики произрастает на Новой Земле, островах Вайгач и Колгуев.
 - 1.7. Триостренник приморский – *Triglochin maritimum* L. Распространен по берегам Белого и Баренцева морей. Есть на Таймыре.
 - 1.8. Черника обыкновенная – *Vaccinium myrtillus* L. Встречается в лесотундре и в южных частях кустарничковой тундры.
2. Водоросли:
- 2.1. Пельвеция желобчатая – *Pelvetia canaliculata* L. По берегам атлантического бассейна от Белого и Баренцева морей до севера Португалии.
 - 2.2. Сахарина распространенная – *Saccharina latissima* (L.) S.E. Lane. Обычна в Белом, Баренцевом и Чукотском морях, в прибрежьях Шпицбергена, Гренландии и у арктических берегов Америки. Встречается в полосе от западной части моря Лаптевых и Биффиновой Земли на севере до севера Португалии и штата Массачусетс на юге.
 - 2.3. Фукус зубчатый – *Fucus serratus* L. Распространен от Новой Земли до севера Португалии, у берегов Северной Америки в районе залива Святого Лаврентия. Ареал вида включает Белое и Баренцево моря, Шпицберген, Гренландию.
 - 2.4. Фукус пузырчатый – *Fucus vesiculosus* L. Обычен от Карского моря через Белое, Баренцево, включая Шпицберген, Гренландию.
 - 2.5. Хорда нитевидная – *Chorda filum* L. Распространена у берегов арктических морей Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов.
3. Грибы и лишайники:
- 3.1. Березовик обыкновенный – *Leccinum scabrum* L. За пределами умеренной зоны распространен в тундрах Арктики Старого и Нового Света.
 - 3.2. Бриория Фремонта – *Bryoria fremontii* (Tuck.) Brodo et D. Hawksw – лишайник, произрастающий на ветвях хвойных и лиственных деревьев. Распространен на территориях всех континентов, расположенных в северном полушарии. На севере России произрастает в Карелии, на Кольском полуострове, Камчатке и острове Сахалин.
 - 3.3. Кладония оленья – *Cladonia rangiferina* (L) Web. – лишайник, широко распространенный в северных и умеренных областях России, в светлохвойной тайге и тундрах.
 - 3.4. Масленок желтый – *Suillus luteus*. В северных районах встречается в лесотундрах, в пределах распространения двухвойных сосен.
 - 3.5. Моховик зеленый – *Xerocomus subtomentosus* – голарктический вид, известный в пределах распространения хвойных и лиственных древесных пород, с которыми образует микоризу.
 - 3.6. Осиновик красный – *Leccinum aurantiacus* L. В северных районах вместе с березовиком является одним из самых распространенных грибов.
 - 3.7. Цетрария исландская – *Cetraria islandica* (L.) Ach. – лишайник, распространенный в сосновых лесах, вересковых пустошах, вблизи болот, в тундрах и лесотундрах Евразии и Северной Америки.
4. Беспозвоночные:
- 4.1. Мидия съедобная – *Mytilus edulis* (Linnaeus) – двустворчатый моллюск, широко распространенный в прибрежьях арктических морей Атлантического и Тихого океанов.
- Методы исследования.* Отбор проб водорослей осуществляли с учетом приливно-отливных явлений, при низком стоянии воды. Для аналитического усреднения выборок крупные слоевища делили на участки верхней, средней и нижней части, которые использовали для анализа. Собранный материал промывали пресной водой, обсушивали обеззоленной фильтровальной бумагой, взвешивали на аналитических весах с точностью до 1 мг, выдерживали в сушильном шкафу при 60 °С в течение суток и помещали в эксикатор с осушителем. Перед проведением элементного анализа каждый образец высушивали при 80 °С до постоянного веса и опреде-

ляли его сухую массу с точностью до 1 мг. Образцы известной массы индивидуально минерализовали с помощью СВЧ-минерализатора МС-6 («Вольта», Россия). Анализ осуществляли на атомном спектрометре МГА-915М («Люмэкс», Россия). Содержание всех элементов определяли в параллельных измерениях одних и тех же минерализованных образцов. Содержание ТМ в плодах высших растений, грибах, лишайниках и мидиях определяли в усредненных пробах. Поскольку водоросли являются низшими растениями, для слоевищ которых характерна значительная функциональная и структурная однородность, в отношении этих объектов имела возможность провести элементный анализ, не прибегая к приготовлению усредненных проб. В результате сбора фрагментов слоевищ разных растений на различных участках акватории были сформированы случайные выборки, сгруппированные как по местам сбора образцов, так и по видовой принадлежности. Это позволило оценить различия в содержании ТМ между видами водорослей, пользуясь параметрическими методами анализа.

