

Раздел 4

ЭКОЛОГИЯ. ФЛОРА. ФАУНА

Section 4

ECOLOGY. FLORA. FAUNA

УДК 637.07

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МЯСА РАЗНЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ЗОН АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Т.А. Рождественская, С.В. Бабошкина, А.В. Пузанов, И.А. Трошкова,

С.Н. Балыкин, Д.Н. Балыкин, А.В. Салтыков, М.П. Пеленева

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул,

E-mail: rtamara@iwep.ru, arsenida@rambler.ru, puzanov@iwep.ru, egorka_iren@mail.ru,

balykins@rambler.ru, balykindn@yandex.ru, saltykov@iwep.ru, kuroi_t@mail.ru

Изучено содержание микроэлементов As, Cd, Hg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Mo в мясе различных домашних животных из разных агроэкологических зон Алтайского края (Западная Сибирь, Россия). Установлено, что содержание токсикантов I класса опасности, регламентируемых требованиями нормативных документов (СанПиН 2.3.2.1078-01), таких как As, Cd и Hg во всех пробах мяса ниже предела обнаружения. В свинине и говядине из Змеиногорского, Шипуновского и Зонального районов выявлено превышение ПДК свинца (0,5 мг/кг) в 3–8 раз (3,2–4,4 мгPb/кг). Высокое содержание свинца в говядине объясняется в том числе поеданием коровами сорных трав на обочинах дорог. В большинстве образцов различных видов мяса в разных районах края отмечено недостаточное содержание железа, от 3,4 до 9,7 мг/кг, что ниже оптимальной для потребностей человека величины 10 мг/кг; самым низким содержанием Fe отличается мясо кур; только в двух образцах говядины из Шипуновского и Змеиногорского районов содержание железа достигает 14 и 15 мг/кг. Преобладающими по их содержанию в мясе микроэлементами являются Zn (14–48 мг/кг) и Fe. Самыми низкими содержаниями всех изученных микроэлементов отличаются свинина из Шипуновского района и мясо курицы Бийской птицефабрики. Наиболее высокое суммарное содержание ме-

таллов – Pb (4,4 мг/кг), Cu (4,44 мг/кг) и Zn (37 мг/кг) обнаружено в говядине из Шипуновского района (Алейская агроэкологическая зона).

Ключевые слова: мясо; микроэлементы; цинк; железо; свинец; медь; Алтайский край.

DOI: 10.24412/2410-1192-2021-16205

Дата поступления: 1.09.2021

Мясные продукты являются основными источниками питательных веществ, включая белки, жиры, витамины и минералы. Однако, на качество и безопасность мясных продуктов негативно влияет присутствие в них различных загрязнителей. В последние десятилетия в мире загрязнение тяжелыми металлами мяса и мясных продуктов возрастает беспрецедентными темпами [Bortey-Sam et al., 2015].

В рационе питания населения РФ мясо и изготовленные из него мясные продукты занимают одно из основных мест. На сегодняшний день решение задач по обеспечению населения экологически безопасными мясными продуктами имеет важное социальное значение. Необходимо регулярно вести строгий контроль потенциально токсичных металлов в мясе и мясных продуктах, поскольку их качество оказывает существенное влияние на здоровье населения.

Одним из основных путей поступления токсикантов в организм населения Алтайского края является пероральный, а главной средой переноса ксенобиотиков – продукты питания.

Целью исследования явилось изучение минерального состава мяса из разных районов края в контексте экологической составляющей безопасности сельскохозяйственной продукции.

Материал и методика исследований

Исследование проводилось в 2019 году. Согласно ГОСТ 7269-2015, ГОСТ 31467-2012 [ГОСТ 31467-2012. Мясо птицы..., 2019; ГОСТ 7269-2015. Мясо. Методы отбора... 2017], для анализа химического состава мяса в разных районах края в каждом пункте было отобрано случайным образом по 3 первичных пробы (из говяжьих и свиных туш, из внутренней части тазобедренного отруба) массой 0,5–1 кг, из которых, после удаления старых срезов, взяты точечные образцы, из них составлены объединенные пробы. Образцы куриного мяса с птицефабрик содержат части трех тушек, пробы отбирались из бедренной части.

Измерения концентраций металлов в мясе и предварительная подготовка пробы проводилась в Аналитическом центре Института геохимии и минера-

логии СО РАН, согласно ГОСТ № 26929-94; ГОСТ № 30178-96 [ГОСТ 26929-94. Сырье..., 2010; ГОСТ 30178-96. Сырье..., 2010]. Проба мяса предварительно обрабатывалась спиртом, затем заливалась раствором ос.ч. HNO_3 (1:1); после реакции с кислотой проводилась ее термическая обработка до обугливания сначала на плите, далее пробу озоляли в муфельной печи в течение 4 часов, при медленном пошаговом увеличении температуры до 510°C . После озоления пробу обрабатывали смесью азотной и хлорной кислот, нагревали до осветления, упаривали с HCl до влажных солей. Измерения концентраций металлов в подготовленных пробах проводилось методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на приборе iCAP PRO X Duo (США).

Определение содержания микроэлементов в зерне пшеницы, кормовых растениях, а также в образцах пахотных почв соответствующих районов проводили методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии.

Результаты и их обсуждение

Микроэлементы являются незаменимыми для живых организмов веществами, но в то же время в больших количествах они опасны для здоровья. 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 мяса установлены предельно допустимые величины содержания свинца, ртути, кадмия и мышьяка (СанПиН 2.3.2.1078-01 [Гигиенические требования..., 2002]). В отличие от ранее существовавших требований, количества меди и цинка в мясе сейчас не нормируются.

