

МРНТИ: 87.26.27

**Ю.Е. Артамонов\***, **А.Н. Кливенко**, **Е.Н. Артамонова**, **Е.П. Евлампиева**  
Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А  
\*artamonov\_kz@mail.ru

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБАХ РЕКИ ИРТЫШ**

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования поверхностных вод и рыб (окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), сазан (*Cyprinus carpio* L.), лещ обыкновенный (*Abramis brama* L.), щука обыкновенная (*Esox lucius* L.) р. Иртыш. Содержание Cu и Pb в органах и тканях рыб, обитающих в р. Иртыш в пределах г. Семей, определено дитизиновым фотометрическим методом. Экологическая оценка результатов свидетельствует о том, что концентрации Cu и Pb в изученных экземплярах рыб не превышают ПДК. Установлена достоверная разница в видовой специфике накопления тяжелых металлов в зависимости от типа питания рыб и времени года. Содержание Pb в различных органах окуня, сазана, леща и щуки колеблется от 0,062 мг/кг до 0,083 мг/кг. Наибольшая концентрация Cu наблюдается в хищных рыбах (3,27 мг/кг), наименьшая – в планктоноядных (2,82 мг/кг). Pb также преимущественно накапливается в щуке (0,073 мг/кг). Весной увеличивается содержание Pb в жабрах окуня и щуки, Cu – в жабрах леща и щуки. Максимальные концентрации Cu в рыбах отмечены летом, что связано с увеличением кормовой базы. Содержание Pb летом, наоборот, снижается вследствие его адсорбции взвешенными веществами и осаждения с ними в донные отложения.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, органы и ткани рыб, загрязнение, тяжелые металлы, медь, свинец.

### **Введение**

Тяжелые металлы – опасные экотоксиканты. Слежение за их накоплением в живых организмах является одной из основных задач при оценке состояния объектов окружающей среды.

Поступают тяжелые металлы в живые организмы преимущественно с водой, аэрозольный путь поступления имеет значительно меньшее значение. В дальнейшем в процессах метаболизма, в отличие от органических загрязнителей, тяжелые металлы практически не подвергаются существенной трансформации. Поэтому, попав в живое вещество, эти токсические соединения уже практически не выводятся из биологического круговорота.

Изучение содержания тяжелых металлов в гидробионтах Иртыша актуально в связи с тем, что ведущей отраслью Восточного Казахстана является цветная металлургия. Повышенные концентрации металлов со стоками предприятий поступают в речную экосистему и перераспределяются среди ее абиотической и биотической составляющими. Ряд металлов входит в состав многих важных биомолекул. Но их концентрации, превышающие фоновый уровень, к которому адаптированы живые организмы, приводят к различным токсическим эффектам.

Сведения о содержании металлов в рыбах р. Иртыш нашего региона немногочисленны, лучше изучены рыбы Обь-Иртышского бассейна [1-3]. И поскольку существует вероятность поступления в организм человека тяжелых металлов с продуктами рыболовства, то контроль за концентрациями данных токсикантов в рыбах жизненно необходим.

Работа проведена с целью экологической оценки содержания Cu и Pb в рыбах р. Иртыш в черте г. Семей.

### **Методы исследования**

Отбор проб поверхностных вод р. Иртыш осуществлялся в летний период. Отлов образцов рыбы произведен весной, летом и осенью. Отбирали 3-5 половозрелых особей

одного размера. Отбор проб воды и биологического материала и их пробоподготовку проводили согласно СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 «Вода. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 26929-94 «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов» [4, 5].

Содержание Cu и Pb установлено в мышцах, костях, жабрах и коже 4-х видов рыб (окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), сазан (*Cyprinus carpio* L.), лещ обыкновенный (*Abramis brama* L.), щука обыкновенная (*Esox lucius* L.). Выбор металлов объясняется тем, что Cu является истинным биоэлементом, но при высоких значениях оказывает токсическое действие на живые организмы, а Pb – результат антропогенного пресса или природных геохимических аномалий.

Определение металлов проводили фотометрическим дитизиновым методом, который основан на образовании красного дитизоната металлов при взбалтывании – экстракции анализируемого раствора с раствором дитизона в CCl<sub>4</sub> [6]. Вариационно-статистические параметры рассчитаны с помощью прикладных программ Microsoft Excel.

Рассчитаны коэффициенты опасности как отношение концентрации металла в объекте к установленным ПДК и коэффициенты накопления – отношение содержания элемента в гидробионте к его содержанию в воде.

### Результаты исследований

Интерес к изучению металлов в р. Иртыш обусловлен серьезной антропогенной нагрузкой в виде добычи и переработки цветных металлов. Экологические последствия этих процессов привлекли наше внимание, поскольку тяжелые металлы перераспределяются не только между поверхностными водами и донными отложениями, но и аккумулируются в гидробионтах, а также способны к биомагнификации.

На рисунке 1 показана карта-схема отбора проб поверхностных вод р. Иртыш, проведенного в черте г. Семей в летний период.



