

УДК 637.054

*Т.А. Рождественская, канд. биол. наук, с.н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, E-mail: puzanov@iwep.asu.ru,  
О.А. Ельчинова, дир. ГАФ ИВЭП СО РАН, с.Кызыл-Озек, Республика Алтай, E-mail: puzanov@iwep.asu.ru,  
А.В. Пузанов, д-р биол. наук, проф., зам. дир. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, E-mail: puzanov@iwep.asu.ru*

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА ГОРНОГО АЛТАЯ

Исследовано содержание тяжелых металлов и мышьяка в наиболее часто употребляемых собственных продуктах животноводства Горного Алтая. Превышение уровня ПДК отмечено только для кадмия в печени сарлыка.

*Ключевые слова:* пищевые продукты, тяжелые металлы, мышьяк, ПДК.

Проблема безопасности продовольствия всегда была актуальной, так как качество продуктов оказывает существенное влияние на здоровье и качество жизни населения [1-4]. Микроэлементы являются незаменимыми для живых организмов веществами, но в то же время в больших количествах они опасны для здоровья. Мигрируя по трофическим цепям, загрязнители могут накапливаться в их отдельных звеньях. Регулярное использование продуктов с высоким содержанием тяжелых металлов неизбежно приводит к нарушению работы многих систем организма (сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, выделительной и др.). Действие токсикантов проявляется в ингибировании, блокировании или активировании отдельных метаболических процессов в организме. Некоторые тяжелые металлы обладают мутагенными свойствами.

Для всех пищевых продуктов установлены предельно допустимые величины содержания свинца, ртути, кадмия и мышьяка (СанПиН 2.3.2.1078-01) [5]. В отличие от ранее существовавших требований (СанПиН 2.3.2.560-96), количество меди и цинка не нормируется.

Цель работы – изучение уровней содержания тяжелых металлов и мышьяка в наиболее часто употребляемых пищевых продуктах Горного Алтая, произведенных на его территории. Определение концентраций элементов выполнено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с атомизацией в пламени и в электротермическом атомизаторе, ртути – методом холодного пара.

**Медь** относится к элементам, необходимым для жизнедеятельности человека. Она входит в состав важных ферментов, участвующих в обменных реакциях. Дефицит меди отрицательно воздействует на кроветворение, синтез гормонов, психоэмоциональное состояние, может быть фактором риска для возникновения пороков сердца, диабета. Однако поступление Cu в больших количествах, особенно в сочетании с Zn и Pb, может привести к острым отравлениям. Хроническая интоксикация медью и ее солями может приводить к функциональным расстройствам нервной системы, печени и почек [1-4].

По данным [2], обычная концентрация меди в пищевых продуктах составляет 0,4-0,5 мг/кг. В большом количестве она содержится в мясе, печени, почках. Содержание элемента в говяжьей печени 12-182 мг/кг, почках – 10-39 мг/кг [6].

Из исследованных образцов (табл. 1, 2) отмечается довольно высокая концентрация Cu в печени овец. По степени накопления в субпродуктах содержание элемента увеличивается в следующем ряду: почка-легкое-печень.

Таблица 1

Тяжелые металлы и мышьяк в пищевых продуктах, мг/кг(л)							
Место отбора	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Hg	Cd
Сыр							
Караколь	2,9	44	0,40	-	-	0,0073	0,005
Черга	3,0	52	0,32	-	-	0,0024	0,008
Усть-Кан	6,3	45	0,32	-	-	0,0027	0,004
Усть-Кокса	2,9	52	0,68	-	-	0,0020	0,013
Турачак	6,3	55	0,32	-	-	0,0028	0,004
ПДК						0,03	0,2
Молоко							

