

© Лыжина А.В., Унгурияну Т.Н., Родиманов А.В., 2018

УДК 613.2(470.11)

РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЕ СЫРЬЕ И ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

А.В. Лыжина¹, Т.Н. Унгурияну², А.В. Родиманов³

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», набережная Северной Двины, 17, г. Архангельск, 163002, Россия

²Управление Роспотребнадзора по Архангельской области, ул. Гайдара, 24, г. Архангельск, 163000, Россия

³ФБУ «Архангельский ЦСМ», ул. Шабалина, 3, г. Архангельск, 163060, Россия

Проведены гигиеническая оценка содержания химических веществ в продовольственном сырье и пищевых продуктах и оценка риска здоровью населения Архангельской области.

Уровни загрязнения тяжелыми металлами отдельных групп продуктов питания не превышают допустимые гигиенические нормативы. Наибольшему негативному воздействию подвержены гормональный обмен (HI = 3,9), нервная (HI = 3,4) и иммунная (HI = 3,2) системы, кожа (HI = 3,2). Приоритетными загрязнителями продовольственного сырья и пищевых продуктов являются мышьяк и свинец.

Высокий уровень канцерогенного риска ($CR = 1,4 \times 10^{-3}$) может быть сформирован контаминацией рыбы и рыбопродуктов неорганическим мышьяком, вклад которого в суммарный риск – 44,0 %.

Ключевые слова: пищевые продукты; тяжелые металлы; оценка риска.

A.V. Lyzhina, T.N. Unguryanu, A.V. Rodimanov □ **HEALTH RISK ASSESSMENT ASSOCIATED WITH CONTAMINATION BY HEAVY METALS OF FOOD PRODUCTS** □ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russia; Office of Rospotrebnadzor in Arkhangelsk region, 24, Gajdara str., Arkhangelsk, 163000, Russia; The State Regional Center for Standardization, Metrology and Testing in the Arkhangelsk Region and the Nenets Autonomous District, 3, Shabalina str., Arkhangelsk, 163060, Russia.

Hygienic assessment of chemicals' level in food products and health risk assessment of the population in Arkhangelsk region were carried out.

Levels of heavy metal contamination of certain food groups do not exceed allowable hygienic standards. Non-cancer risk was high for a hormonal system (HI = 3,9), nervous (HI = 3,4) and immune (HI = 3,2) systems, skin (HI = 3,2).

The priority pollutants of food products were arsenic and lead. Total cancer risk was high ($CR = 1,4 \times 10^{-3}$) and could be associated with fish contamination by inorganic arsenic (44,0 %).

Key words: food products; heavy metals; health risk assessment.

Тяжелые металлы занимают одно из ведущих мест по степени опасности для здоровья человека [10]. Для крупных городов с многопрофильной промышленностью характерно присутствие в окружающей среде ассоциации тяжелых металлов, способных оказывать комбинированное действие на организм, при котором может наблюдаться как суммирование эффектов, так и их потенцирование [7]. В Архангельской области основными источниками загрязнения воды, воздуха и почвы металлами являются предприятия целлюлозно-бумажной промышленности, теплоэлектростанции, предприятия судостроения и судоремонта, автомобильный и железнодорожный транспорт.

Загрязнение пищевых продуктов тяжелыми металлами вносит существенный вклад в формирование химической нагрузки на здоровье населения [10]. Тяжелые металлы оказывают широкий спектр действия на организм человека, включая токсическое, аллергическое, канцерогенное, гонадотропное, эмбриотоксическое и мутагенное действия [7].

В 2016 году в целом по Российской Федерации удельный вес проб продовольственного сырья и пищевых продуктов, не отвечающих требованиям гигиенических нормативов по содержанию химических загрязнителей, составил 0,56 % (0,55 % – в 2015 г.) [4]. В Архангельской области 1,3 % проб продовольственного сырья и пищевых продуктов не соответствовали ги-

гиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям. Установлено превышение гигиенических нормативов по содержанию мышьяка в пробах рыбы и рыбопродуктов и кадмия в пробах мяса и мясных продуктов. За 2014–2016 годы в Архангельской области увеличился удельный вес проб пищевых продуктов, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в 3,2 раза [3, 5].