Рисунок 1 – Карта-схема отбора проб поверхностных вод р. Иртыш

Установлены концентрации Cu и Pb в воде р. Иртыш в районе отлова объектов исследования (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание металлов в поверхностных водах р. Иртыш в районе г. Семей, мг/л

Показатель	Металл					
	Cu			Pb		
	1	2	3	1	2	3
Класс опасности	3			2		
Концентрация	0,0017	0,0019	0,0017	0,0080	0,0082	0,0076
ПДКр.х. [7]	0,001			0,006		
Кратность превышения ПДК	1,8			1,3		

После анализа поверхностных вод на содержание тяжелых металлов была проведена сравнительная оценка полученных результатов с ПДК. Установлено превышение ПДК изученных металлов: Cu – в 1,8 раза, Pb – в 1,3 раза.

«Ядро» ихтиофауны р. Иртыш составляют щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), лещ обыкновенный (*Abramis brama* L.), стерлядь (*Acipenser*

*ruthenus L.*) и т.д. В результате проведенных нами исследований установлены концентрации Cu и Pb в различных органах окуня, сазана, леща и щуки р. Иртыш.

Для изучения сезонной динамики концентраций Cu и Pb в органах рыб р. Иртыш в весенний период были отобраны 5 экземпляров рыб. Результаты представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2 – Вариационно-статистические показатели содержания Cu в органах рыб реки Иртыш за весенний период, n=5

Вид рыбы	Мышцы	Кости	Жабры	Кожа
Окунь	$2,6 \pm 0,2$ 2,1-3,2	$1,86 \pm 0,10$ 1,5-2,2	$4,34 \pm 0,28$ 3,5-5,0	$2,28 \pm 0,07$ 1,1-3,7
Лещ	$1,92 \pm 0,19$ 1,1-2,2	$2,10 \pm 0,25$ 1,0-2,5	$5,12 \pm 0,21$ 2,9-4,5	$1,37 \pm 0,12$ 1,5-2,0
Щука	$1,55 \pm 0,20$ 1,0-1,9	$2,82 \pm 0,07$ 2,3-3,0	$7,58 \pm 0,25$ 3,6-5,0	$2,47 \pm 0,10$ 1,9-2,8

Примечание: В числителе –  $\bar{x} \pm S\bar{x}$  – средняя арифметическая (мг/кг) и ее ошибка, в знаменателе – размах варьирования.

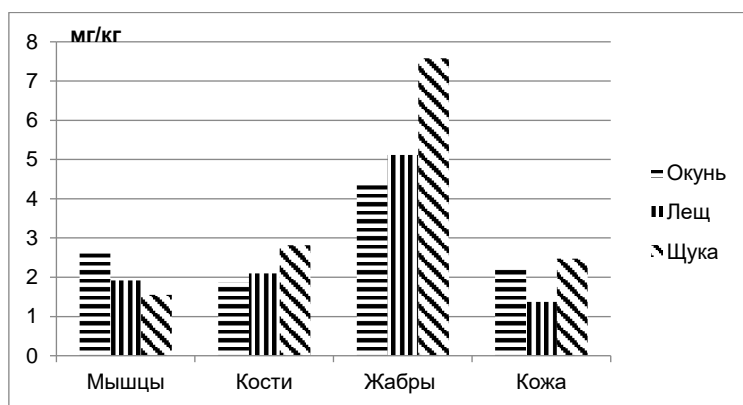


Рисунок 2 – Среднее содержание Cu в органах рыб р. Иртыш в весенний период

На рисунке 2 четко видно преобладание элемента в жабрах рыб, т.е. избирательное накопление металла различными органами рыб наиболее интенсивно происходит в органах, контактирующих с водой.

В летний период было продолжено изучение сезонной зависимости накопления металлов в рыбах Иртыша (табл. 3, рис. 3).

Таблица 3 – Вариационно-статистические показатели содержания Cu в органах рыб реки Иртыш за летний период, n=5

Вид рыбы	Мышцы	Кости	Жабры	Кожа
Окунь	$4,35 \pm 0,03$ 2,5-3,3	$2,1 \pm 0,8$ 1,7-1,9	$5,5 \pm 0,5$ 2,1-4,0	$4,23 \pm 0,25$ 1,9-3,2
Лещ	$3,47 \pm 0,21$ 2,1-2,8	$2,95 \pm 0,28$ 1,5-2,2	$4,05 \pm 0,10$ 1,0-3,5	$2,12 \pm 0,29$ 1,4-2,0
Щука	$4,0 \pm 0,3$ 1,6-3,3	$3,37 \pm 0,12$ 2,3-3,0	$3,24 \pm 0,07$ 1,4-2,7	$2,77 \pm 0,25$ 2,2-2,5

Примечание: В числителе –  $\bar{x} \pm S\bar{x}$  – средняя арифметическая (мг/кг) и ее ошибка, в знаменателе – размах варьирования.

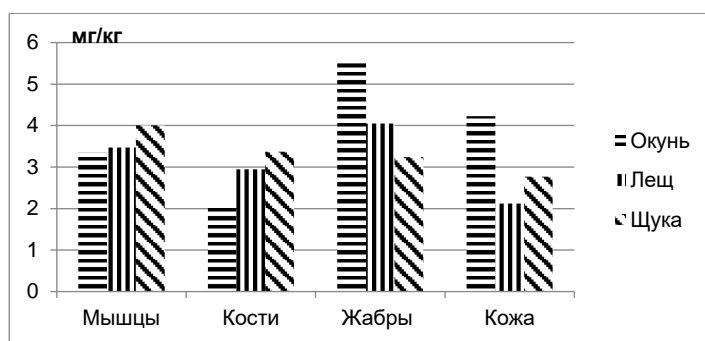


Рисунок 3 – Среднее содержание Си в органах рыб р. Иртыш в летний период

В таблице 4 и на рисунке 4 показано среднее содержание Си в органах рыб, изученных в осенний период.

