

УДК 597.5:577.170.49

**ОЦЕНКА ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЫБНОГО СЫРЬЯ,
ИМПОРТИРУЕМОГО В КАЗАХСТАН**

**ҚАЗАҚСТАНҒА ИМПОРТТАЛАТЫН БАЛЫҚ ШИКІЗАТЫНЫҢ
ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ**

THE SAFETY ASSESSMENT OF THE RAW FISH, IMPORTED TO KAZAKHSTAN

*A.E. MATEEVA¹, P.U. UAZHANOVA¹, ZH. NABIYEVA¹, S.V. SHAKHOV², A.E. KUTSOVA²
A.E. MATEYEVA¹, R.U. UAZHANOVA¹, ZH. NABIYEVA¹, S. V. SHAKHOV², A.E. KUTSOVA²*

(Алматынський технологический университет¹, г.Алматы, Казахстан
Воронежский государственный университет инженерных технологий², г. Воронеж, Россия)
(Алматы технологиялық университеті¹, Алматы қ., Қазақстан
Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті², Воронеж қ., Ресей)
(Almaty Technological University¹, Almaty, Kazakhstan
Fornisci state University of Engineering Technologies², Voronezh, Russia)
E-mail: mateew@mail.ru

Статья посвящена исследованию содержания тяжелых металлов в мышечной ткани и органах основных промысловых рыб, импортируемых в Казахстан. Представлена информация об основных потоках импорта рыбного сырья в Казахстан, и результаты определения безопасности

рыбного сырья – содержание тяжелых металлов в мышечной ткани и органах основных видов промысловых рыб, определение безвредности и биологической активности на тест-культуре Parameciumcaudatum. Результаты исследований, полученные с использованием экспресс-биотеста, показывают, что рыбу, полученную промышленным рыболовством и импортируемую в Казахстан, можно считать экологически безопасным продуктом по содержанию тяжелых металлов.

Мақала Қазақстанға импортталатын негізгі кәсіпшілік балықтың бұлшықет ұлпаларындағы және органдарындағы ауыр металдардың мөлшерін зерттеуге арналған. Қазақстанға балық шикізаты импортының негізгі ағындары туралы ақпараттар, балық шикізатының қауіпсіздігін – кәсіпшілік балықтардың негізгі түрлерінің бұлшықет ұлпалары мен органдарындағы ауыр металдардың мөлшерін анықтау және Parameciumcaudatum тест-дақылында зиянсыздығы мен биологиялық белсенділігін анықтау нәтижелері келтірілген. Экспресс-биотестті пайдалана отырып алынған зерттеу нәтижелері кәсіпшілік балық аулау жолымен алынған және Қазақстанға импортталатын балықты ауыр металдар мөлшері жағынан экологиялық қауіпсіз өнім деп санауға болатындығын көрсетеді.

The article investigates the content of heavy metals in muscle tissue and organs of the main commercial fish imported into Kazakhstan. Provides information about the basic flow of imports of fish raw material in Kazakhstan, and the results determine the safety of fish raw material – the content of heavy metals (arsenic, lead, cadmium, mercury) in muscle and organs determination of fish and of the safety and biological activity in the test culture Parameciumcaudatum. The research results obtained by use of rapid bioassay, show that the fish received commercial fishing and imported to Kazakhstan, can be considered environmentally safe a product for heavy metals content.

Ключевые слова: промысловые рыбы, органы и ткани, тяжелые металлы, безопасность.

Негізгі сөздер: кәсіпшілік балықтар, органдар мен ұлпалар, ауыр металдар, қауіпсіздік.

Key words: commercial fish, organs and tissues, heavy metals, safety.

Введение

В связи со вступлением Казахстана в Евразийский экономический союз, вхождением в ВТО, а также изменениями внутренней среды – роста населения страны, интенсивным приростом потребления продуктов питания и изменением структуры потребления в сторону более качественных и разнообразных продуктов – развитие пищевой промышленности Казахстана в настоящее время особо актуально.