В образцах мяса из различных районов Алтайского края нами изучено содержание химических элементов, регламентируемых требованиями нормативных документов (СанПиН 2.3.2.1078-01). Оказалось, что содержание токсикантов 1 класса опасности, таких как мышьяка, кадмия и ртути во всех пробах мяса ничтожно мало, ниже предела обнаружения ($\text{As} < 0,05$ мг/кг, $\text{Cd} < 0,005$ мкг/кг, $\text{Hg} < 0,0003$ мкг/кг).

Содержание остальных микроэлементов в мясе из различных районов края разных агроклиматических зон [Рас-сыпнов, 2012] приведено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание химических элементов в различных видах мяса разных районов Алтайского края

Table 1

The content of chemical elements in various types of meat from different regions of the Altai Territory

Агро-экологическая зона	Район отбора	Вид мяса	Pb	Co	Mn	Mo	Fe	Cu	Zn
			мг/кг						
Приобская	Павловский	курица	<0,01	0,0052	0,14	0,032	5,4	0,87	28
Алейская	Алейский	свинина	<0,01	0,0096	0,13	<0,01	9,7	0,74	32
	Шипуновский	говядина	4,4	0,0098	0,085	<0,01	14	4,44	37
	Шипуновский	свинина	<0,01	<0,005	0,068	<0,01	5,3	0,36	14
Бийская	Зональный	говядина	1,6	0,0074	0,052	<0,01	8,1	0,51	28
	Зональный	свинина	4,2	0,0077	0,14	0,019	9,7	2,10	24
	Бийский	курица	<0,01	<0,005	0,097	0,031	3,4	0,16	25
Предгорная	Змеиногорский	говядина	<0,01	<0,005	0,073	<0,01	15	0,55	43
	Змеиногорский	свинина	3,2	0,0077	0,092	<0,01	8,8	1,90	26
	Чарышский	свинина	0,024	<0,005	0,17	<0,01	4,2	0,42	48
Говядина, Оренбургская область [Панин, 2017]			0,26	–	–	–	1,46	3,14	11,8
Говядина, Башкортостан [Гизатуллин и Седых, 2013]			0,055	–	–	–	–	0,36	71,2
Мясо птицы, Челябинская область, [Лукин и др., 2020]			0,03		1,42	0,24	13,2	0,41	29,2

Примечание. Прочерк – нет данных.

Содержание свинца в большинстве образцов мяса районов края также оказалось ниже предела обнаружения (<0,1 мг/кг), за исключением свинины и говядины из Змеиногорского, Шипуновского и Зонального районов (табл. 1), в которых было выявлено превышение ПДК свинца (0,5 мг/кг) в 3-8 раз и достигало 4,2 мг/кг в свинине из Зонального района (Бийская агроэкологическая зона) и

4,4 мг/кг в говядине из Шипуновского района (Алейская агроэкологическая зона). По литературным данным, даже в Челябинской области (в регионе с неблагоприятной экологической репутацией) в мясе птицы содержание свинца соответствовало нормативу [Лукин и др., 2020]. В свинине из Оренбургской области содержание Pb составляет 0,04 мг/кг [Миронова и др., 2017], а в говя-

дине – 0,26 мг/кг [Панин, 2017]. Отметим, что, по данным зарубежных источников, в мясе КРС небольших населенных пунктов Пакистана содержание свинца в среднем составляло 0,9 мг/кг в одном поселке и 4,5 мг/кг – в другом, что объясняется авторами высоким содержанием Pb в поливных водах и выращиваемых кормах второго населенного пункта [Tabinda et al., 2013]. В продукции мясных заводов Кении, расположенных вблизи автодорог, (а потому, по опасениям авторов, возможно, насыщенной металлами от дорожной пыли), содержание Pb, а также Cu, Zn и Cd было ниже 2 мг/кг [Oyaro et al., 2017]. Выяснение причины столь высокого содержания свинца в мясе Змеиногорского, Шипуновского и Зонального районов Алтайского края требует дополнительных исследований. Можно предположить, что высокое содержание свинца в говядине определяется в том числе свободным выпасом коров, при котором регулярно происходит поедание животными сорных трав на обочинах дорог. Вызывает беспокойство и то, что в Зональном районе Алтайского края свинина и говядина одновременно с высоким содержанием в них свинца отличаются и недостаточным для потребностей человека содержанием железа – менее до 10 мг/кг при норме 10–

50 мг/кг [Гигиенические требования..., 2002].

Fe, Zn, Cu и Mn – незаменимые металлы, которые требуются всем живым организмам в небольших количествах, однако, из-за их аккумулятивного эффекта и возможного токсического воздействия на организм в повышенных концентрациях, их присутствие в продуктах питания требует повышенного внимания и контроля. Содержание этих металлов в мясных продуктах питания может варьироваться в зависимости от общих состояний животных (разновидности, возраст, генетика) и окружающей их среды (времени года, места обитания, химического состава почв), источника питья и свойств кормов, методов обработки. Так, например, добавление лекарственных трав в рацион питания птиц стимулируют аппетит и пищеварение и усиливают биоаккумуляцию Fe, Zn, Cu и Mn [Stef and Gerden, 2012].