Таблица 4 – Вариационно-статистические показатели содержания Си в органах рыб реки Иртыш за осенний период, n=12

Вид рыбы	Мышцы	Кости	Жабры	Кожа
Окунь	$\frac{2,70 \pm 0,25}{16,00; 0,43}$	$\frac{2,27 \pm 0,10}{7,50; 0,17}$	$\frac{3,63 \pm 0,28}{13,54; 0,49}$	$\frac{3,00 \pm 0,29}{16,82; 0,50}$
Сазан	$\frac{2,80 \pm 0,19}{11,66; 0,33}$	$\frac{2,73 \pm 0,29}{18,25; 0,50}$	$\frac{3,27 \pm 0,26}{13,77; 0,45}$	$\frac{2,53 \pm 0,21}{14,53; 0,39}$
Лещ	$\frac{2,40 \pm 0,20}{14,83; 0,35}$	$\frac{2,67 \pm 0,10}{6,37; 0,17}$	$\frac{3,17 \pm 0,12}{6,49; 0,20}$	$\frac{2,53 \pm 0,03}{1,86; 0,05}$
Щука	$\frac{2,77 \pm 0,07}{4,51; 0,12}$	$\frac{2,73 \pm 0,07}{4,56; 0,12}$	$\frac{3,50 \pm 0,08}{4,04; 0,14}$	$\frac{2,43 \pm 0,03}{1,94; 0,05}$

Примечание: В числителе –  $\bar{x} \pm S\bar{x}$  – средняя арифметическая (мг/кг) и ее ошибка, в знаменателе –  $C_v$  – коэффициент варьирования (%),  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

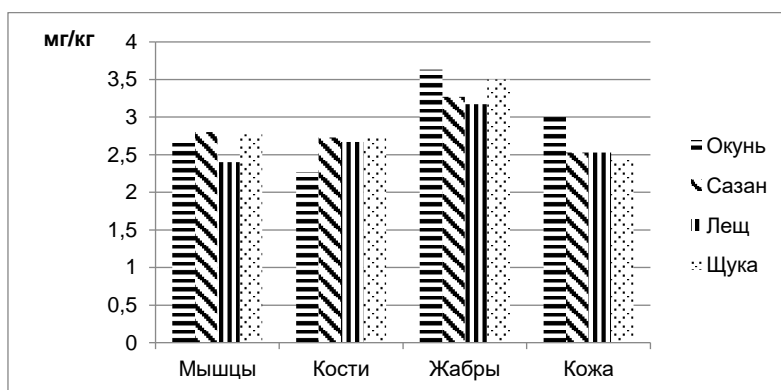


Рисунок 4 – Среднее содержание Си в органах рыб р. Иртыш в осенний период

Летом также зафиксировано преобладание Си в органах, контактирующих с водой – жабрах и коже окуня. Кроме того, отмечено повышенное содержание металла в жабрах в весенний период по сравнению с летним, что связано с увеличением концентрации взвешенных веществ во время весеннего половодья и сорбцией на взвеси тяжелых металлов. Осенью отмечены более высокие концентрации металла в мышцах, костях и коже окуня и леща, мышцах щуки в сравнении с весенними пробами. Осенью снижаются концентрации в жабрах всех исследованных видов, а также костях и коже щуки. В осенний период уменьшается поступление металлов в организм рыб, что связано, возможно, с сокращением кормовой базы. Так, осенью содержание Си в большинстве проб меньше, чем летом, за исключением костей окуня, кожи леща и жабр щуки.

Показатели содержания Pb в органах рыб р. Иртыш, исследованных в весенний период, представлены в таблице 5 и на рисунке 5.

Таблица 5 – Вариационно-статистические показатели содержания Pb в органах рыб реки Иртыш, исследованных весной (n=5)

Вид рыбы	Мышцы	Кости	Жабры	Кожа
Окунь	$\frac{0,042 \pm 0,003}{0,05-0,08}$	$\frac{0,056 \pm 0,008}{0,03-0,07}$	$\frac{0,084 \pm 0,002}{0,03-0,09}$	$\frac{0,079 \pm 0,005}{0,02-0,07}$
Лещ	$\frac{0,051 \pm 0,005}{0,03-0,05}$	$\frac{0,075 \pm 0,008}{0,04-0,08}$	$\frac{0,073 \pm 0,002}{0,02-0,07}$	$\frac{0,062 \pm 0,007}{0,05-0,08}$
Щука	$\frac{0,077 \pm 0,005}{0,06-0,08}$	$\frac{0,060 \pm 0,006}{0,03-0,05}$	$\frac{0,095 \pm 0,003}{0,07-0,09}$	$\frac{0,057 \pm 0,005}{0,05-0,09}$

Примечание: В числителе –  $\bar{x} \pm S\bar{x}$  – средняя арифметическая (мг/кг) и ее ошибка, в знаменателе – размах варьирования.