Рыба и морепродукты – один из наиболее ценных и питательных продуктов, составляющих значимую часть рациона населения в различных странах мира. Согласно официальным данным Комитета по статистике Республики Казахстан, потребление рыбы и морепродуктов в 2016 году среднестатистическим жителем страны составило 13 кг/год. По этому показателю страна уступает как среднемировым пока-

зателями (около 19 кг/чел в год) и, особенно, развитым Европейским и Североамериканским странам (не менее 21 и 24 кг/чел в год).

Основными импортерами рыбы в Казахстан являются Норвегия, Эстония, Россия, Исландия, Марокко и др. (табл. 1). Норвегия поставила за период с января по август 2016 года 9,8 тыс. тонн данной продукции, Эстония – 1,9 тыс. тонн, Исландия – 1,4 тыс. тонн и Марокко – 583 тонны. Всего объем импорта рыбной продукции за 8 месяцев 2016 года составил 16,8 тыс. тонн, или \$19,9 млн. в стоимостном выражении [1, 2].

Наибольшую часть импорта рыбы и морепродуктов в Республику Казахстан составляют рыба мороженая, филе и фарш из рыбы и моллюски и ракообразные [3]. Положительным сдвигом является увеличение на рынке объемов поставляемой живой и свежей рыбы (рис. 1).

Таблица 1 - Основные страны – поставщики мороженой рыбы в Казахстан за 2012 – 2016 гг., тонн

Страны	Временной период				
	2012	2013	2014	2015	2016
Норвегия	24666,9	17578,4	18682,5	19728,4	13458,3

Исландия	1050,4	1536,3	2285,3	2034,1	1067,0
Соедин. Королевство	1327,9	855,4	652,3	945,2	608,5
Россия	3251,5	9407,8	6873,2	7660,1	6972,7
Эстония	885,0	2064,2	1560,8	1929,2	611,3
Латвия	830,2	254,2	591,7	251,9	1151,7
Мавритания	204,1	899,4	878,8	463,0	336,0
Марокко	189,0	817,1	1092,3	657,7	584,0
Соединенные штаты	305,2	18,1	51,6	16,9	111,8
Канада	260,5	204,8	174,6	84,9	216,9
Аргентина	123,5	7,0	82,9	111,2	-
Испания	165,0	463,7	549,5	261,1	-
Литва	193,9	0,4	188,3	19,0	93,0
Германия	2,5	431,9	333,1	0,5	-
Фарерские острова	136,3	101,2	138,9	206,8	25,0
Чили	45,6	-	60,5	159,3	389,5

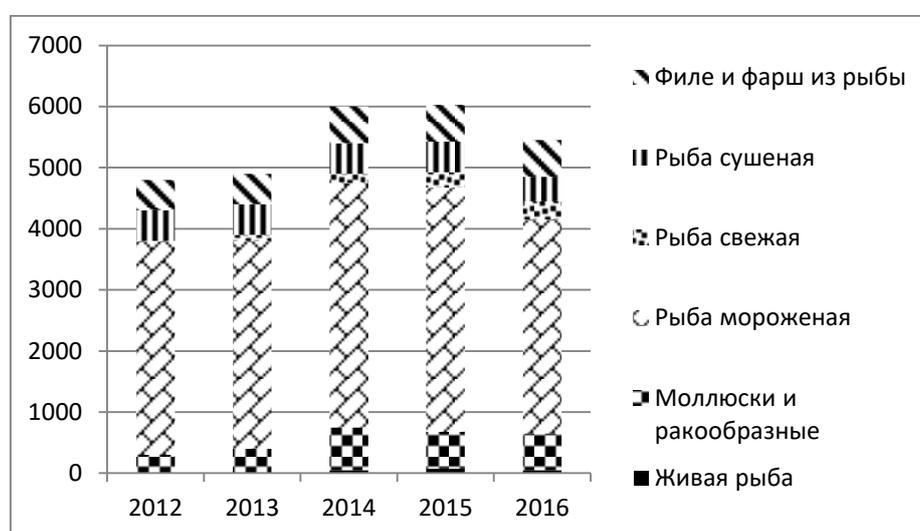


Рисунок 1 - Структура импорта рыбы и морепродуктов в Казахстан по годам и категориям

Рыба продолжает оставаться достаточно дорогим продуктом для казахстанцев, однако при дальнейшем росте конкуренции на рынке возможен перелом тренда и значительное увеличение объемов потребляемой рыбы и морепродуктов жителями Казахстана.