Содержание цинка в образцах мяса различных районов Алтайского края изменяется от 12 до 48 мг/кг, в среднем составляя $30,5 \pm 3,1$ мг/кг ($C_v=29\%$). Для сравнения, в свинине различных районов Румынии в 2019 году среднее содержание цинка, определенного методом ICP-MS [Puia et al., 2019], изменялось от 9,7 до 23,4 мг/кг. По данным других румынских исследователей, в мясе курицы при обычной диете содер-

жание цинка составляло $9,2 \pm 1,1$ мг/кг, а при добавлении в пищу минералов и лекарственных трав выросло до $19,9 \pm 2,0$ мг/кг [Stef and Gerden, 2012]. По результатам нашего исследования, содержание цинка в мясе курицы составляет 25–28 мг/кг. Среди исследованных нами образцов мяса наиболее высокое содержание цинка было обнаружено в говядине из Шипуновского (37 мг/кг), Змеиногорского (43 мг/кг) и Чарышского (48 мг/кг) районов, хотя эти значения не превышают приводимых в литературе величин [Гиззатулин, Седых, 2013]. Возможно, наиболее высокое содержание цинка в говядине из Змеиногорского района объясняется сравнительно высоким его содержанием в зеленой массе кормовой кукурузы, выросшей здесь же – 65 и 66 мг/кг в двух разных образцах с соседних полей, тогда как, например, в Ключевском районе (Кулундинская агроэкологическая зона) содержание цинка в кукурузе составляло всего 14 мг/кг. Кроме того, Змеиногорский район подвержен аэрогенному воздействию со стороны хвостохранилищ бывшего Алтайского ГОКа [Puzanov et al., 2012], находящегося в соседнем Локтевском районе – пыль с повышенным содержанием тяжелых металлов может распространяться на прилегающие территории, насы-

щая металлами растительные и животные организмы.

Содержание меди в большинстве образцов мяса районов края изменяется от 0,16 до 0,87 мг/кг, что совпадает с приводимыми в литературе величинами, но в трех образцах мяса содержание меди довольно высокое и достигает 1,9 мг/кг, 2,1 мг/кг и 4,4 мг/кг. Для сравнения, в мясе КРС из небольших деревень Пакистана, подверженных существенной техногенной нагрузке, содержание меди составляет в среднем 7,2 и 7,9 мг/кг [Tabinda et al., 2013]. Среди образцов мяса различных районов Алтайского края самое высокое содержание меди (как и цинка) обнаружено в говядине из Шипуновского района – 4,44 мг/кг. Повышенным содержанием меди отличаются также образцы свинины из Зонального (2,10 мг/кг) и Змеиногорского (1,90 мг/кг) районов. Эти показатели не превышают приводимых В.А. Паниным [2007] значений содержания меди в говядине Оренбургской области, но заметно выше, чем содержание меди в мясе птицы Челябинской области [Лукин и др., 2020] и говядине из Башкортостана [Гиззатулин, Седых, 2013] (см. табл. 1). По данным зарубежных исследователей, содержание меди в мясе домашних животных районов с благополучной экологической обстановкой также заметно ниже, чем в некоторых

районах Алтайского края: например, в свинине различных районов Румынии в 2019 году среднее содержание меди колебалось от 0,17 до 0,69 мг/кг [Puia et al., 2019]. В мясе домашней утки в Индонезии, при довольно высоких концентрациях ртути (до 5,5 мг/кг), содержание меди (определение методом ICP-MS) составляло в среднем всего $0,68 \pm 0,117$ мг/кг [Susanty et al., 2020]. В мясе курицы, по данным румынских ученых, содержание меди изменяется от 0,25 до 0,64 мг/кг [Stef, Gerden, 2012].

Содержание железа в различных видах мяса в разных районах края характеризуется как недостаточное и в большинстве образцов варьирует от 3,4 до 9,7 мг/кг, что ниже оптимальной для потребностей человека величины, согласно СанПиН 2.3.2.1078-01, по которому в продуктах на мясной основе для питания дошкольников и школьников содержание железа должно составлять 10-50 мг/кг [Гигиенические требования..., 2002]. Только в двух пробах говядины Шипуновского (14 мгFe/кг) и Змеиногорского (15 мгFe/кг) районов содержание железа соответствует нормативу. Минимальное содержание железа, как и ожидалось, установлено в образцах мяса курицы обеих птицефабрик. Отметим, что в говядине из Оренбургской области авторами также отмечался недостаток железа [Панин, 2017],

тогда как, по данным румынских исследователей, в мясе курицы содержание железа варьирует в пределах от 7 до 18 мг/кг [Stef, Gerden, 2012].

Содержание марганца в различных образцах мяса из разных районов Алтайского края в среднем составляет $0,1 \pm 0,01$ мг/кг ($C_v=29\%$), варьируя в пределах от 0,052 мг/кг (в говядине из Зонального района) до 0,17 мг/кг (в свинине Чарышского района Предгорной агроэкологической зоны). Сравнительно высоким содержанием марганца отличаются также свинина Алейского и Зонального районов, мясо курицы Павловской птицефабрики (см. табл. 1). Содержание Mn в мясе различных районов края ниже, чем, например, в Румынии, где в разных районах страны среднее его содержание в свинине изменяется от 0,17 до 0,85 мг/кг [Puia et al., 2019], а в мясе курицы – от 0,14 до 0,40 мг/кг [Stef, Gerden, 2012].

Мясо от крупнейших птицефабрик края (Бийской, Павловской) по содержанию в нем химических элементов 1го класса опасности соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. Содержание Pb в мясе курицы в изученных районах Алтайского края также ниже предела обнаружения ($<0,01$ мг/кг), тогда как, например, в мясе курицы Новосибирской области содержится от 0,11 до 0,2 мг/кг свинца [Грачева, 2009].