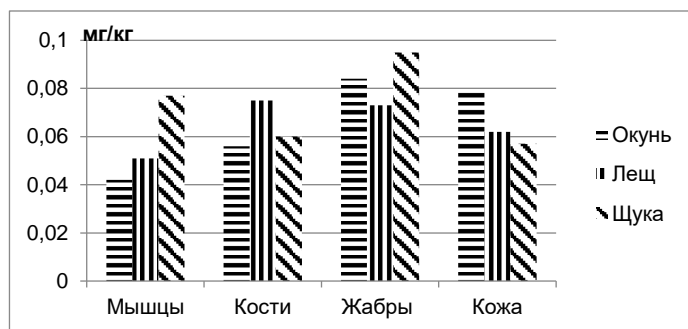


Рисунок 5 – Среднее содержание Pb в органах рыб р. Иртыш в весенний период

Максимальные значения Pb весной обнаружены в жабрах щуки, минимальные – в мышцах окуня.

В летний период максимум концентрации Pb зафиксирован в жабрах щуки, минимум – в мышечной ткани леща (табл. 6, рис. 6). В целом, металлы накапливаются во всех тканях организма. Но в основном они распределяются неравномерно, а в отдельных случаях избирательно. Такое неравномерное распределение Pb характерно для весенне-летнего периода.

Таблица 6 – Вариационно-статистические показатели содержания Pb в органах рыб реки Иртыш, исследованных летом, n=5

Вид рыбы	Мышцы	Кости	Жабры	Кожа
Окунь	$\frac{0,055 \pm 0,008}{0,03-0,07}$	$\frac{0,062 \pm 0,005}{0,03-0,05}$	$\frac{0,070 \pm 0,005}{0,06-0,09}$	$\frac{0,057 \pm 0,003}{0,01-0,07}$
Лещ	$\frac{0,050 \pm 0,005}{0,01-0,08}$	$\frac{0,059 \pm 0,005}{0,04-0,07}$	$\frac{0,077 \pm 0,003}{0,05-0,09}$	$\frac{0,055 \pm 0,003}{0,01-0,05}$
Щука	$\frac{0,071 \pm 0,003}{0,03-0,06}$	$\frac{0,069 \pm 0,005}{0,05-0,07}$	$\frac{0,084 \pm 0,010}{0,04-0,09}$	$\frac{0,060 \pm 0,003}{0,02-0,08}$

Примечание: В числителе –  $\bar{x} \pm S\bar{x}$  – средняя арифметическая (мг/кг) и ее ошибка, в знаменателе – размах варьирования.

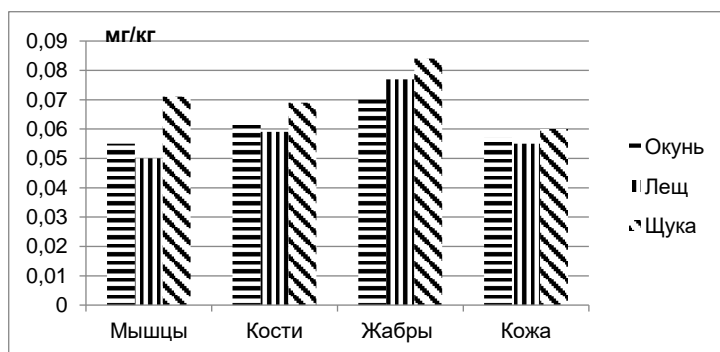


Рисунок 6 – Среднее содержание Pb в органах рыб р. Иртыш в летний период

В таблице 7 и на рисунке 7 показано среднее содержание Pb в органах рыб, изученных в осенний период.

Таблица 7 – Вариационно-статистические показатели содержания Pb в органах рыб реки Иртыш, исследованных осенью (n=12)

Вид рыбы	Мышцы	Кости	Жабры	Кожа
Окунь	$0,063 \pm 0,003$ 7,443; 0,005	$0,070 \pm 0,005$ 11,664; 0,008	$0,077 \pm 0,003$ 6,149; 0,005	$0,060 \pm 0,009$ 27,216; 0,016
Сазан	$0,063 \pm 0,010$ 26,837; 0,017	$0,07 \pm 0,005$ 11,664; 0,008	$0,087 \pm 0,003$ 5,439; 0,005	$0,063 \pm 0,003$ 7,443; 0,005
Лещ	$0,067 \pm 0,003$ 7,071; 0,005	$0,067 \pm 0,005$ 14,142; 0,009	$0,083 \pm 0,003$ 5,657; 0,005	$0,067 \pm 0,005$ 14,142; 0,009
Щука	$0,080 \pm 0,005$ 10,206; 0,008	$0,073 \pm 0,003$ 6,428; 0,005	$0,087 \pm 0,003$ 5,439; 0,005	$0,063 \pm 0,008$ 7,443; 0,005

Примечание: В числителе –  $\bar{x} \pm S\bar{x}$  – средняя арифметическая (мг/кг) и ее ошибка, в знаменателе – Cv – коэффициент варьирования (%),  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