Место отбора	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Hg	Cd
Горно-Алтайск	0,17	4,0	0,06	<0,002	<0,02		0,0002
Горно-Алтайск	0,16	2,2	0,03	<0,002	<0,02	-	0,0007
Майма	0,17	3,4	0,03	<0,002	<0,02	-	0,0002
Манжерок	0,15	2,7	0,04	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Манжерок	0,17	3,1	0,02	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Манжерок	0,16	3,8	0,04	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Камлак	0,24	4,0	0,04	0,012	<0,02	-	0,0006
Черга	0,24	3,2	0,04	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Черга	0,20	2,7	0,03	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Шебадино	0,14	3,2	0,03	<0,002	<0,02	-	0,0005
Арты-баш	0,20	3,3	0,05	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Кебезень	0,05	1,2	0,03	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Кебезень	0,40	2,3	0,09	0,006	<0,02	-	0,0006
Ускуч	0,16	2,7	0,06	<0,002	<0,02	-	0,0006
Чоя	0,20	2,1	0,08	<0,002	<0,02	-	0,0006
Чоя	0,27	3,2	0,06	0,005	<0,02	-	0,0005
Кызыл-Озек	0,19	2,9	0,05	0,002	<0,02	-	0,0002
Кызыл-Озек	0,20	3,0	0,04	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Кызыл-Озек	0,20	4,0	0,14	<0,002	<0,02	-	<0,0002
Горно-Алтайск	0,22	3,3	0,08	0,006	<0,02	-	0,0002
Майма	0,16	3,5	0,07	<0,002	<0,02	-	<0,0002
ПДК [5]				0,1	0,05		0,03
Пензенская область [6]				0,025	0,049		0,004
Мед							
Уст-Кумир	0,8	0,8	2,3	0,067	<0,05	<0,0008	0,0018
Кызыл-Озек	0,3	3,1	0,6	0,027	<0,05	<0,0008	0,0011
Хабаровка	0,4	1,1	0,8	<0,01	<0,05	<0,0008	<0,0003
Уст-Кумир	0,4	2,9	2,0	0,028	<0,05	<0,0008	0,0008
Черга	0,4	1,2	<0,2	0,037	<0,05	0,0011	0,0008
Паспаул	0,4	0,7	1,9	<0,01	<0,05	<0,0008	0,0014
Арты-баш	0,3	22,5	0,8	0,012	<0,05	<0,0008	0,0015
Усть-Кокса	0,3	0,8	<0,2	<0,01	<0,05	<0,0008	0,0010
ПДК [5]				1,0	0,5		0,05

Примечание. Прочерк – не определяли.

Таблица 2

Тяжелые металлы и мышьяк в субпродуктах и мясе животных, мг/кг									
№ точки	Материал	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Hg	Cd	
Овцы									
1	печень	71	24	2,3	0,266	<0,08	0,0086	0,040	

№ точки	Материал	Cu	Zn	Mn	Pb	As	Hg	Cd
	легкое	12	13	<0,3	0,103	<0,08	0,0024	0,002
2	печень	110	23	2,4	0,418	<0,08	0,0059	0,160
	легкое	12	12	0,4	0,152	<0,08	0,0025	0,001
	трахея	12	5	0,4	0,076	<0,08	0,0046	0,002
3	печень	89	19	2,0	0,369	<0,08	0,0015	0,124
	легкое	15	14	<0,3	0,084	<0,08	0,0032	0,002
	почка	9	12	1,1	0,038	<0,08	0,0067	0,291
4	печень	45	15	2,4	0,178	<0,08	0,0053	0,081
	легкое	13	11	<0,3	0,076	<0,08	0,0036	0,001
5	печень	319	25	2,8	0,046	<0,08	0,0063	0,095
	легкое	18	14	<0,3	0,030	<0,08	0,0036	0,001
	почка	13	14	1,1	0,102	<0,08	0,0015	0,119
6	печень	178	22	2,1	0,479	<0,08	0,0073	0,315
	легкое	17	9	<0,3	<0,03	<0,08	0,0026	0,004
	почка	14	14	1,1	0,068	<0,08	0,0026	0,780
Сарлык								
1	печень	37	30	3,8	0,255	<0,08	0,0057	0,785
	легкое	13	8	0,5	0,046	<0,08	0,0028	0,009
	трахея	9	7	0,4	0,095	<0,08	0,0024	0,002
	мясо	16	29	<0,3	0,122	<0,08	0,0026	0,003
Крупный рогатый скот								
1	мясо	8	40	<0,3	0,133	<0,08	0,0023	<0,001
ПДК в мясе [5]					0,5	0,1	0,03	0,05
ПДК в субпродуктах [5]					0,6 (1,0) *	1,0	0,1 (0,2)	0,3 (1,0)

\* в скобках – ПДК в почках.