В связи с тем, что гидробионты, в особенности ихтиофауна, способны накапливать в органах и тканях тела загрязняющие вещества из окружающей их среды, значительный интерес представляет изучение степени аккумуляции тяжелых металлов отдельными органами и тканями промысловых рыб, так как имеющиеся в литературных источниках данные по этому вопросу являются разноречивыми и, в большинстве своем, неактуальными в связи с постоянно изменяющимся уровнем загрязнения водных ресурсов.

В процессе исследований были поставлены следующие цели:

- изучение основных потоков импорта рыбного сырья в Казахстан;
- определение безопасности рыбного сырья – содержания тяжелых металлов (мышьяка, свинца, кадмия, ртути) в мышечной ткани органах основных видов промысловых рыб и определение безвредности и биологической активности на тест-культуре *Paramecium-caudatum*.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны промысловые рыбы, импортируемые странами ВТО и пользующиеся повышенным спросом у населения с различным уровнем дохода (семга, форель, скумбрия, камбала и мойва).

При определении безвредности и биологической активности на тест-культуре *Parameciumcaudatum* в качестве тест-объекта использовался свободноживущий легко культивируемый одноклеточный организм – *Paramecium-caudatum* [4, 5].

Экспресс-биотест достаточно чувствительно реагирует на активные вещества, содержащиеся в испытуемых объектах. Скорость течения процессов жизнедеятельности тест-организма зависит от качества и количества пищевого субстрата. Состояние инфузорий оценивали каждые 0,5; 1,0; 3,0; 6,0 и 24,0 часа культивирования при 25°C по количеству и характеру движений инфузорий по следующим критериям: ИН – индифферентность – клетки совершают равномерные броуновские движения; БА – биоактивность – движения клеток изменены (БЦ – биоцидность, токсическое дейст-

вие: БЦ-50 – погибло 50±10% клеток, БЦ-100 – погибло 90±10% клеток (при разведении 1:1000 – объект оказывает слабо токсическое действие, 1:10000 – средне токсическое действие, 1:100000 – сильное токсическое действие, 1:100000 – очень сильное токсическое действие).

Определение содержания тяжелых металлов в пробах проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре электрической атомизацией «КВАНТ-Z.ЭТА-T» с программным обеспечением (рис. 2) в Алматинском технологическом университете.



Рисунок 2 – Спектрометр с электрической атомизацией «КВАНТ-Z.ЭТА-T»

Атомно-абсорбционная спектроскопия – метод элементного анализа, основанный на измерении селективного поглощения оптического излучения определенной длины волны нейтральными атомами определяемого элемента, один из самых точных и производительных физико-химических методов анализа жидких проб различного происхождения.

Метод измерений основан на измерении абсорбционности (оптической плотности) атомного пара определяемого элемента, получаемого при электротермической атомизации про-

бы в графитовой печи спектрометра. Измерения оптической плотности атомного пара производятся на резонансной спектральной линии элемента, излучаемой соответствующей лампой с полым катодом.

Подготовка и проведение атомно-абсорбционных измерений тяжелых металлов производились согласно НД [6-9].

Ход эксперимента иллюстрируется рисунком 3, на котором представлен процесс пробоподготовки и получения данных.