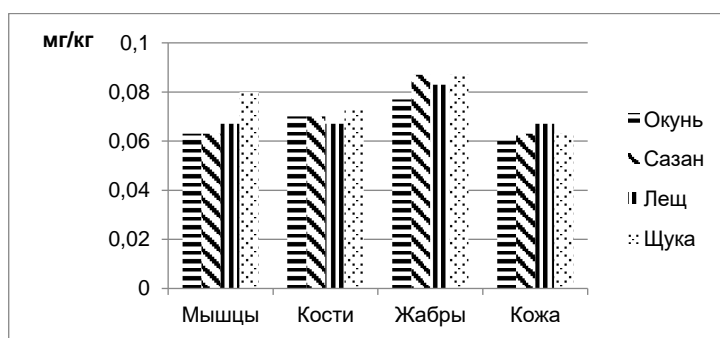


Рисунок 7 – Среднее содержание Pb в органах рыб р. Иртыш в осенний период

В большинстве отобранных осенью проб содержание Pb больше, нежели весной, за исключением жабр окуня и щуки, костей леща и кожи окуня.

Преимущественным накоплением Pb отличаются жабры сазана и щуки, меньше элемента обнаружено в коже и мышцах окуня. Наименьшее накопление Pb в кожных покровах рыб отмечено и в работах разных авторов [8, 9].

В основном тяжелые металлы поступают в организм рыб через жаберный аппарат, что связано с определяющей функцией этого органа, участвующего в обмене веществ между водой и гидробионтом.

В целом отмечено, что содержание металлов в рыбах варьирует в незначительных пределах. Рассчитанные коэффициенты вариации Cv составляют 1,9-18,3 %, Pb – 5,4-27,2 %.

На рисунке 8 представлены показатели содержания Cu в различных видах рыб р. Иртыш в различные сезоны.

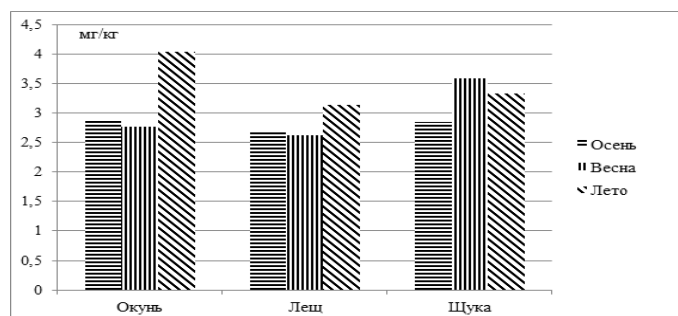


Рисунок 8 – Среднее содержание Cu в рыбах р. Иртыш в разные сезоны

Среднее содержание Cu в окуне и леще весной ниже, чем осенью. В летний период отмечены повышенные средние значения Cu в отобранных экземплярах рыб.

На рисунке 9 представлены показатели содержания Pb в различных видах рыб р. Иртыш в различные сезоны.

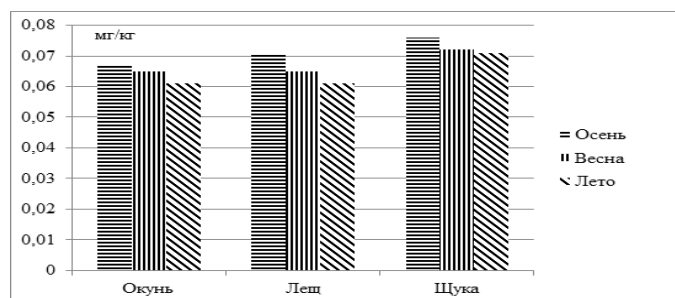


Рисунок 9 – Среднее содержание Pb в рыбах р. Иртыш в разные сезоны

Повышенное среднее содержание Pb во всех исследованных видах рыб обнаружено в осенний период. В пробах биоматериала, отобранного в летний период, Pb находится в пониженных концентрациях.

Исследована зависимость концентраций элементов в разных видах рыб от характера их питания. Наибольшая концентрация Cu наблюдалась в хищных рыбах: щуке и окуне, наименьшая – в планктоноядном леще. Pb также преимущественно накапливается в щуке, а содержание металла в окуне и леще примерно одинаковое, за исключением осеннего периода.

Полученные результаты сравнили с ПДК (Cu 10 мг/кг, Pb 1 мг/кг [7]) и выяснили, что количество металлов не превышают установленные нормативы. Также рассчитали коэффициенты накопления Кн и опасности Ко (табл. 8).

Коэффициент накопления используют для количественной оценки аккумуляции химических элементов из окружающей среды. Коэффициенты накопления колеблются от 1,54 до 9,62, что позволяет в зависимости от величины степени накопления вещества отнести Cu и Pb к группе слабого накопления ( $K_n < 50$ ), а также свидетельствует об отсутствии аккумуляции данных металлов в органах рыб из поверхностных вод Иртыша. Коэффициенты опасности Cu колеблются в пределах 0,26-0,40; Pb – 0,061-0,076, что свидетельствует об отсутствии превышения ПДК.