На территории Архангельской области за период с 2011 по 2015 год уровень первичной заболеваемости взрослого населения болезнями эндокринной системы, связанный с нарушением питания, увеличился на 20,8 % [3].

Цель исследования – изучение степени загрязнения пищевых продуктов и продовольственного сырья тяжелыми металлами и оценка риска их воздействия на здоровье населения Архангельской области.

Материалы и методы. Для изучения структуры питания населения Архангельской области использована информация Федеральной службы государственной статистики за 2014–2016 годы. Содержание тяжелых металлов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть) в основных группах пищевых продуктов (мясо и мясные продукты, молоко и молочные продукты, рыба и рыбные продукты, сахар и кондитерские изделия, хлебные продукты) изучено по данным лабораторных исследований пищевых продуктов и продовольственного

сырья ФБУ «Архангельский ЦСМ» за 2014–2016 годы. Проведен анализ 12 050 исследований проб пищевых продуктов.

Расчеты экспозиции и риска проводились в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [6]. Распределение концентраций загрязняющих веществ статистически значимо отличалось от нормального, поэтому для оценки экспозиции и риска использованы медиана и 90-й процентиль содержания контаминантов в пищевых продуктах. Анализ данных проведен с помощью программного обеспечения SPSS 18.0 для Windows.

Группы пищевых продуктов проранжированы по вкладу в общее значение экспозиции. Для изучения неканцерогенных эффектов использован подход референтных доз, для канцерогенных эффектов – среднесуточные дозы поступления в течение всей жизни. Рассчитаны коэффициенты опасности (HQ), индексы опасности (HI), индивидуальный (CR) и ежегодный популяционный (PCR) канцерогенные риски. Допустимым уровнем неканцерогенных эффектов являлось значение HQ от 0,11 до 1,5, а HI – от 1,1 до 3,0. Для канцерогенных эффектов допустимым уровнем риска принято значение CR от $1,0 \times 10^{-6}$ до $1,0 \times 10^{-4}$. В качестве минимальных уровней риска рассматривались значения HQ менее 0,1, HI менее 1,0 и CR менее $1,0 \times 10^{-6}$ [6].

Результаты исследования. При анализе среднего потребления основных пищевых продуктов за 2014–2016 годы установлено, что население Архангельской области больше потребляло молоко и молочные продукты (172 л на человека в год), хлебные продукты (107 кг на человека в год), мясо и мясные продукты (76 кг на человека в год). В общей сумме потребляемых продуктов населением за год вклад указанных групп продуктов составил 41, 25 и 18 % соответственно. Потребление сахара и кондитерских изделий – 39 кг на человека в год, рыбы и рыбопродуктов – 27 кг на человека в год, что составило 9 и 6 % соответственно.

Количество проб продукции местного производства составило 8 582 (72 %), производства других регионов России – 3 090 (24 %). В структуре проб, исследованных по санитарно-химическим показателям, удельный вес проб мяса и мясной продукции и хлебных продуктов составил 33 и 32 % соответственно. Наибольший удельный вес проб продукции местного производства и регионов РФ составляют пробы мяса и мясной продукции (27 и 40 % соответственно) и хлебных продуктов (27 и 42 % соответственно). Удельный вес проб молока и молочной продукции составил 17 %, сахара и кондитерских изделий – 14 %, рыбы и рыбной продукции – 4 %.

При анализе концентраций контаминантов не установлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) на уровне медианных значений их содержания. Сравнительный анализ уровней контаминации пищевых продуктов (табл. 1), произведенных в Архангельской области и других регионах РФ, показал, что концентрация кадмия в мясе и мясной продукции местного производства на уровне P_{90} находится на нижней границе допустимого значения, а в мясе и мясной продукции производства регионов РФ превышает нижнюю границу ПДК (0,01 мг/кг) в 3 раза.