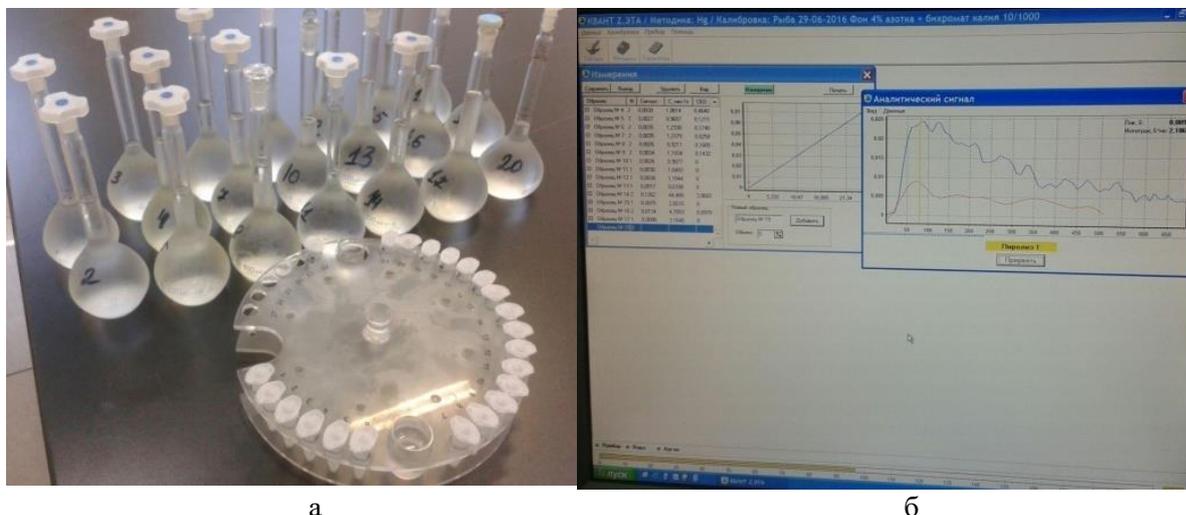


Рисунок 3 - Ход эксперимента: а – пробоподготовка; б – получение экспериментальных данных

Результаты и обсуждение

Проблема накопления тяжелых металлов в органах и тканях рыб является актуальной в связи с непрерывным загрязнением водных ресурсов этой группой химических элементов практически во всех без исключения странах [10–12], включая Россию [11, 13–15]. Тяжелые металлы, в отличие от органических соединений, в водных экосистемах существуют неопределенно долго, переходя из ионной формы в связанную, накапливаясь в гидробионтах в гораздо большем количестве, чем в среде их обитания, становясь, таким образом, высокотоксичными для живых организмов всех трофических уровней [13, 16]. Изучение уровня и характера накопления тяжелых металлов в мышечной ткани рыб необходимо в связи с потребностью нормирования содержания этих элементов в рыбопродуктах [17].

Попадая в организм, металлы-токсиканты чаще всего не подвергаются каким-либо су-

щественным превращениям, как это происходит с органическими токсикантами, а, включившись в биохимический цикл, они крайне медленно покидают его. Следует отметить, что прочность химических связей белков и других биологически важных компонентов крови с ионами любого металла достаточна для того, чтобы значительную часть времени своего пребывания в организме металл находился в виде комплекса с белками, аминокислотами и другими биологически активными соединениями. Попадание в организм избытка металлов может спровоцировать нарушение его функций, отравление или летальный исход. Степень такого воздействия зависит не только от концентрации тяжелых металлов, но также от природы металла.

Полученные данные о накоплении тяжелых металлов в мышечной ткани промысловых рыб представлены на рисунке 4.