Таблица 8 – Коэффициенты накопления и опасности Cu и Pb в гидробионтах р. Иртыш

Металл		Вид	Кн	Ко
Осень	Cu	Окунь	1,70	0,28
		Сазан	1,66	0,28
		Лещ	1,58	0,26
		Щука	1,68	0,28
	Pb	Окунь	8,48	0,067
		Сазан	8,98	0,071
		Лещ	8,98	0,071
		Щука	9,62	0,076
Весна	Cu	Окунь	1,62	0,27
		Лещ	1,54	0,26
		Щука	2,11	0,36
	Pb	Окунь	8,22	0,065
		Лещ	8,22	0,065
		Щука	9,11	0,072
Лето	Cu	Окунь	2,37	0,40
		Лещ	1,84	0,31
		Щука	1,96	0,33
	Pb	Окунь	7,72	0,061
		Лещ	7,72	0,061
		Щука	8,98	0,071

## Обсуждение научных результатов

В результате проведенных исследований установлено, что концентрации Cu и Pb в поверхностных водах Иртыша превышают ПДК в 1,8 и 1,3 раза соответственно. Повышенные концентрации тяжелых металлов, поступающих в реку в первую очередь в результате деятельности предприятий цветной металлургии, являются ведущим фактором, влияющим на химический состав рыб, аккумуляцию и распределение металлов по их органам и тканям. Кроме того, существенный вклад может оказать и природная геохимическая аномалия, определяющая фоновые концентрации металлов в объектах окружающей среды. Поэтому суммарный эффект двух данных факторов может оказаться весьма значительным.

Тем не менее, в организмах окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis L.*), сазана (*Cyprinus carpio L.*), леща обыкновенного (*Abramis brama L.*) и щуки обыкновенной (*Esox lucius L.*) в настоящее время не установлено накопление металлов выше установленных нормативов.

Концентрации тяжелых металлов в организме рыб обусловлены свойствами элемента, сезонной изменчивостью, спецификой органа и типом питания рыб.

В летний период отмечены повышенные средние значения Cu в отобранных экземплярах рыб, концентрации Cu в окуне и леще весной ниже, чем осенью. Также повышенное среднее содержание Pb во всех видах рыб обнаружено в осенний период. Летом в рыбах Pb находится в пониженных концентрациях.

Наибольшая концентрация Cu наблюдалась в хищных рыбах, наименьшая – в планктоноядном леще. Pb также преимущественно накапливается в щуке, а содержание металла в окуне и леще примерно одинаковое, за исключением осеннего периода.

Распределение металлов в организме рыб характеризуется неоднородностью, что зависит от функциональных особенностей органов и тканей. Преимущественно металлы накапливаются в жабрах. Жаберный эпителий, по сравнению с другими покровами рыб, имеет значительно большую поверхность и активно взаимодействует с внешней средой, поэтому жабры фактически лишены защиты от действия различных веществ, присутствующих в воде, в том числе металлов [10].

Экологическая обстановка в р. Иртыш в настоящее время является удовлетворительной. Тяжелые металлы содержатся в рыбах в небольших концентрациях, не наносящих вреда их организмам. Этот ценный продукт питания пригоден для включения в рацион питания населения. Но дальнейший контроль за качеством данной пищевой продукции актуален и необходим в связи с повышенным содержанием металлов в водах р. Иртыш.

## Заключение

По результатам проведенных исследований сформулированы следующие выводы:

1. Концентрация Pb в поверхностных водах р. Иртыш в черте г. Семей составила в среднем 0,0080 мг/л, Cu – 0,0017 мг/л, что превышает нормативы Pb для объектов рыбохозяйственного значения в 1,3 раза, Cu – в 1,8 раза.

2. Содержание Pb в различных органах окуня, сазана, леща и щуки р. Иртыш составляет: в жабрах – 0,083 мг/кг, в костях – 0,067 мг/кг, в мышечной ткани и кожных покровах – 0,062 мг/кг. Установлена средняя концентрация Cu в разных органах изученных рыб р. Иртыш: жабры – 4,34 мг/кг, мышцы – 2,86 мг/кг, кожа – 2,57 мг/кг, кости – 2,56 мг/кг. Преимущественно тяжелые металлы поступают в организм рыб через жаберный эпителий.

3. Установлена достоверная разница в концентрациях Pb и Cu в исследованных видах рыб в зависимости от типа питания. Максимальное содержание Cu наблюдается в хищных рыбах: щуке (3,27 мг/кг) и окуне (2,23 мг/кг), наименьшее – в планктоноядном леще (2,82 мг/кг). Pb также преимущественно накапливается в щуке (0,073 мг/кг). Выявлена сезонная зависимость накопления металлов в органах рыб. Весной увеличивается содержание Pb в жабрах окуня и щуки, Cu – в жабрах леща и щуки. Максимальные концентрации Cu в рыбах отмечены летом, что связано с увеличением кормовой базы. Содержание Pb летом, наоборот, снижается вследствие его адсорбции взвешенными веществами и осадения с ними в донные отложения.

4. Cu и Pb в рыбах, обитающих в р. Иртыш, не превышают ПДК. Коэффициенты опасности Cu колеблются в пределах 0,26-0,40; Pb – 0,061-0,076, что свидетельствует об отсутствии превышения ПДК. Коэффициенты накопления колеблются от 1,54 до 9,62, что позволяет отнести Pb и Cu к группе слабого накопления ( $K_n < 50$ ), а также свидетельствует об отсутствии аккумуляции данных металлов в органах рыб из поверхностных вод Иртыша.