Результаты измерений образцов обрабатывали с помощью пакета прикладных программ Statistica for Windows 7. В ходе статистической обработки вычисляли нормированные эксцесс и асимметрию, средние значения и величины доверительных интервалов ($\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$ для уровня значимости $p=0,05$).

Нормируемые гигиенические показатели по ТМ (табл. 1) сопоставляли с требованиями, изложенными в СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», с учетом дополнений и изменений № 2 по СанПиН 2.3.2.1280-03. Гигиенические показатели по эссенциальным элементам нормировали в соответствии с МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации». Исходили из того, что для морских гидробионтов установлены величины предельно допустимого уровня (ПДУ) ТМ, определяющие верхний предел их содержания в животном и растительном сырье (СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»; СанПиН 2.3.2.1280-03 «Дополнения и изменения № 2 к СанПиН 2.3.2.1078-01»). Поскольку некоторые элементы жизненно необходимы для осуществления ряда физиологических процессов в организме человека, термин ПДУ к ним не применяется. Однако в отношении этих элементов установлены предельные уровни поступления (МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»), превышение которых может приводить к накоплению в организме соответствующих ТМ.

Таблица 1

Нормируемые гигиенические показатели по тяжелым металлам

ТМ	Среднее потребление, мг/сут	Установленные уровни потребления, мг/сут	Верхний допустимый уровень (ВДУ), мг/сут	Физиологическая потребность для взрослых, мг/сут	Предельно допустимый уровень содержания в пищевом сырье, мг/кг, не более			
					моллюски	водоросли	грибы	ягоды
Mn	1–10	2–5	5	2	-	-	-	-
Zn	7,5–17,0	9,5–15,0	25	12	-	-	-	-
Cu	0,9–2,3	0,9–3,0	5	1	-	-	-	-
Pb	-	-	-	-	10,0	0,5	0,5	0,4
Cd	-	-	-	-	2,0	1,0	0,1	0,03

Примечание. Прочерк – для данного элемента показатель не нормируется.

Результаты и обсуждение. В плодах большинства изученных высших растений в наибольших количествах присутствует марганец, в наименьших – кадмий (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в сырой биомассе плодов высших растений, мкг/г

ТМ	Плоды дикорастущих растений, с указанием места сбора										
	Брусника	Водяника		Голубика		Дерен шведский	Клюква	Морошка		Черника	
	в районе Старушечьих озер	берег озера Кривого	в районе Старушечьих озер	2 км на северо-запад от мыса Картеш	в районе Старушечьих озер	берег бухты Левой	2 км на северо-запад от мыса Картеш	берег озера Кривого	в районе Старушечьих озер	берег озера Кривого	в районе Старушечьих озер
Zn	0,9690	0,7860	0,6908	2,4014	2,9730	2,1789	1,1168	6,7513	4,3028	6,4700	1,5048
Cu	0,51453	0,4730	0,5491	0,0366	0,0464	0,1210	0,3979	0,0754	0,6183	0,6460	0,5740
Pb	0,0937	<0,02	<0,02	0,0220	0,0440	0,3895	<0,05	0,3526	0,1950	<0,05	<0,05
Cd	<0,01	0,0022	0,0010	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,0206	0,0638	<0,01	<0,01
Mn	26,9560	12,2802	4,5807	5,1979	5,5044	0,7274	48,4433	7,3045	28,8090	67,1669	22,7184

Остальные элементы занимают промежуточные позиции с устойчивым распределением мест и образуют следующий ряд убывания концентраций: Mn>Zn>Cu>Pb>Cd. Исключение составляет дерен шведский, для которого характерно следующее распределение: Zn>Mn>Pb>Cu>Cd. Наибольшие величины концентрации кадмия отмечены в плодах морошки, где в одном из образцов содержание кадмия в 2 раза превысило ПДУ. Превышений ПДУ по свинцу ни у одного из растений отмечен не был. Учитывая эффект дозы, а также принимая во внимание значительные концентрации марганца и цинка во всех образцах, предполагаем, что именно по присутствию этих двух элементов должна оцениваться безопасная ежедневная норма потребления в пищу ягод.