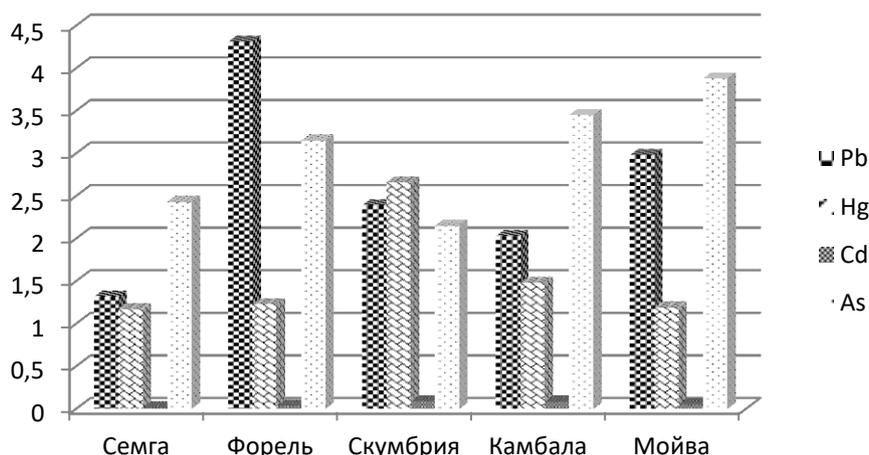


Рисунок 4 - Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани промысловых рыб, мкг/кг

Как следует из данных, представленных на рисунке 4, концентрация определявшихся металлов в мышечной ткани рыб в большинстве выборок невысокая – ниже или существенно ниже существующих допустимых остаточных концентраций этих элементов в свежих рыбопродуктах [6, 18, 19].

Тяжелые металлы, как правило, накапливаются не только в мышечной ткани рыбы, но и в различных органах, при этом их распределение по большей части неравномерно, а в ряде случаев избирательно.

Анализ содержания тяжелых металлов в органах и тканях (жабры, печень, почки и внутренний жир) исследуемых видов рыб позволил выявить следующие закономерности.

Для печени было выявлено накопление ртути (2,5–2,7 мкг/кг) и мышьяка (1,1–1,6 мкг/кг) в более высоких концентрациях по сравнению с другими органами, что объясняется обменно-депонирующей функцией этого органа. В жабрах рыб также обнаружен повышенный уровень ртути (0,93–1,04 мкг/кг) и кадмия (0,35–0,42 мкг/кг), что, вероятно, связано с их участием в обмене химическими элементами между водой и организмом рыб.

Также выявлено высокое содержание исследованных металлов в почках рыб, что обусловлено участием данных органов в процессах выделения и детоксикации.

При исследовании внутреннего жира определяемые металлы были обнаружены в незначительных количествах.

Оценка биологической активности методом разрешающего воздействия заключалась в

выявлении с помощью дополнительного разрешающего неблагоприятного фактора биологического действия полученного ферментного комплекса на механизм адаптации и резистентности клетки *Parameciumcaudatum*.

Таблица 2 – Изменение индекса интенсивности размножения клеток в зависимости от разведения

Наименование пробы	Индекс интенсивности размножения (ИИР) клеток		
	Разведения объекта		
	1:100	1:1000	1:10000
Семга	0,75	0,76	0,81
Форель	0,88	0,91	0,98
Скумбрия	0,60	0,72	0,79
Камбала	0,71	0,82	0,92
Мойва	0,73	0,78	0,82

Примечания:

ИИР – индекс интенсивности размножения клеток

ИИР – 1,0 – объект биологически не активен;

ИИР – >1,0 – объект стимулирует размножение клеток;

ИИР – <1,0 – объект не угнетает размножение клеток.

Таким образом, из данных таблицы 2 видно, что культура *Parameciumcaudatum* проявляет жизнеспособность, этим доказывается, что рыба не содержит угнетающих веществ и является безопасной [5].

Выводы

Проведенные исследования показали, что в мышечной ткани и органах рыб аккумулируется некоторое количество тяжелых металлов, что обусловлено их избыточным поступлением в водоемы с промышленными стоками, что свидетельствует о загрязнении водных бассейнов тяжелыми металлами.

Несмотря на наличие тяжелых металлов, их концентрация не выходит за пределы существующих допустимых остаточных концентраций этих элементов в свежих рыбопродуктах.