Концентрация ртути на уровне P_{90} в молоке и молочной продукции производства регионов Российской Федерации превышает нижнюю границу ПДК (0,005 мг/кг) в 2 раза, а в мясе и мясных продуктах, сахаре и кондитерских изделиях производства других регионов России находится на нижней границе гигиенического норматива (0,02 и 0,01 мг/кг соответственно).

Концентрация мышьяка, рассчитанная на уровне P_{90} , в рыбе и рыбных продуктах производства регионов РФ (1,0 мг/кг) установлена на нижней границе ПДК (1,0 мг/кг). Содержание свинца на уровне P_{90} в мясе и мясной продукции производства Архангельской области превышает в 2 раза концентрацию металла в продукции соответствующей группы, произведенной в других регионах РФ.

Таблица 1. Концентрации контаминантов продовольственного сырья и пищевых продуктов в зависимости от места производства за 2014–2016 годы, мг/кг

Table 1. Concentrations of contaminants of food raw materials and food products depending on the place of production for 2014–2016, mg/kg

Химические вещества	Архангельская область		Регионы Российской Федерации		ПДК, мг/кг
	Процентиль		Процентиль		
	50-й	90-й	50-й	90-й	
1	2	3	4	5	6
Молоко и молочные продукты					
Свинец	0,01	0,03	0,01	0,04	0,1–0,5
Мышьяк	0,000	0,000	0,000	0,03	0,05–0,3
Кадмий	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003–0,2
Ртуть	0,000	0,000	0,000	0,01	0,005–0,03
Хлебные продукты					
Свинец	0,02	0,04	0,02	0,09	0,35–1,0
Мышьяк	0,000	0,03	0,000	0,03	0,15–0,2
Кадмий	0,01	0,02	0,01	0,02	0,07–0,1
Ртуть	0,000	0,000	0,000	0,01	0,015–0,03
Мясо и мясные продукты					
Свинец	0,02	0,06	0,03	0,12	0,3–3,0
Мышьяк	0,000	0,000	0,000	0,01	0,1–1,0
Кадмий	0,000	0,01	0,000	0,03	0,01–1,0
Ртуть	0,000	0,01	0,000	0,02	0,02–0,2
Сахар и кондитерские изделия					
Свинец	0,02	0,05	0,02	0,10	0,5–1,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
Мышьяк	0,000	0,03	0,000	0,03	0,3–1,0
Кадмий	0,000	0,01	0,000	0,02	0,05–0,5
Ртуть	0,000	0,000	0,000	0,01	0,01–0,1
Рыба и рыбные продукты					
Свинец	0,02	0,09	0,04	0,07	0,5–10,0
Мышьяк	0,05	0,60	0,17	1,00	1,0–5,0
Кадмий	0,000	0,03	0,000	0,000	0,2–2,0
Ртуть	0,02	0,06	0,02	0,05	0,1–1,0

Уровень загрязнения мяса и мясных продуктов местного производства ртутью в 2 раза меньше, чем продукции производства других регионов РФ. Концентрация кадмия, рассчитанная на уровне P_{90} , в группе вышеуказанных продуктов, произведенных в других регионах РФ, в 3 раз больше, чем концентрация в продукции Архангельской области.

Медианные концентрации тяжелых металлов (свинца и мышьяка) в рыбе и рыбной продукции, произведенной в Архангельской области, в 2 и 3,4 раза соответственно меньше по сравнению с продукцией, произведенной в других регионах РФ.

Загрязнение мышьяком рыбы и рыбной продукции производства регионов РФ на уровне P_{90} в 1,6 раза превышало уровень загрязнения данной продукции производства Архангельской области. Хлебная продукция, произведенная в других регионах РФ, загрязнена свинцом в 2,3 раза больше, чем продукция данной группы местного производства.