### Список литературы

1. Чемагин А.А., Волосников Г.И., Кыров Д.Н., Либерман Е.Л. Тяжелые металлы Hg, Cd, Pb в организме стерляди (*Acipenser ruthenus* L.), Нижний Иртыш // Вестник МГТУ. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 225-233.
2. Попов П.А., Андросова Н.В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 4(28). – С. 108-122.
3. Куликова Е.В., Тирская Н.А. Особенности накопления и перераспределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Бухтарминского водохранилища // Гидрометеорология и экология. – 2009. – № 2. – С. 144-152.
4. СТ РК ГОСТ Р 51592-2003. Вода. Общие требования к отбору проб. Государственный стандарт Республики Казахстан. – Введ. 07.11.2003 г. – Астана: Госстандарт, 2003. – 96 с.
5. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1996-01-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
6. Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Куницкая Т.А. Методы анализа почв и растений. – Рига: Зинатне, 1987. – 174 с.
7. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.3.2.560-96. Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. – Утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ 1996-10-24. – № 27. – 269 с.
8. Колесников В.А., Бойченко Н.Б. Динамика накопления соединений тяжелых металлов в органах и тканях разных видов рыб, обитающих в пределах одной водной экосистемы // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 8. – С. 93-104.
9. Бойченко Н.Б. Годовая и сезонная динамика содержания соединений тяжелых металлов в воде, органах и тканях рыб водоемов Красноярского края: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Красноярск, 2013. – 21 с.
10. Лобанова Т.А. Особенности накопления тяжелых металлов промысловыми видами рыб // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. – 2008. – № 1. – С. 18-21.

### References

1. Chemagin A.A., Volosnikov G.I., Kyrov D.N., Lieberman E.L. Heavy metals Hg, Cd, Pb in the body of sterlet (*Acipenser ruthenus* L.), Lower Irtysh // Bulletin of the Moscow State Technical University. – 2019. – Vol. 2, No. 2. – Pp. 225-233. (In Russian).
2. Popov P.A., Androsova N.V. The content of heavy metals in the muscle tissue of fish from reservoirs of the Ob River basin // Bulletin of Tomsk State University. Biology. – 2014. – № 4(28). – Pp. 108-122. (In Russian).
3. Kulikova E.V., Tirskaia N.A. Features of accumulation and redistribution of heavy metals in organs and tissues of fish of the Bukhtarma reservoir // Hydrometeorology and ecology. – 2009. – No. 2. – Pp. 144-152. (In Russian).
4. ST RK GOST R 51592-2003. Water. General requirements for sampling. State standard of the Republic of Kazakhstan. – Introduction. 07.11.2003 – Astana: Gosstandart, 2003. – 96 p. (In Russian).
5. GOST 26929-94. Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization to determine the content of toxic elements. Interstate Standard. – Introduction. 1996-01-01. – Moscow: Standartinform, 2010. – 12 p. (In Russian).
6. Rinkis G.Ya., Ramane H.K., Kunitskaya T.A. Methods of soil and plant analysis. – Riga: Zinatne, 1987. – 174 p. (In Russian).
7. Sanitary rules and regulations SanPiN 2.3.2.560-96. Hygienic requirements for the quality and safety of food raw materials and food products. – Approved by the resolution of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Federation 1996-10-24. – No. 27. – 269 p. (In Russian).
8. Kolesnikov V.A., Boychenko N.B. Dynamics of accumulation of heavy metal compounds in organs and tissues of different fish species living within the same aquatic ecosystem // Bulletin of KrasGAU. – 2012. – No. 8. – Pp. 93-104. (In Russian).
9. Boychenko N.B. Annual and seasonal dynamics of the content of heavy metal compounds in water, organs and tissues of fish reservoirs of the Krasnoyarsk Territory: Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Biological Sciences. – Krasnoyarsk, 2013. – 21 p. (In Russian).

**Ю.Е. Артамонов\*, А.Н. Кливенко, Е.Н. Артамонова, Е.П. Евлампиева**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

\*artamonov\_kz@mail.ru

### **ЕРТІС ӨЗЕНІНІҢ БАЛЫҚТАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ**

Мақалада жер үсті сулары мен балықтарды зерттеу нәтижелері келтірілген (кәдімгі алабұға (*Perca fluviatilis* L.), тұқы (*Cyprinus carpio* L.), кәдімгі қарақұйрық (*Abramis brama* L.), кәдімгі шортан (*Esox lucius* L.) Ертіс өзені. Семей қ. шегінде Ертіс өзенінде тұратын балықтардың ағзалары мен ұлпаларында *Cu* және *Pb* құрамы дитизондық фотометриялық әдіспен айқындалған. Нәтижелерді экологиялық бағалау зерттелген балық үлгілеріндегі *Cu* және *Pb* концентрациясы ШРК-дан аспайтынын көрсетеді. Балықтың қоректену түріне және жыл мезгіліне байланысты ауыр металдардың жинақталуының түрлік ерекшелігінде сенімді айырмашылық анықталды. Алабұға, сазан, қарақұйрық және шортанның әртүрлі мүшелеріндегі *Pb* мөлшері 0,062 мг/кг – нан 0,083 мг/кг-ға дейін өзгереді. *Cu*-ның ең жоғары концентрациясы жыртқыш балықтарда (3,27 мг/кг), ең азы планктон қоректілерде (2,82 мг/кг) байқалады. *Pb* негізінен шортанда жиналады (0,073 мг/кг). Көктемде алабұға мен шортанның желбезектеріндегі *Pb* мөлшері артады, *Cu* – қарақұйрық пен шортанның желбезектерінде. Балықтардағы *Cu* максималды концентрациясы жазда байқалады, бұл азық-түлік базасының ұлғаюына байланысты. Жазда *Pb* мөлшері, керісінше, оның тоқтатылған заттардың адсорбциясына және олармен бірге шөгінділерге түсуіне байланысты азаяды.