**Цинк** относится к важнейшим микроэлементам. Он участвует в регуляции активности более чем 200 ферментных систем. Цинкдефицитные состояния обычно характеризуются наличием заболеваний кожи, аллергических заболеваний, снижением иммунитета. Нередко снижение содержания цинка в организме является следствием избыточного поступления в организм меди, кадмия, свинца, являющихся функциональными антагонистами цинка [1-4].

Хронические отравления элементом неизвестны. Между необходимым для организма и вызывающим токсическое действие количеством цинка – большой интервал [2].

Пищевые продукты обычно содержат цинк естественного происхождения в количестве от ультраследовых до 20 мг/кг. К продуктам с высоким содержанием цинка относятся молоко (1-5 мг/кг), сыр (до 25 мг/кг), говядина, ливер (до 100 мг/кг) [2].

В исследованных продуктах высокими концентрациями элемента (в сравнении с литературными данными) отличается сыр (табл. 1).

**Марганец** участвует в регуляции жирового и углеводного обмена, образовании костной и соединительной тканей, в регуляции обмена тироксина (гормона щитовидной железы) витаминов С, Е и витаминов группы В. Избыточное накопление в организме марганца в первую очередь приводит к изменениям со стороны центральной нервной системы [1-4].

Содержание элемента в молоке составляет 0,04 мг/кг, в мясе (говядине) – 0-50, меде – 0,5-2, почках, сыре – 2-10 мг/кг

[8]. Содержание металла в исследованной нами продукции (табл. 1, 2) соответствует приведенным данным.

**Свинец** обладает способностью к образованию соединений в костях и может замещать кальций. Свинцовая интоксикация нарушает процессы обмена в железах внутренней секреции, поражает желудочно-кишечный тракт [9]. Совместное действие свинца и кадмия в животном организме является аддитивным [10].

Нормальное содержание свинца в продуктах составляет 0,1-1 мг/кг [2]. Во всех исследованных образцах концентрация элемента ниже ПДК, а в большинстве проб молока (табл. 1) она ниже предела обнаружения. В ряду субпродуктов максимальные концентрации – в печени.

**Мышьяк** одновременно является и токсичным элементом, и условно необходимым для организма (в малых количествах стимулирует иммунитет и кроветворение). Поступая в организм человека в повышенных количествах, мышьяк, в первую очередь, может вызвать нарушение функций печени, аллергические реакции, изменения состояния кожи, поражение сосудов, снижение слуха, повышенную возбудимость, угнетение иммунитета, кроветворения. При длительном воздействии мышьяк представляет опасность как канцероген.

По данным [1, 2], нормальное содержание As в продуктах не превышает 1 мг/кг, но различается для продуктов растительного (незначительное количество) и животного (мясо до 1,1 мг/кг, молочные продукты – до 2,3 мг/кг) происхождения. В продуктах Горного Алтая концентрация мышьяка ничтожна (табл. 1, 2).

**Ртуть** относится к канцерогенным веществам. Водорастворимые соединения ртути при попадании внутрь организма вызывают отравления. Хроническая интоксикация элементом может нарушить минерализацию костей и уменьшить их прочность, что связано с близостью ионных радиусов ртути и кальция. Очень опасны ртутьсодержащие органические соединения, обнаруживаемые в продуктах животноводства и рыбного промысла [1-4]. Содержание элемента в исследованном материале существенно ниже ПДК (табл. 1, 2).