При ранжировании пищевых продуктов по вкладу в общее значение экспозиции химическими веществами установлено, что наибольший вклад в экспозицию свинцом вносят молоко и молочные продукты (31,8 %), хлебные продукты (26,7 %), мясо и мясные продукты (20,1 %), сахар и кондитерские изделия (12,5 %), рыба и рыбные продукты (8,9 %). Дозовая нагрузка кадмием формируется только за счет хлебных продуктов. Рыба и рыбные продукты вносят основной вклад в экспозицию мышьяком и ртутью.

Значение HQ для мышьяка на уровне P_{90} (табл. 2) превышает приемлемый риск (1,0) в 2,8 раза. Коэффициенты опасности для свинца, ртути и кадмия не превышают границы референтного уровня.

Таблица 2. Суточные дозы (мг/кг в день) и коэффициенты опасности для основных загрязнителей пищевых продуктов

Table 2. Daily doses (mg/kg/day) and danger coefficients for major food contaminants

Химические вещества	Доза		Коэффициент опасности	
	Процентиль			
	50-й	90-й	50-й	90-й
Свинец	0,00180	0,00080	0,514	0,229
Ртуть	0,00002	0,00011	0,063	0,374
Кадмий	0,00004	0,00014	0,139	0,452
Мышьяк	0,00005	0,00085	0,175	2,845

При анализе HI, рассчитанных для веществ, оказывающих одностороннее действие на органы и системы (табл. 3), установлено, что настораживающий уровень риска (HI от 3,1 до 6) на уровне P_{90} существует для гормонального обмена, нервной и иммунной систем, кожи.

Таблица 3. Индексы опасности для веществ одностороннего действия, содержащихся в продуктах питания

Table 3. Hazard indices for unidirectional substances contained in food

Органы-мишени	Процентиль	
	50-й	90-й
Нервная система	0,753	3,448
Кожа	0,315	3,297
Репродуктивная система	0,577	0,603
Гормональный обмен	0,892	3,900
Иммунная система	0,239	3,219
Почки	0,202	0,826

В целом для всего населения Архангельской области риск развития канцерогенных эффектов при употреблении продовольственного сырья и пищевых продуктов находится на уровне, превышающем допустимый риск (табл. 4). Однако следует отметить, что в продовольственном сырье и пищевых продуктах мышьяк может присутствовать в органической или неорганической форме. Лабораторными исследованиями не установлена форма мышьяка в пищевых продуктах. В случае загрязнения продуктов питания мышьяком в неорганической форме суммарный индивидуальный канцерогенный риск (CR), рассчитанный на уровне P_{90} , является высоким ($1,4 \times 10^{-3}$). Вклад данного химического вещества в суммарный канцерогенный риск составляет 44,0 %.

В случае контаминации пищевых продуктов органическим мышьяком, не являющимся канцерогеном, суммарный индивидуальный канцерогенный риск развития рака на уровне P_{50} и P_{90} является допустимым ($1,0 \times 10^{-4}$ и $8,9 \times 10^{-3}$ соответственно) и связан с экспозицией свинцом (84,2 %).

Таблица 4. Индивидуальный канцерогенный риск, связанный с контаминацией химическими веществами пищевых продуктов

Table 4. Individual carcinogenic risk, related to chemical contamination of food products

Канцерогены	Процентиль		Вклад, %
	50-й	90-й	
Свинец	$8,5 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-3}$	47,1
Мышьяк	$7,9 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$	44,0
Кадмий	$1,6 \times 10^{-3}$	$5,2 \times 10^{-3}$	8,8
Суммарно	$1,8 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-3}$	100,0

Анализ популяционного канцерогенного риска (PCR), связанного с загрязнением свинцом, мышьяком и кадмием пищевых продуктов, показал, что при неизменном уровне экспозиции и численности экспонированной популяции при настораживающем уровне суммарного канцерогенного риска возможно развитие 209 случаев злокачественных новообразований за 70 лет (3

случая в год) и при высоком уровне – 1 596 случаев за 70 лет (23 случая в год) среди всего населения Архангельской области.