**Түйін сөздер:** жер үсті сулары, балық мүшелері мен тіндері, ластану, ауыр металдар, мыс, қорғасын.

**Yu. Artamonov\*, A. Klivenko, Ye. Artamonova, Ye. Yevlampiyeva**

University named after Shakarim, Semey city,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20A, Glinka str.

\*artamonov\_kz@mail.ru

### **ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN FISH OF THE RIVER IRTYSH**

The article presents the results of a study of surface waters and fish (perch (*Perca fluviatilis* L.), carp (*Cyprinus carpio* L.), bream (*Abramis brama* L.), pike (*Esox lucius* L.) of the Irtys River. The content of *Cu* and *Pb* in the organs and tissues of fish living in the Irtys River within the city of Semey was determined by the ditizon photometric method. The ecological assessment of the results indicates that the concentrations of *Cu* and *Pb* in the studied fish specimens do not exceed the MPC. A significant difference in the specific features of the accumulation of heavy metals has been established, depending on the type of fish nutrition and the time of year. The *Pb* content in various organs of perch, carp, bream and pike ranges from 0.062 mg/kg to 0.083 mg/kg. The highest concentration of *Cu* is observed in predatory fish (3.27 mg/kg), the lowest – in planktonivores (2.82 mg/kg). *Pb* also mainly accumulates in pike (0.073 mg/kg). In spring, the content of *Pb* in the gills of perch and pike increases, *Cu* – in the gills of bream and pike. The maximum concentrations of *Cu* in fish were observed in summer, which is associated with an increase in the food supply. The *Pb* content in summer, on the contrary, decreases due to its adsorption by suspended solids and deposition with them into bottom sediments.

**Key words:** surface waters, organs and tissues of fish, pollution, heavy metals, copper, lead.

### Сведения об авторах

**Юрий Евгеньевич Артамонов\*** – докторант кафедры «Химическая технология и экология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: artamonov\_kz@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8038-7692.

**Алексей Николаевич Кливенко** – PhD, и.о. ассоц. профессора кафедры «Химическая технология и экология»; руководитель Научного центра радиоэкологических исследований; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8971-686X

**Елена Николаевна Артамонова** – к.х.н., доцент кафедры «Химическая технология и экология»; e-mail: artlena2008@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3316-9713.

**Елена Петровна Евлампиева** – к.б.н., руководитель отдела по управлению научной деятельностью; e-mail: elena\_semei@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1953-3686

### Авторлар туралы мәліметтер

**Юрий Евгеньевич Артамонов\*** – химиялық технология және экология кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: artamonov\_kz@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8038-7692.

**Алексей Николаевич Кливенко** – PhD, м.а. ассоц. химиялық технология және экология кафедрасының профессор, Радиоэкологиялық зерттеулер ғылыми орталығының жетекшісі; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8971-686X

**Елена Николаевна Артамонова** – х.ғ.к., химиялық технология және экология кафедрасының доценті; e-mail: artlena2008@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3316-9713.

**Елена Петровна Евлампиева** – б.ғ.к., ғылыми қызметті басқару бөлімінің басшысы; e-mail: elena\_semei@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1953-3686

### Information about the authors

**Yuri Artamonov\*** – doctoral student, Department of "Chemical Technology and Ecology"; Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: artamonov\_kz@mail.ru ORCID: 0000-0002-8038-7692.

**Alexey Klivenko** – PhD, Acting Associate Professor of the Department of Chemical Technology and Ecology, Head of the Scientific Center for Radioecological Research; e-mail: alexeyklivenko@mail.ru ORCID: 0000-0002-8971-686X

**Elena Artamonova** – candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical Technology and Ecology; e-mail: artlena2008@mail.ru. ORCID: 0000-0002-3316-9713.

**Elena Yevlampiyeva** – PhD, Head of the Department for Scientific Activity Management; e-mail: elena\_semei@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1953-3686

*Материал поступил в редакцию 20.02.2023 г.*

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-1(9)-2

IRSTI: 83.77.01

**A. Zaidulla**

Astana IT University,  
010000, Republic of Kazakhstan, Astana, 55/11 Mangilik El Avenue  
e-mail: adilhanzai@gmail.com

## FORECASTING GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE INDUSTRIAL PRODUCTION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract:** *Excessive greenhouse gas (GHG) emissions are an environmental problem. Studies to determine cost-effective ways to reduce GHG emissions have revealed the need to model the dynamics of emissions of carbon dioxide, nitrous oxide, methane, and other gases. In this study, the calculation of CO<sub>2</sub> equivalent emissions from industrial processes and production in the territory of the Republic of Kazakhstan was carried out. When forecasting, the data provided by the UN Framework Convention on Climate Change were used. To predict CO<sub>2</sub> emissions from industrial production, tools for analysis and forecasting of time series were used: Prophet method, Cluster*