У всех изученных грибов устойчивое положение в рядах убывания занимают лишь те элементы, содержание которых в плодовых телах наиболее велико: Cu>Mn>Cd. При этом в большинстве образцов отмечено превыше-

ние ПДК кадмия. Цинк и свинец занимают 4-е и 5-е места в зависимости от видовой принадлежности гриба (табл. 3). Существенно иное распределение – у лишайников, где вне зависимости от видовой принадлежности обнаружена одна и та же устойчивая последовательность: Mn>Zn>Cu>Pb>Cd. Таким образом, ряды убывания ТМ для лишайников и плодов высших растений совпадают.

В отличие от растительных объектов мидии содержат в наибольших количествах цинк. Показатели содержания меди также относительно высоки. Марганец, преобладающий в составе высших растений, лишайников и водорослей, у мидий расположился на предпоследнем месте ряда убывания концентраций: Zn>Cu>Pb>Mn>Cd. По результатам измерения содержания марганца, меди и цинка в усредненной пробе и с учетом нормируемых гигиенических показателей сделан расчет максимальной массы мидий, допустимой к ежедневному употреблению в пищу (табл. 4).

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в сырой биомассе грибов и лишайников, мкг/г

ТМ	Группа организмов									
	Грибы						Лишайники			
	Моховик		Масленок	Осиновик			Березовик	Кладония оленья	Цетрария исландская	Бриория Фремонга
	1	2		1	2	3				
Zn	0,0431	0,0413	0,0373	0,0198	0,0282	0,0351	0,0284	5,6781	5,1757	0,5391
Cu	1,1966	1,5382	0,9007	1,0822	2,6665	7,8683	2,1963	1,7437	1,6208	0,1871
Pb	0,0434	0,0149	0,0236	0,0456	0,0085	0,0179	0,0724	0,0874	0,1985	0,0412
Cd	0,1097	0,1129	0,0434	0,0707	0,2496	0,4598	0,1424	0,0436	0,0326	0,0117
Mn	1,1254	1,0005	0,3986	0,5411	0,7275	0,9966	0,7513	24,6812	20,6000	1,9059

Таблица 4

Показатели содержания элементов в сырой массе *Mitilus edulus* и расчет допустимой массы мягких тканей моллюсков при ежедневном употреблении в пищу

Показатель	Pb	Cd	Mn	Zn	Cu
Содержание элемента, мг/кг	0,7789	0,0932	0,478	10,400	1,280
Сырая масса мидий, соответствующая ВДУ, кг	-	-	10,5	2,4	3,9

Примечание. Прочерк – для данного элемента показатель ВДУ не установлен.

Соотношения между элементами в водорослях оказались видоспецифичными (табл. 5). Общим является лишь высокое содержание марганца. При этом только у *Ch. filum* ряд убывания совпал с таковым у пред-

ставителей наземной растительности. Видовые особенности отмечены в соотношениях между медью, свинцом и кадмием. Превышения ПДУ по ТМ у водорослей не отмечено.

Таблица 5

Ряды убывания элементов изученных водорослей

Вид водорослей	Элементы в порядке убывания их содержания
<i>F. vesiculosus</i>	Mn>Zn>Cu>Cd>Pb
<i>F. serratus</i>	Mn>Cd>Cu
<i>P. canaliculata</i>	Mn>Cu>Pb и Mn>Cd>Pb
<i>Ch. filum</i>	Mn>Cu>Pb>Cd
<i>S. latissima</i>	Mn>Cd>Cu>Pb

Сравнительный анализ элементного состава водорослей показал, что максимальное содержание в сырой биомассе марганца характерно для образцов *F. vesiculosus*, собранных в губе Медвежья (табл. 6). В любом из остальных растений этот элемент присутствует в существенно меньших количествах. Так, в *F. serratus*, отобранном в бухте Летняя и губе Медвежья, содержание марганца соответственно в 5,5 и 19 раз ниже, чем у родственного вида. Установлено, что у мыса Кар-

теш содержание Mn в *Ch. filum* выше, чем в *S. latissima*, а в бухте Левая – ниже, чем у *P. canaliculata* и *T. maritimum*. В целом анализ содержания элементов в растительных образцах позволил наметить 13 пар сравнения. В 11 случаях различия между видами по содержанию марганца оказались статистически значимы и лишь в парах *F. serratus* – *P. canaliculata* и *P. canaliculata* – *T. Maritimum* значимость различий не показана.