Обсуждение результатов. Результаты проведенного исследования показали, что уровни загрязнения тяжелыми металлами отдельных групп пищевых продуктов не превышают допустимые гигиенические нормативы, однако присутствие загрязняющего вещества ниже гигиенического норматива не может обеспечивать нулевой риск для здоровья. Тяжелые металлы (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть) обладают широким спектром неблагоприятного действия и представляют значительную опасность при хроническом воздействии, даже в небольших дозах [2, 7]. Установлены различия в контаминации химическими веществами продовольственного сырья и пищевых продуктов, произведенных на территории Архангельской области и других регионов России. Приоритетными загрязняющими веществами пищевых продуктов, обладающими кумулятивным действием, являются свинец, мышьяк и кадмий.

Данные, полученные в настоящем исследовании, согласуются с результатами гигиенической оценки содержания химических веществ в продуктах питания и оценкой риска воздействия пищевых продуктов на здоровье населения в Оренбургской области. Авторами установлено, что наибольший вклад в экспозицию свинцом (57 % от общей нагрузки) и кадмием (59 %) вносят хлебопродукты, овощи и бахчевые, мясо и мясопродукты; в экспозицию мышьяком (83,6 %) – хлебопродукты, овощи, бахчевые, рыба и рыбопродукты; в экспозицию ртутью (74 %) – рыба, хлебопродукты, овощи и бахчевые [8].

Оценка индексов опасности показала, что основной вклад в развитие неканцерогенного риска для здоровья населения Белгородской области вносят свинец (79,45–100,0 %) и мышьяк (55,71–91,98 %), загрязняющие пищевые продукты [9]. Аналогичные результаты получены и в Приморском крае, где по количественному поступлению тяжелых металлов с пищевыми продуктами свинец занимает первое место (42,2 %), на втором месте находится мышьяк (40,6 %), на третьем месте стоит кадмий (15,2 %) [1].

Наиболее подверженной токсическому действию химических веществ, загрязняющих пищевые продукты, у населения Архангельской области, как и Оренбургской области, является гормональная система (НП = 3,9 и НП = 2,5 соответственно).

Индивидуальный канцерогенный риск при пероральном поступлении с пищевыми продуктами мышьяка, рассчитанный на уровне P_{90} , является высоким как для населения Архангельской области ($1,3 \times 10^{-3}$), так и Оренбургской области ($1,25 \times 10^{-3}$) [8].

Заключение. По результатам исследования наиболее приоритетными химическими веществами, загрязняющими продовольственное сырье и пищевые продукты, потребляемые населением Архангельской области, являются мышьяк и свинец. Высокий риск развития канцерогенных эффектов требует разработки и принятия управленческих решений по снижению уровней загрязнения химическими веществами продовольственного сырья и пищевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кислицына Л.В., Иванова И.Л., Кикун П.Ф. Оценка риска вероятного воздействия тяжелых металлов в пищевых продук-

- тах на состояние здоровья населения Приморского края // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2015. № 4 (62). С. 78–83.
2. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.garant.ru/70106650> (дата обращения: 11.03.2018).
3. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Архангельской области в 2016 году: государственный доклад. Архангельск: Управление Роспотребнадзора по Архангельской области, 2017. 150 с.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. 220 с.
5. Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических загрязнителей пищевых продуктов на население: МУ 2.3.7.2519–09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 27 с.
6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 143 с.
7. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1 (23). С. 182–192.
8. Тулина Л.М., Вьяльцина Н.Е., Макарова Т.М. и др. Гигиеническая оценка содержания химических загрязнителей в продуктах питания и оценка риска воздействия пищевых продуктов на здоровье населения Оренбургской области // Анализ риска здоровью. 2014. № 1. С. 49–56.
9. Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья // Анализ риска здоровью. 2013. № 4. С. 54–63.
10. Чаплыгина И.А., Фомин Н.В. Гистобиохимический анализ проростков *Cucumis sativus* L., полученных при выращивании на почвогрунте, загрязненном тяжелыми металлами // Вестник КрасГАУ. 2013. № 5. С. 147–153.