**Кадмий** очень токсичен, его соли обладают мутагенными свойствами, в питании человека элемент представляет собой кумулятивный яд [11-12]. Канцерогенность кадмия доказана на экспериментальных животных [13]. Токсическое действие повышенных концентраций кадмия изменяется в зависимости от состава пищи, в частности, минерального. Например, при недостатке в продуктах питания цинка токсичность кадмия возрастает, так как место цинка в биологических системах занимает кадмий, как элемент, близкий по химической природе, в результате чего возникают функциональные расстройства этих систем. Избыточное накопление в организме кадмия обычно приводит к нарушению функций почек, иммунодефицитам, кожным заболеваниям, изменениям и болям в костях и суставах (болезнь Итай-Итай) [12].

Естественное содержание кадмия в наиболее важных продуктах питания находится в пределах 0,001-1,5 мг/кг (исключение – почки животных – до 40 мг/кг) [2]. В двух из исследованных проб субпродуктов обнаружено превышение количества металла над уровнем ПДК: в печени сарлыка (2,6 ПДК) и овцы (1,1 ПДК) (точка 6, табл. 2). Вероятно, это связано с большим возрастом животных.

Таким образом, из элементов, содержание которых регламентируется требованиями нормативных документов [5], превышение ПДК в исследуемых продуктах Горного Алтая отмечено только для кадмия в печени сарлыка и овцы. Анализ результатов содержания тяжелых металлов и мышьяка в молочной продукции и меде позволяет считать, что эти продукты являются безопасными в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01. Концентрация приоритетных токсикантов (свинца, кадмия, мышьяка) в них находится на следовом уровне.

#### Библиографический список

- Кузубова, Л.И. Токсиканты в пищевых продуктах: Аналит. обзор / Л.И. Кузубова. – Новосибирск: АН СССР, Сиб. отд-ние, 1990.

2. Кузубова, Л.И. Элементы-токсиканты в пищевых продуктах. Гигиенические характеристики, нормативы содержания в пищевых продуктах, методы определения: Аналит. Обзор / Л.И. Кузубова, О.В. Шуваева, Г.Н. Аношин. – Новосибирск, 2000.
3. Абдурахманов, Г.М., Экологические особенности содержания микроэлементов в организме животных и человека / Г.М. Абдурахманов, И.В. Зайцев. – М.: Наука, 2004.
4. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш [и др.] – М.: Медицина, 1991.
5. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. – Москва: ФГУП «ИнтерСЭН», 2002.
6. Анисимова, Н.В. Санитарно-эпидемиологический контроль качества молочных продуктов питания / Н.В. Анисимова, О.В. Карпова // Гигиена и санитария. – 2007. – №1.
7. Микроэлемент Медь. Источники меди. Продукты, содержащие медь [электронный ресурс] – <http://www.inmoment.ru/beauty/health-body/copper.html>
8. Микроэлемент Марганец. Продукты, содержащие марганец [электронный ресурс] – <http://www.inmoment.ru/beauty/health-body/manganese.html>
9. Wemmer U. Zur Belastung von Kindern mit Schwermetallen. Sozialpadiatrie 12. Jg. (1990) №8.
10. Кроль, М.Ю. Изучение комбинированного действия соединений ртути, кадмия и свинца / М.Ю. Кроль // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы: Мат. 3-ей Российской биогеохимической школы. – Новосибирск, 2000.
11. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989.
12. Цинк и кадмий в окружающей среде. – М.: Наука, 1992.
13. Sunderman, F.W. // Fed. Pros. – 1978. – Vol. 37, №1.

Статья поступила в редакцию 3.08.09

УДК 574.5+574.583

**Е.Ю. Митрофанова**, канд. биол. наук, с.н.с. ИВЭП СО РАН, г. Барнаул, E-mail: emit@iwer.asu.ru

### ПОДЛЁДНЫЙ ФИТОПЛАНКТОН МЕЛКОВОДНОГО МАНЖЕРОКСКОГО ОЗЕРА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ, РОССИЯ)

Приведены результаты исследования подледного фитопланктона Манжерокского озера в марте 2007 г: таксономический состав, численность и биомасса фитопланктона. Выявлено, что по составу и количеству фитопланктона подо льдом мелководное Манжерокское озеро сравнимо с другими водоемами, как мелкими и небольшими, так и крупными и глубокими. В зимнем подледном планктоне преобладают флагелляты, в основном из криптофитовых водорослей.