Таблица 6

**Содержание элементов
в условно съедобных объектах береговой зоны, $\bar{x} \pm \Delta\bar{x}$, мкг/г**

Видовое название	Станция	Марганец	Свинец	Медь	Кадмий	Цинк
<i>Fucus vesiculosus</i>	Поселок Чупа	17,364±3,474	0,020±0,006	0,447±0,167	0,211±0,049	0,518±0,097
	Губа Медвежья	37,132±7,505	0,023±0,003	0,250±0,039	0,186±0,035	0,588±0,118
	Мыс Картеш	15,696±6,070	0,024±0,008	0,572±0,194	0,132±0,036	0,493±0,129
	Бухта Левая	16,642±3,340	0,024±0,004	0,261±0,054	0,180±0,029	0,445±0,064
	Бухта Летняя	14,100±4,627	0,024±0,008	0,278±0,107	0,212±0,066	0,677±0,119
<i>Fucus serratus</i>	Губа Медвежья	1,957±1,034	0,367±0,064	0,059±0,017	0,367±0,064	-
	Бухта Летняя	2,585±0,447	0,351±0,055	0,038±0,009	0,351±0,055	-
<i>Pelvetia canaliculata</i>	Губа Медвежья	1,245±0,194	0,014±0,006	0,064±0,012	0,135±0,053	-
	Бухта Левая	1,149±0,266	0,015±0,005	0,125±0,038	0,071±0,024	-
<i>Chorda filum</i>	Мыс Картеш	1,5±0,319	0,068±0,032	0,271±0,098	0,022±0,008	-
	Бухта Левая	0,525±0,105	0,048±0,015	0,149±0,076	0,018±0,008	-
<i>Saccharina latissima</i>	Мыс Картеш	0,818±0,198	0,0092±0,0019	0,0230±0,0066	0,078±0,028	-
<i>Triglochin maritimum</i>	Бухта Круглая	1,256±0,642	0,208±0,101	0,205±0,124	0,0079±0,0042	-
	Бухта Левая	1,601±0,786	0,108±0,031	0,129±0,042	0,0045±0,0015	-

Примечание. Прочерк – отсутствие данных.

Превышения ПДУ по свинцу (10,0 мкг/г) для водорослей как нерыбных объектов морского промысла ни у одного из изученных видов отмечено не было. Максимальное содержание элемента в расчете на сырую массу было обнаружено в бухте Круглая в листьях *T. maritimum*. У этого же растения в бухте Левая показатель содержания Pb был в 2 раза ниже. В *Ch. filum* данный элемент присутствует в количествах меньших, чем в высшем растении. *F. vesiculosus* содержит Pb несколько меньше, чем *Ch. filum*.

Максимальное содержание меди в расчете на сырую массу было обнаружено у *F. vesiculosus* (0,264–0,572 мкг/мг). Несколько меньше этого элемента у *Ch. filum* (0,149–0,271) и *P. canaliculata* (0,064–0,125). Таким образом, в каждом из мест сбора содержание элемента в *F. vesiculosus* достоверно выше, чем у остальных видов. Значимых различий между *P. canaliculata*, *Ch. filum* и *T. maritimum* не выявлено. Минимальные значения содержания меди характерны для *F. serratus* (0,038–0,059 мкг/мг) и *S. latissima* (0,023 мкг/мг). При этом различия в данной паре видов статистически значимы.