Именно в мясе птицы как Бийской, так и Павловской птицефабрики содержание физиологически важного микроэлемента молибдена оказалось выше предела обнаружения (0,031 и 0,032 мг/кг), что говорит о присутствии минеральной молибденсодержащей пищевой добавки в рационах питания птиц обеих птицефабрик, подтверждает схожесть минерального состава кормов.

Из всех образцов мяса самым низким содержанием микроэлементов отличаются мясо курицы из Бийского района, а также свинина из Шипуновского района, однако, в этих же образцах установлено и самое низкое (ниже требуемых нормативом [Гигиенические требования..., 2002]) содержание железа (3,4 и 5,3 мг/кг). Наиболее высокое суммарное содержание Pb, Cu, Zn выявлено в говядине Шипуновского района.

По результатам нашего исследования, в Алтайском крае преобладающими по их содержанию в мясе микроэлементами являются Zn и Fe, они обнаруживаются в образцах мяса примерно в одном диапазоне концентраций – от 14 до 48 (Zn) и от 3,4 до 17 (Fe). За ними, как правило, следуют Cu (0,16–0,44 мг/кг) и Mn (0,052–0,23 мг/кг), но иногда, в случае высоких концентраций свинца (Pb от 1,6 до 4,4 мг/кг) ряд выглядит иначе:

Zn>Fe>Pb>Cu>>Mn>Mo,Co (свинина и говядина из Зонального района Бийской агроэкологической зоны, а также говядина из Шипуновского района Алейской агроэкологической зоны, свинина из Змейногорского района Предгорной агроэкологической зоны). Для мяса курицы Бийской и Павловской птицефабрик ряд концентраций металлов выглядит как: Zn>Fe>Cu>Mn>Mo>Co>Pb; аналогичный ряд концентраций микроэлементов установлен для мяса курицы зарубежными учеными [Stef, Gerden, 2012] Zn>Fe>>Cu >Mn. В мясе птицы Челябинской области (составлено по данным [Лукин и др., 2020]) ряд концентрации металлов выглядит немного иначе, Mn содержится в больших концентрациях, чем медь. В микроэлементном составе говядины из Оренбургской области, по данным Панина В.А. [2017], медь преобладает над железом (табл. 2).

Содержание биологически важного элемента калия в образцах мяса различных районов края колеблется в узких пределах – от 2,1 г/кг (Говядина в Шипуновском районе) до 3,6 г/кг (свинина в Чарышском районе), в среднем составляя $3,0 \pm 1,2$ г/кг ($C_v=15\%$). Для сравнения, в мясе курицы в Челябинской области [Лукин и др., 2020] содержание калия составляет 2,4 г/кг.

Таблица 2

Ряды содержаний микроэлементов в мясе различных районов Алтайского края

Table 2

Series of trace element contents in meat of various districts of the Altai Territory

Агро-экологическая зона	Район отбора	Вид мяса	Ряды концентраций микроэлементов
Приобская	Павловский	курица	Zn>Fe>>>Cu>Mn>>Mo>Co>Pb
Алейская	Алейский	свинина	Zn>Fe>>>Cu>Mn>>Co>Mo,Pb
	Шипуновский	говядина	Zn>Fe>>Cu,Pb>>Mn>>Co,Mo
	Шипуновский	свинина	Zn>Fe>>Cu>>Mn>Co, Mo, Pb
Бийская	Зональный	говядина	Zn>Fe>Pb>Cu>>Mn>Co, Mo
	Зональный	свинина	Zn>Fe>Pb>Cu>>Mn>Co, Mo
	Бийский	курица	Zn>Fe>>Cu>Mn>Mo>>Co,Pb
Предгорная	Змеиногорский	говядина	Zn>Fe>>>Cu>>Mn>Mo, Pb, Co
	Змеиногорский	свинина	Zn>Fe>Pb>Cu>>Mn>>Co, Mo
	Чарышский	свинина	Zn>Fe>>Cu>>Mn> Mo, Pb, Co,
Говядина, Оренбургская область [Панин, 2017]			Zn> Cu>Fe >Pb
Мясо птицы, Челябинская область [Лукин и др., 2020]			Zn>Fe>Mn>Cu>Mo>Pb

Содержание фосфора в мясе разных районов края в целом не высокое – от 1,6 до 2,2 г/кг, колеблется в узких пределах и ниже, чем, например, в мясе курицы Челябинской области (3,5 г/кг). И минимальное и максимально значение содержания фосфора в мясе обнаружено в образцах одной агроэкологической зоны – Предгорной.

В большинстве образцов различных видов мяса из разных районов края содержание кальция варьирует от 33 мг/кг (свинина Змеиногорского района) до 51 мг/кг (свинина Алейского и Чарышского районов). Повышенным содержанием кальция отличаются образцы мяса ку-

рицы обеих птицефабрик (90 и 100 мг/кг). Для сравнения, в мясе курицы из Башкортостана содержание кальция составляет 71 мг/кг [Гиззатулин, Седых, 2013], а в мясе курицы из Челябинской области [Лукин и др., 2020] достигает 543мг/кг.