**Ключевые слова:** подледный фитопланктон, Манжерокское озеро, состав, обилие.

В развитии пресноводного фитопланктона решающим и определяющим фактором выделяют температуру [1]. Понижение ее до значений, близких к 0 °С, способствует снижению активности водорослей. Но жизнь в водоемах в зимний период не приостанавливается, их экосистемы продолжают функционировать. Подо льдом вегетируют те водоросли, которые могут приспособиться к низким температурам и пониженному уровню освещения. В период минимальных температур воды для озер, расположенных в разных климатических зонах Европы, Азии и Северной Америки, отмечают развитие сходных групп водорослей в фитопланктоне, в основном флагеллят [2]. Причем преобладание этих организмов подо льдом характерно не только для крупных и глубоких озер, но и мелководных с более высоким уровнем трофии [3–5]. По-видимому, это обусловлено тем, что зимой в фитопланктоне таких озер отсутствуют те водоросли, которые обуславливают высокий трофический статус водоема летом, в большинстве случаев синезеленые.

Ранее предметом нашего изучения был подледный фитопланктон глубокого олиготрофного Телецкого озера [6–7]. Как выяснилось, основу фитопланктона Телецкого озера подо льдом в марте 2006 г. составляли мелкоклеточная диатомея *Cyclotella delicatula* Genkal и криптофит *Chroomonas acuta* Uterm. – преобладающие формы планктона в Телецком озере и в другие сезоны года.

Цель работы – изучение состава и обилия зимнего подледного фитопланктона в мелководном водоеме.

Манжерокское озеро расположено на высокой древней террасе правого берега р. Катунь в 135 км от устья реки. Горная долина р. Катунь в районе местоположения данного водоема расширена до 3 км и образует крутой коленообразный изгиб к востоку. Уровень озера превышает уровень р. Катунь на 88 м, абсолютная высота местности при этом составляет 423 м, длина озера – 1112, наибольшая ширина – около 400 м, площадь – 0,4 км<sup>2</sup>. Эллиптическое по форме, вытянутое с юго-запада на северо-восток мелководное озеро прижато к правому коренному склону долины и удалено от современного русла р. Катунь на 2,5 км [8]. Озерная котловина представляет собой плоскодонную впадину с пологими склонами. Рельеф дна характеризуется большой сглаженностью. Глубина постепенно увеличивается от берегов к центральной части озера. На

основной площади глубина не превышает 2,5–2,8 м, максимальная – 3 м. Питание водоема осуществляется за счет ручьев, стекающих с соседних склонов, атмосферных осадков и грунтовых вод. Отток воды происходит у его юго-западного конца через заболоченную ложбину стока, поросшую угнетенным лесом (сосна, береза) и кустарниками, слабопроточное. По характеру господствующего ила сапропеля, глубине и свойствам воды Манжерокское озеро, согласно существующей классификации, относится к эвтрофному типу.

Пробы фитопланктона были отобраны 29 марта 2007 г. на пяти участках акватории Манжерокского озера (рис. 1): центральная часть (точки 1–3), юго-западная (точка 4) и северо-восточная часть (точка 5). Максимальная глубина в местах отбора не превышала 1,75 м, пробы отбирали в слое 0,3–0,5 м ниже льда. Также в каждом пункте измеряли температуру воды и толщину льда. Температура воды колебалась в пределах 0,5–1,5 °С, толщина ледового покрытия – 0,50–0,60 м. Реакция среды была слабокислая и величина рН изменялась в пределах 6,3–6,7<sup>1</sup>. Концентрация растворенного кислорода в поверхностном слое отмечена в интервале 6,40–9,92 мг/дм<sup>3</sup>.



Рис. 1. Карта Манжерокского озера с указанием точек отбора [9]

<sup>1</sup> Автор признателен сотрудникам Лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН: А.В. Котовщикову за отбор проб фитопланктона, Л.А. Долматовой за предоставленные гидрохимические данные.