Максимальное содержание кадмия в сырой биомассе зарегистрировано в *F. serratus* (0,350–0,367 мкг/г). Второе и третье места по этому показателю также занимают представители семейства *Fucaceae* – *F. Vesiculosus* (0,132–0,212 мкг/г) и *P. canaliculata* (0,071–0,135 мкг/г). Меньше всего кадмия в листьях *T. maritimum* (0,005–0,008 мкг/г). Ламинариевые – *Ch. filum* и *S. latissima* – содержат элемент в количествах бóльших, чем у высших растений, но меньших, чем у любого из представителей фукусовых: 0,018–0,022 и 0,078 мкг/г соответственно. Можно констатировать, что превышения ПДУ по кадмию (2 мкг/г) ни у одного из изученных видов водорослей зарегистрировано не было.

Оценить однородность распределения ТМ на разных участках акватории позволяют данные, полученные на *F. vesiculosus*, так как именно этот вид имеет наибольшее распространение в губе Чупа. Особенностью распределения марганца у этой водоросли является его высокое содержание именно в губе Медвежья. Здесь он присутствовал в количе-

ствах в 2 раза больших, чем в любом из других мест отбора проб. Статистически значимых различий в содержании Mn в *F. Vesiculosus* между остальными местами сбора выявлено не было. Еще более однородны показатели содержания свинца. Статистически значимых различий в содержании свинца у *F. vesiculosus* не обнаружено по всем пунктам сбора. Медь в наибольших количествах в сырой массе *F. vesiculosus* содержалась у мыса Картеш (0,57 мкг/г). Близкая концентрация была отмечена у причала поселка Чупа (0,45 мкг/г). В остальных пунктах сбора элемент присутствовал примерно в равных количествах (0,25–0,28 мкг/г на сырую массу) и его было достоверно меньше, чем у мыса Картеш. Вычисление содержания кадмия на сырую массу не позволило выявить статистически значимых различий между местами сбора. Установлено, что ПДУ (2 мкг/г) не достигнут ни на одном из пунктов. Вычисление содержания цинка в сырой биомассе *F. vesiculosus* не выявило статистически значимых различий по местам сбора водорослей. Наиболее близкие средние значения получены в губе Медвежья, где показатель содержания составил 0,59 мкг/г, и в бухте Летняя – 0,58 мкг/г. Таким образом, ТМ в *F. Vesiculosus* по местам сбора распределены достаточно однородно, с небольшими флуктуациями по меди (м. Картеш, п. Чупа) и двукратным превышением общего фона по марганцу в губе Медвежья.

Заключение. Исходя из приведенных результатов можно констатировать, что значительного превышения содержания ТМ в пищевых объектах контрольного полигона, которым являлись побережье и прибрежье губы Чупа, не установлено. Определенная опасность при использовании в пищу природных объектов беломорского побережья может быть связана с присутствием в них кадмия. При этом именно болетовые грибы являются наиболее эффективными накопителями данного элемента. В плодах высших растений кадмий содержится в существенно меньших количествах, а превышение ПДУ зарегистрировано лишь в одной из 10 усредненных проб. В водорослях семейства *Fucaceae* содержание кадмия находится на том же уров-

не, что и в грибах, однако величина ПДУ по кадмию для фикобионтов установлена на порядок выше. Существенно ниже концентрация кадмия в *Ch. filum* и *S. latissima*, ламинариевых водорослях сублиторали. Элементы, обладающие эссенциальными свойствами (Mn, Zn и Cu), распределены по пищевым объектам весьма неравномерно. Марганца и меди особенно много в некоторых ягодах и фукусовых водорослях, что не позволяет рекомендовать данные виды пищи к употреблению в больших количествах. Напротив, со-

держание цинка ни в одном из объектов не достигает величин, ограничивающих потребление пищи.

Таким образом, при автономном существовании в условиях металлогенетических провинций и питании местными растительными объектами необходимо избегать монофагии и использовать в пищу по возможности разнообразные объекты. Это позволит если не избежать полностью, то во всяком случае уменьшить риск превышения дозы поступающих в организм ТМ.