Кроме неравномерного распределения тяжелых металлов по органам и тканям имело место различное содержание элементов в различных частях одного и того органа, что объясняется различной поглотительной способностью клеток, а также различным уровнем обмена веществ.

Результаты исследований, полученные с использованием экспресс-биотеста, показывают, что рыбу, полученную промышленным рыболовством и импортируемую в Казахстан,

можно считать экологически безопасным продуктом по содержанию тяжелых металлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыба и морепродукты в Казахстане: рыбокомбинаты, объемы рынка, импорт и экспорт, прогнозы развития [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://kazdata.kz/04/2015-2014-kazakhstan-production-ryba-moreprodukty.html> - Загл. с экрана.
2. Кто кормит Казахстан рыбой. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ism.kz/kto-kormit-kazahstan-ryboj-infografika> - Загл. с экрана.
3. Краткий анализ рынка рыбной продукции в Казахстане. [Электронный ресурс] - Режим доступа: kazagro.kz/documents/16882/114904/Rynok_rybnoy_produkcii. - Загл. с экрана.
4. Антипова, Л. В., Глотова И. А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов // М.: Колос С, 2004. – 571 с.: ил. – (Учебники и учебное пособие для студентов высш. учеб.заведений).
5. Варфоломеев, С.Д. Химическая энзимология // М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 472 с.
6. ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. – Введ. 1998-01-01 - М.: Изд-во стандартов, 2003.- 32 с.
7. ГОСТ 31266-2004 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка. - Введ. 2007-01-06.- Белорусь.: Изд-во БелГИИС, 2007.- 16 с.
8. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. - Введ. 1996-01-01.- М.: Госстандарт Россия: Изд-во СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. – 11 с.
9. ГОСТ 31266-2004 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка. – Введ. 2007-01-06. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь: Изд-во БелГИСС, 2007. – 11 с.
10. Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.А. Рыбы пресных вод Субарктики как биоиндикаторы техногенного загрязнения. - Апатиты: РАН, 1999 - 142 с.

11. Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. - Новосибирск: Изд-во НГУ, 2002. - 267 с.

12. Лобус Н.В., Комов В.Г., Нгуен Тхи Хай Тхань. Содержание ртути в компонентах экосистем водоемов и водотоков провинции Кхань Хоа (Центральный Вьетнам) // Водные ресурсы. -2011. - № 6. - С. 733–739.

13. Комов В.Т., Степанова И.К., Гремячих В.А. Содержание ртути в мышцах рыб из водоемов Северо-Запада России: Причины интенсивного накопления и оценка негативного эффекта на состояние здоровья людей // Актуальные проблемы водной токсикологии. - Борок : ИБВ РАН, 2004. - С. 99–123.

14. Кириллов А.Ф., Саввинов А.И., Ходулов В.В., Попов П.А. Содержание металлов в рыбах среднего течения реки Лены // Доклады III Междунар. науч.-практич. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». - Семипалатинск: СемГУ, 2004. - Т. 2. - С. 227–231.

15. Попов П.А., Андросова Н.В. Индикация экологического состояния водных объектов Сибири по содержанию тяжелых металлов в рыбах // География и природные ресурсы, 2008. - № 3. - С. 36–41

16. Голованова И.Л. Влияние тяжелых металлов на физиолого-биохимический статус рыб и водных беспозвоночных // Биология внутренних вод.-2008. - № 1. - С. 99–108.

17. Ким И.Н., Штанько Т.И. О содержании ртути в рыбной продукции (Обзор литературы) // Гигиена и санитария. - 2009. - № 1. - С. 38–42.

18. Санитарные правила и нормы 2.3.2.560-960, 1997. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. - М. : Деловой центр, 1997. - 269 с.

19. Иванова Е.Е., Студенцова Н.А. и др. Качество и безопасность рыбы и рыбных продуктов // Известия ВУЗОВ. Пищевая технология. - 1999. - №5 - С.6.