Одной из причиной избыточного или недостаточного содержания микроэлементов в мясе домашних животных могут быть особенности микроэлементного состава компонентов окружающей природной среды – почв, вод, кормов. По результатам нашего исследования, в пахотных почвах районов края изученные микроэлементы содержатся в опти-

мальных количествах, при которых у живых организмов не может быть отклонений в процессах жизнедеятельности. Отметим, что содержание Zn, Cu, Mn, Fe, Pb, Co в пахотных почвах рассматриваемых агроэкологических зон края (табл. 3) закономерно увеличивается по мере нарастания абсолютных высот, по мере приближения района к горной территории: наименьшим содержанием микроэлементов (из обнаруженных в мясе в количествах выше пределов обнаружений) характеризуются почвы Приобской агроэкологической зоны, средним – почвы Алейской и Бийской агроэкологических зон, наиболее высоким – почвы Предгорной агроэкологической зоны. Подобную закономерность – увеличение содержания микроэлементов в продукции животно-

водства, при смене равнинных агроландшафтов на предгорные можно отметить для цинка. Так, среднее содержание Zn в мясе Алейской агроэкологической зоны составляет $27,7 \pm 7,0$ мг/кг ($C_v=48\%$), в мясе Бийской агропромышленной зоны – $25,7 \pm 1,2$ ($C_v=8,1\%$), а в мясе предгорной агроэкологической зоны – $39,0 \pm 6,7$ ($C_v=30\%$).

Содержание рассматриваемых химических элементов в зерне яровой пшеницы, выросшей в соответствующих районах края и используемой для приготовления кормов домашним животным (птице и свиньям), соответствует мировым данным для зерна и отечественным нормативам, количество нормируемых веществ (Pb, Cd, Hg, As) – ниже предела обнаружения.

Таблица 3

Содержание химических элементов в почвах агроландшафтов разных районов Алтайского края

Table 3

The content of chemical elements in the agricultural landscapes soils of different regions of the Altai Territory

Агро-экологическая зона	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Co
Приобская	22762±340	530±23	45,7±1,8	17,3±0,5	11,5±0,3	7,8±0,1
Алейская	34114±1125	780±41	67,2±2,3	29,0±1,2	14,6±0,4	13,4±0,5
Бийская	39483±856	810±30	76,8±2,0	29,5±0,6	12,8±0,7	15,2±0,3
Предгорная	39450±552	910±23	85,6±2,1	35,1±1,0	15,5±0,9	15,5±0,3

Содержание остальных рассматриваемых микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Mn, Pb) в зерне пшеницы в разных агроэкологических зонах невысокое, ряд содержания выглядит, как правило, следующим образом: Fe>Mn>Zn>>Cu>>Pb>Co,Cd. Так, например, содержание железа в пшенице рассматриваемых районов края варьирует от 51 до 90 мг/кг. Наиболее насыщена железом пшеница из Бийского района, хотя в мясе курицы Бийской птицефабрики обнаружено минимальное содержание этого микроэлемента (всего 3,4 мг/кг), которое можно рассматривать как недостаток. Содержание цинка в пшенице разных агроэкологических зон края изменяется от 26 до 36 мг/кг сухой массы, но в Бийском районе содержание цинка в пшенице почти в 2 раза выше (62 мг/кг),

что, впрочем, не приводит к заметному повышению содержания цинка в мясе животных из Бийской агроэкологической зоны. Содержание меди в зерне пшеницы изученных районов края изменяется от 3,8 до 6,7 мг/кг сухой массы, в Бийской и Алейской пшенице концентрация меди наиболее высокая (табл. 4), что находит свое отражение в более высоком содержании меди в свинине из Зонального района (2,1 мг/кг). Наиболее насыщена цинком, медью, марганцем, железом пшеница из Бийского района (Бийской агроэкологической зоны), свинцом – пшеница из Алейского района, а кадмием – пшеница из Предгорной агроэкологической зоны. Однако, эти различия не столь существенны, как различия в содержании металлов (Pb, Cu, Mn) в образцах мяса.

Таблица 4

Содержание микроэлементов в пшенице, выросшей в различных агроэкологических зонах Алтайского края, мг/кг сухой массы

Table 4

The content of trace elements in wheat grown in various agroecological zones of the Altai Territory, mg/kg of dry weight

Агроэкологическая зона	Административный район	Zn	Cu	Pb	Cd	Fe	Mn	Co
Приобская	Павловский	31	4,5	0,093	0,024	73	48	<0,01
Алейская	Алейский	37	6,0	0,21	0,010	62	58	0,097
Бийская	Бийский	62	6,7	0,062	0,023	90	63	<0,01
Предгорная	Змеиногорский	36	4,7	0,16	0,026	56	57	0,088
	Чарышский	26	3,8	0,13	0,030	51	55	0,048

Таблица 5

Содержание микроэлементов в кормовых травах и кукурузе, произрастающих в Предгорной агроэкологической зоне Алтайского края, мг/кг сухой массы

Table 5

The content of trace elements in fodder grasses and corn growing in the Foothill agroecological zone of the Altai Territory, mg/kg of dry weight

Административный район	Вид корма	Zn	Cu	Pb	Cd	Fe	Mn	Co
Змеиногорский П.9	кукуруза	66	11	2,3	0,029	533	107	0,21
Змеиногорский П.10	кукуруза	65	16	1,9	0,077	297	204	0,17
Змеиногорский П.8	сено	15	4,6	1,1	0,054	182	89	0,16
Чарышский р.15	сено	43	6,8	0,55	0,075	269	102	0,39
Чарышский р.16	сено	30	6,4	5,4	0,039	907	84	0,43

Концентрация элементов в пастбищных травах, сене, зеленой массе силосной кукурузы, выросших в рассматриваемых районах края, входит в предел, характерный для трав и кормовых культур незагрязненных экосистем мира. Высокое (по сравнению с кукурузой других районов края) содержание цинка в кукурузе Змеиногорского района (табл. 5), возможно, объясняет и высокое содержание цинка в говядине этого района (43 мг/кг) и Предгорной агроэкологической зоны в целом.