REFERENCES

1. Kislitsyna L.V., Ivanova I.L., Kikun P.F. Otsenka riska veroyatnogo vozdeystviya tiazhelykh metallov v pishchevykh produktakh na sostoyanie zdorov'ya naseleniya Primorskogo kraja [Risk assessment of probable impact of heavy metals in food products on the health of the population of Primorsky Krai]. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka*, 2015, no. 4 (62), pp. 78–83. (In Russ.)
2. O bezopasnosti pishchevoy produkcii: TR TS 021/2011 [On the issue of food safety: TR CU 021/2011]. Available at: <http://base.garant.ru/70106650> (accessed 11.03.2018). (In Russ.)
3. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Arkhangel'skoj oblasti v 2016 godu: gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Arkhangelsk region in 2016: state report]. Arkhangelsk: Upravlenie Rospotrebнадзора po Arkhangel'skoj oblasti, 2017. 150 p. (In Russ.)
4. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federatsii v 2016 godu: gosudarstvennyj doklad [On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2016: state report]. Moscow: Federal'naja sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel'ej i blagopoluchija cheloveka, 2017. 220 p. (In Russ.)
5. Opredelenie ekspozitsii i otsenka riska vozdeystviya khimicheskikh kontaminantov pishchevykh produktov na naselenie: MU 2.3.7.2519–09 [Determination of exposure and risk assessment of exposure to chemical contaminants of food products on the population: MU 2.3.7.2519–09]. Moscow: Federal'nyj tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebнадзора Publ., 2010. 27 p. (In Russ.)
6. Rukovodstvo po otsenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagraznjajushchikh okruzhajushchuju sredu [Guidelines for the assessment of public health risks from exposure to chemicals that pollute the environment]. Moscow: Federal'nyj tsentr gos-sanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2004. 143 p. (In Russ.)
7. Teplaja G.A. Tjazhelye metally kak faktor zagraznenija okruzhajushchej sredy (obzor literatury) [Heavy metals as a factor of environmental pollution (review of literature)]. *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 2013, no. 1 (23), pp. 182–192. (In Russ.)
8. Tulina L.M., Vjal'tsina N.E., Makarova T.M. et al. Gigenicheskaja otsenka soderzhanija khimicheskikh kontaminantov v produktakh pitaniya i otsenka riska vozdeystviya pishchevykh produktov na zdorov'e naselenija Orenburgskoj oblasti [Hygienic assessment of the content of chemical contaminants in food and risk assessment of food exposure to the health of the population of the Orenburg region]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2014, no. 1, pp. 49–56. (In Russ.)
9. Fetter V.V. Otsenka riska dlja zdorov'ja naselenija khimicheskoi kontaminatsii produktov pitaniya i prodovol'stvennogo syr'ja [Human health risk assessment of the chemical contamination of food products and raw foods]. *Analiz riska zdorov'ju*, 2013, no. 4, pp. 54–63. (In Russ.)
10. Chaplygina I.A., Fomin N.V. Gistobiokhimicheskij analiz prorostkov *Cucumis sativus* L., poluchennykh pri vyrashchivanii na pochvoгрунте, zagraznennom tiazhelymi metallami [Histobiokhimical analysis of seedlings of *Cucumis sativus* L., obtained by cultivation on the soils contaminated with heavy metals]. *Vestnik KrasGAU*, 2013, no. 5, pp. 147–153. (In Russ.)

Контактная информация:

Лыжина Алена Васильевна, магистрант 2-го курса по направлению подготовки «Биотехнология» ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» e-mail: lav292007@rambler.ru

Contact information:

Lyzhina Alena, master's degree student of the 2nd year in the field of Biotechnology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov e-mail: lav292007@rambler.ru