Литература

1. Андреев В.П., ред. Медико-биологическое обеспечение выживания военнослужащих при автономном существовании на территории Российской Федерации: руководство. СПб.: ВМедА; 2016. 264.
2. Savinov V., Savinova T., Dahle S. Contaminants. In: Berger V., Dahle S., ed. White Sea. Ecology and Environment. St. Petersburg: Tromso; 2001: 123–137.
3. О состоянии среды прибрежно-шельфовых зон Баренцева, Белого и Балтийского морей в 2013 г.: информационный бюллетень. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ; 2014. 136.
4. Красовская Т.М., Тикунов В.С. Оценка перспектив размещения сети фоновый мониторинга в Заполярье. География и природные ресурсы. 1992; 5: 37–41.
5. Христофорова Н.К. Тяжелые металлы в водах Онежского и Кандалакшского заливов: мидийный контроль: проблемы изучения, рационального использования и охраны биологических ресурсов Белого моря. СПб.; 1995: 154–162.
6. Millward G.E. Metals in sediments and mussels of the Chupa estuary (White Sea, Russia). Estuarine coastal and shelf Sciences. 1999; 48: 13–25.
7. Андреев В.П., Андриянов А.И. Пищевые ресурсы береговой зоны Северных морей: монография. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена; 2014. 127.

SAFETY OF MILITARY MEN NUTRITION WITH FOOD RESOURCES OF THE ARCTIC ZONE (RUSSIAN FEDERATION)

V.P. Andreev, A.I. Andriyanov, Zh.V. Plakhotskaya

S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation, St. Petersburg, Russia

e-mail: vpandreev@mail.ru

The goal of the paper is to assess the risk of eating subarctic plants and animals in their natural habitats. Materials and Methods. The content of heavy metals (HMs) in the raw biomass of plants and mollusks was considered to be the risk marker. The analysis was performed using the atomic absorption spectrometer MGA-915M (Russia). The authors examined 8 species of higher plants, 5 species of algae, 4 species of fungi, 3 species of lichen and 1 species of mussel.

Results. The authors did not discover high concentrations of HMs in the food items of the examined area. A small excess of the maximum permissible limit of cadmium was noted in some fungi samples and one sample of cloudberries. The correlation between HMs in the fruits of higher plants and lichens was nearly the same. Absolute values of HM concentrations vary significantly in different habitats and among different species.

Conclusion. To reduce the risk of HM intake in case of autonomous existence in the metallogenic areas it is recommended to eat various food items when possible and to avoid monophagy.

Keywords: heavy metals, autonomous existence, mineralized samples, fungi, lichen, higher plants.

References

1. Andreev V.P. *Mediko-biologicheskoe obespechenie vyzhivaniya voennosluzhashchikh pri avtonomnom sushchestvovanii na territorii Rossiyskoy Federatsii: rukovodstvo* [Medical and biological support for the survival of military men in case of autonomous existence on the territory of the Russian Federation: manual]. St. Petersburg: VMedA; 2016. 264 (in Russian).
2. Savinov V., Savinova T., Dahle S. Contaminants. In: Berger V., Dahle S., ed. *White Sea. Ecology and Environment*. St. Petersburg: Tromso; 2001: 123–137.
3. *O sostoyanii sredy pribrezhno-shelfovykh zon Barentseva, Belogo i Baltiyskogo morey v 2013 godu: informatsionnyy byulleten'* [The environmental state of coastal-shelf zones of the Barents Sea, the White Sea and the Baltic Sea in 2013: information bulletin]. St. Petersburg: Kartograficheskaya fabrika VSE-GEI; 2014. 136 (in Russian).
4. Krasovskaya T.M., Tikunov V.S. Otsenka perspektiv razmeshcheniya seti fonovogo monitoringa v Zapolyar'e [Prospects for placing a network of baseline monitoring in the Arctic region]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 1992; 5: 37–41 (in Russian).
5. Khristoforova N.K. *Tyazhelye metally v vodakh Onezhskogo i Kandalakshskogo zalivov: midinyy kontrol': problemy izucheniya, ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany biologicheskikh resursov Belogo moray* [Heavy metals in the waters of the Onega Bay and the Kandalaksha Gulf: mussel control: problems of studying, rational use and protection of the White Sea biological resources]. St. Petersburg; 1995: 154–162 (in Russian).
6. Millward G.E. Metals in sediments and mussels of the Chupa estuary (White Sea, Russia). *Estuarine coastal and shelf Sciences*. 1999; 48: 13–25.
7. Andreev V.P., Andriyanov A.I. *Pishchevye resursy beregovoy zony Severnykh morey: monografiya* [Food resources of the northern seas coastal zones: monograph]. St. Petersburg: Izd-vo RGPU im. A.I. Gertsena; 2014. 127 (in Russian).