Выводы

Из контролируемых СанПиНом 2.3.2.1078-01 токсикантов 1го класса опасности содержание Hg, Cd и As во всех образцах мяса различных районов Алтайского края оказалось ниже преде-

лов обнаружения (As<0,05 мг/кг, Cd<0,005 мкг/кг, Hg<0,0003 мкг/кг).

В образцах свинины и говядины из Змеиногорского, Шипуновского и Зонального районов выявлено превышение ПДК Pb в 3-8 раз, его содержание в мясе этих районов достигает 3,2–4,4 мг/кг, что вызывает беспокойство. Повышенное содержание Pb в говядине связано, возможно, с поеданием коровами сорных трав с обочин автодорог.

Мясо курицы, по сравнению с говядиной и свининой, как правило, характеризуется менее насыщенным химическим составом: содержание всех микроэлементов (за исключением Mo) в нем – самое низкое, в том числе недостаточное для полноценного питания содержание Fe, при наиболее высоком содержании Fe в зерне пшеницы (90 мг/кг сухой массы в Бийском районе). При

этом в мясе курицы обеих птицефабрик сравнительно высокое содержание Са.

Наиболее высоким суммарным содержанием Pb (4,4 мг/кг), Cu (4,44 мг/кг) и Zn (37 мг/кг) отличается говядина из Шипуновского района (Алейская агроэкологическая зона).

Насыщенность цинком говядины из Змеиногорского района (43 мг/кг) объясняется сравнительно высоким содержанием Zn в зеленой массе кормовой кукурузы (62-65 мг/кг), выросшей в этом же районе края, в Предгорной агроэкологической зоне. В целом, содержание цинка в почвах и продуктах животноводства увеличивается от равнинных к предгорным агроландшафтам края.

Мясная продукция некоторых районов края не соответствует требованиям, обеспечивающим физиологические потребности человека в энергии и основ-

ных пищевых веществах. Содержание железа в большинстве образцов различных видов мяса в разных районах края характеризуется как недостаточное, ниже оптимальной для потребностей человека величины (от 10 мг/кг до 50 мг/кг). Минимальным содержанием железа отличается мясо кур, а наиболее высоким – говядина Шипуновского (14 мгFe/кг) и Змеиногорского (15 мгFe/кг) районов.

Ряд содержания микроэлементов в мясе курицы Бийской и Павловской птицефабрик края, как правило, выглядит как: $Zn > Fe >>> Cu > Mn >> Mo > Co > Pb$, что совпадает с результатами зарубежных исследователей. Ряд содержания микроэлементов в свинине и говядине Шипуновского, Зонального, Змеиногорского районов края, как правило, имеет вид: $Zn > Fe > Pb > Cu >> Mn > Co, Mo$.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН по проекту № 0306-2021-0003 «Оценка эколого-биогеохимической обстановки в речных бассейнах Сибири в условиях изменения климата и антропогенного воздействия» (№ гос. регистрации 1021032424138-9) и при поддержке гранта РФФИ 18-45-220019 "Оценка содержания макро- и микроэлементов, тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов, компонентов ракетного топлива в лесных и агроландшафтах Алтая в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия".

Список литературы

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01. Москва: ФГУП «ИнтерСЭН», 2002. 168 с.
2. Гизатуллин Р.С., Седых Т.А. Производство экологически безопасного мясного сырья // *Strategiczne pytania swiatowej nauki – 2013: Materiały IX Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji.* (7–15 февраля 2002 г., Польша). Nauka i studia, Przemysł, 2013. С. 62–65.
3. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М., 2010. 9 с.
4. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М., 2010. 8 с.
5. ГОСТ 31467-2012. Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы отбора проб и подготовка их к испытаниям. Москва, Стандартинформ, 2019. 15 с.
6. ГОСТ 7269-2015. Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести. Москва: Стандартинформ, 2017. 13 с.
7. Грачева О.Г. Аккумуляция антропогенных загрязнителей (свинца и кадмия) в организме цыплят-бройлеров на фоне применения рациона с повышенным содержанием витамина D3: Дисс. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2009. 119 с.
8. Лукин А.А., Бец Ю.А., Наумова Н.Л., Родионова И.А. Экология сельскохозяйственного сырья // *Инновации и продовольственная безопасность.* 2020. № 4 (30). С. 35–40.
9. Миронова И.В., Долженкова Г.М., Косилов В.И. Качество мяса подсвинков в зависимости от зоогигиенических условий содержания. // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2017. № 2. С. 161–163.
10. Панин В.А. Некоторые особенности химического состава мяса чистопородных и помесных бычков-кастратов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2017. № 2. С. 221–223.
11. Рассыпнов В.А. Агроэкологическое районирование территории на основе бонитировки почв // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета.* 2012. № 12 (98). С. 39–41.
12. Bortey-Sam N., Nakayama S.M.M., Ikenaka Y., Akoto O., Baidoo E., Yohannes Y.B., Mizukawa H., Ishizuka M. Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily intakes and target hazard quotients (THQs) // *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2015. V.111. P. 160–167.

13. Oyaro N., Juddy O., Murago E.N.M, Murago E. N. M., Gitonga E. The contents of Pb, Cu, Zn and Cd in meat in Nairobi, Kenya // J. Food Agriculture & Environment. 2017. Vol. 5 (3-4). P.119–121.

14. Puia M., Mihon B., Ionescu B., Butucel E., Chicinas A., Farcas E., Puskas H., Raducu C., Longodor A.L., Coroian A. Assessing the level of heavy metals in different geographical areas in Romania // Banats J. of Biotechnology. 2019. Vol.10 (19). P. 5–10.

15. Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Gorbachev I.V. Characteristics of heavy metal migration in the natural-anthropogenic anomalies of the North-Western Altai // Geochemistry International. 2012. Vol. 50. № 4. P. 358–366.

16. Stef D.S., Gergen, I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. // Chem. Central J. 6, (19) (2012). P. 1–9.

17. Susanti R., Widiyastuti K., Yuniastuti A., Fibriana F. Feed and water management may influence the heavy metal contamination in domestic ducks from Central Java, Indonesia // Water air and soil pollution. 2020. Vol. 231 (4). №. 117. P.1–9.

18. Tabinda A.B., Zafar Sh., Yasar A., Munir S. Metals Concentration in Water, Fodder, Milk, Meat, Blood, Kidney and Liver of Livestock and Associated Health Impacts by Intake of Contaminated Milk and Meat // Pakistan Zool. J. 2013. Vol.45 (4). P. 1156–1160.

References:

1. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy. [Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products. Sanitary and epidemiological rules and regulations] SanPiN 2.3.2.1078-01. Moscow: FGUP «InterSEN», 2002. 168 p. (in Russian).

2. Gizatullin R.S., Sedyh T.A. Proizvodstvo ekologicheskii bezopasnogo myasnogo syr'ya [Production of environmentally safe meat raw materials] // Strategiczne pytania swiatowej nauki: Materialy IX Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji (Polsha, 2013) [Strategic questions of World Science: Proceed. IX Int. Sci. and pract. conf. (Feb. 7-15, 2013). Przemysl, 2013. P. 62–65. (in Russian).

3. GOST 26929-94. Syr'e i produkty pishchevye. Podgotovka prob. Mineralizaciya dlya opredeleniya soderzhaniya toksichnyh elementov. [Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization for determining the content of toxic elements]. Moscow: Standartinform, 2010. 9 p. (in Russian).

4. GOST 30178-96. Syr'e i produkty pishchevye. Atomno-absorbtsionnyj metod opredeleniya toksichnyh elementov. [Raw materials and food products. Atomic absorption method for the determination of toxic elements]. Moscow: Standartinform, 2010. 8 p.

5. GOST 31467-2012. Myaso pticy, subprodukty i polufabrikaty iz myasa pticy. Metody otbora prob i podgotovka ih k ispytaniyam. [Poultry meat, offal and semi-finished products from poultry meat. Sampling methods and their preparation for testing]. Moscow: Standartinform, 2019. 15 p.

6. GOST 7269-2015. Myaso. Metody otbora obrazcov i organolepticheskie metody opredeleniya svezhesti. [Meat. Sampling methods and organoleptic methods for determining freshness]. Moskva: Standartinform, 2017. 13 p.

7. Gracheva O.G. Akkumulyaciya antropogennyh zagryaznitelej (svince i kadmiya) v organizme cyplyat-brojlerov na fone primeneniya racionalnogo s povyshennym soderzhaniiem vitamina D3 [Accumulation of anthropogenic pollutants (lead and cadmium) in the body of broiler chickens when the diet with a vitamin D3 increased content was used]: DSc (Cand. of Biol.). Krasnoyarsk, 2009. 119 p. (In Russian).

8. Lukin A.A., Becz Yu.A., Naumova N.L., Rodionova I.A. Ekologiya sel'skohozyajstvennogo syr'ya [Ecology of agricultural raw materials] // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost' [Innovations and Food Safety]. 2020. no. 4 (30). P. 35–40. (in Russian).

9. Mironova I.V., Dolzhenkova G.M., Kosilov V.I. Kachestvo myasa podsvinkov v zavisimosti ot zoogigienicheskikh uslovij soderzhaniya [Quality of pork meat depending on zoohygienic conditions of gilts rearing] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Orenburg state agrarian university]. 2017. no. 2. P.161–163. (in Russian).

10. Panin V.A. Nekotorye osobennosti himicheskogo sostava myasa chistopородnyh i pomesnyh bychkov-kastratov [Specific features of chemical composition of meat of pure-bred and cross-bred steers-castrates] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Orenburg state agrarian university]. 2017. no. 2. P. 221–223. (in Russian).

11. Rassypnov V.A. Agroekologicheskoe rajonirovanie territorii na osnove bonitirovki pochv [Agro-ecological zoning based on soil evaluation] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. [Bulletin of the Altai State Agrarian University]. 2012. no. 12 (98). P. 39–41.

12. Bortey-Sam N., Nakayama S.M.M., Ikenaka Y., Akoto O., Baidoo E., Yohannes Y.B., Mizukawa H., Ishizuka M. Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily intakes and target hazard quotients (THQs) // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. V.111. P. 160–167.

13. Oyaro N., Juddy O., Murago E.N.M, Murago E. N. M., Gitonga E. The contents of Pb, Cu, Zn and Cd in meat in Nairobi, Kenya // J. Food Agriculture & Environment. 2017. Vol. 5 (3-4). P.119–121.
14. Puia M., Mihon B., Ionescu B., Butucel E., Chicinas A., Farcas E., Puskas H., Raducu C., Longodor A.L., Coroian A. Assessing the level of heavy metals in different geographical areas in Romania // Banats J. of Biotechnology. 2019. Vol.10 (19). P. 5–10.
15. Puzanov A.V., Baboshkina S.V., Gorbachev I.V. Characteristics of heavy metal migration in the natural-anthropogenic anomalies of the North-Western Altai // Geochemistry International. 2012. Vol. 50. № 4. P. 358–366.
16. Stef D.S., Gergen, I. Effect of mineral-enriched diet and medicinal herbs on Fe, Mn, Zn, and Cu uptake in chicken. // Chem. Central J. 2012. Vol. 6 (19). P. 1–9.
17. Susanti R., Widiyastuti K., Yuniastuti A., Fibriana F. Feed and water management may influence the heavy metal contamination in domestic ducks from Central Java, Indonesia // Water air and soil pollution. 2020. Vol. 231 (4). No. 117. P.1–9.
18. Tabinda A.B., Zafar Sh., Yasar A., Munir S. Metals Concentration in Water, Fodder, Milk, Meat, Blood, Kidney and Liver of Livestock and Associated Health Impacts by Intake of Contaminated Milk and Meat // Pakistan Zool. J. 2013. Vol. 45 (4). P. 1156–1160.

SOME FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF VARIOUS TYPES OF MEAT OF DIFFERENT AGROECOLOGICAL ZONES OF THE ALTAI TERRITORY

T.A. Rozhdestvenskaya, S.V. Baboshkina, A.V. Puzanov, I.A. Troshkova, S.N. Balykin,
D.N. Balykin, A.V. Saltykov, M.P. Peleneva

Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul,

E-mail: rtamara@iwep.ru, arsenida@rambler.ru, puzanov@iwep.ru, egorka_iren@mail.ru,

balykins@rambler.ru, balykindn@yandex.ru, saltykov@iwep.ru, kuroi_t@mail.ru

The content of trace elements As, Cd, Hg, Fe, Zn, Cu, Mn, Co, Mo in the meat of various domestic animals from different agroecological zones of the Altai Territory (Weat Sbiria, Russia) was studied. It was found that the content of toxicants of 1st hazard class regulated by the requirements of regulatory documents, such as As, Cd and Hg in all meat samples is below the detection limit. In pork and beef from the Zmeinogorsky, Shipunovsky and Zonalny districts an excess of the MPC of lead (0.5 mg/kg) by 3-8 times (3.2 – 4.4 mgPb/kg) was detected. The fact that cows eat weeds on the roadsides can explained the high lead content in

beef. In most samples of various types of meat in different regions of the Altai Krai an insufficient iron content was noted, from 3.4 to 9.7 mg/kg, which is below the optimal value for human needs of 10 mg/k. Chicken meat has the lowest Fe content. Only in two beef samples from Shipunovsky and Zmeynogorsky districts the iron content reaches 14 and 15 mg/kg. The predominant trace elements in meat are Zn (14-48 mg/kg) and Fe. Pork from the Shipunovsky district and chicken meat from the Biysk poultry farm are distinguished by the lowest contents of studied microelements. The highest metal content (Pb (4.4 mg/kg), Cu (4.44 mg/kg) and Zn (37 mg/kg)) was found in beef from Shipunovsky district (Aleyskaya agroecological zone).

Keywords: meat; trace elements; zinc; iron; lead; copper; Altai Krai.

Received September 1, 2021

Сведения об авторах

Рождественская Тамара Анатольевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89050818226. E-mail: rtamara@iwer.ru.

Бабошкина Светлана Вадимовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89132167182. E-mail svetlana@iwer.ru.

Пузанов Александр Васильевич - директор, профессор, доктор биологических наук Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89039108368. E-mail: puzanov@iwer.ru.

Трошкова Ирина Александровна – младший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 8963516545. E-mail: egorka_iren@mail.ru.

Балыкин Сергей Николаевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89627908060. E-mail: balykins@rambler.ru.

Балыкин Дмитрий Николаевич - кандидат сельскохозяйственных наук научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89833961326. E-mail: balykindn@yandex.ru.

Салтыков Алексей Владимирович – научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89132720700. E-mail: saltykov@iwer.ru.

Пеленева Мария Петровна – ведущий инженер Института водных и экологических проблем СО РАН. Россия, 656038, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1, ИВЭП СО РАН. 89628064598. E-mail: kuroi_t@mail.ru.

Information about the authors

Rozhdestvenskaya Tamara Anatol'evna – PhD in Biology, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89050818226. E-mail: rtamara@iwep.ru.

Baboshkina Svetlana Vadimovna – PhD in Biology, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89132167182. E-mail: svetlana@iwep.ru.

Puzanov Alexander Vasil'evich - Dr Sc. in Biology, Professor, Director of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89039108368. E-mail: puzanov@iwep.ru.

Troshkova Irina Alexandrovna - Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 8963516545. E-mail: egorka_iren@mail.ru.

Balykin Sergey Nikolaevich - PhD in Biology, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89627908060. E-mail: balykins@rambler.ru.

Balykin Dmitry Nikolaevich – PhD in agricultural sciences, Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89833961326. E-mail: balykindn@yandex.ru.

Saltykov Alexey Vladimirovich - Researcher of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89132720700. E-mail: saltykov@iwep.ru.

Pelenyova Mariya Petrovna – Engineer of the Institute for Water and Environmental Problems SB RAS (IWEP SB RAS). 1, Molodezhnaya St., 656038 Barnaul, Russia. 89628064598. E-mail: kuroi_t@mail.ru.