

4. Губарь Ю.П. Методические указания по определению численности бурого медведя. – М., 1990. – 31 с.
5. Глушков А.В. 100 рек Якутии (путеводитель-справочник). – Якутск, 1996. – 366 с.
6. Данилов П.И., Русаков О.С., Туманов И.Л. Хищные звери Северо-Запада СССР. – Л., 1979. – 160 с.
7. Егоров А.Д. Химический состав кормовых растений Якутии (лугов и пастбищ). – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 336 с.
8. Завацкий Б.П. Бурый медведь Средней Сибири // Медведи. – М., 1993. – С. 249–275.
9. Завацкий Б.П. О половозрастной структуре популяции бурого медведя // Проблемы охотоведения и охраны природы. – М., 1975. – С. 84–86.
10. Макарова О.А., Ермолаев В.Т. Бурый медведь в Мурманской области // Экология наземных позвоночных Северо-Запада СССР. – Петрозаводск, 1986. – С. 104–110.
11. Мордосов И.И. Бурый медведь Якутии // Медведи. – М., 1993. – С. 91–135.
12. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. – М., 1953. – 512 с.
13. Павлов М.П. Бурый медведь в Вятской тайге // Экология медведей. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 34–38.
14. Потапов В.Я. Углеводы и лигнин в кормовых травах Якутии. – М.: Наука, 1967. – 173 с.
15. Ревин Ю.В. Млекопитающие Южной Якутии. – Новосибирск: Наука, 1989. – 320 с.
16. Сапожников Ю.Ф. Бурый медведь в Костромской области // Зоол. журн. – 1973. – Т. 52. – С. 783–786.
17. Седалищев В.Т. Причины агрессивного поведения бурого медведя (*Ursus arctos* L., 1758) в Южной и Юго-Западной Якутии // Биологические науки Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 6–11.
18. Серёдкин И.В. Пищевое поведение бурого медведя и характер потребления им кормов в Сихотэ-Алине // Успехи наук о жизни. – 2011. – № 3. – С. 102–119.
19. Смирнов М.Н., Носков В.Т., Кельберг Г.В. Экология и хозяйственное значение бурого медведя в Бурятии // Экология медведей. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 60–76.
20. Собанский Г.Г., Завацкий Б.П. Бурый медведь на Алтае и Саянах // Медведи. – М., 1993. – С. 214–249.
21. Млекопитающие Якутии / В.А. Тавровский, О.В. Егоров, В.Г. Кривошеев [и др.]. – М.: Наука, 1971. – 660 с.
22. Чернявский Ф.Б. Млекопитающие крайнего северо-востока Сибири. – М.: Наука, 1984. – 388 с.



УДК 577.4(571.51)

В.А. Колесников, Н.Б. Бойченко

#### ГОДОВАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ РЕК ЕНИСЕЙ, ЧУЛЫМ, КАН КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

*В статье представлены данные о содержании тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, цинка, меди) в воде рек Красноярского края. Приведен анализ годовой и сезонной динамики токсикоэлементов.*

**Ключевые слова:** вода, тяжелые металлы, свинец, кадмий, цинк, медь, ртуть.

V.A. Kolesnikov, N.B. Boichenko

#### YEARLY AND SEASONAL DYNAMICS OF THE HEAVY METAL CONTENT IN THE WATER OF THE KRASNOYARSK TERRITORY RIVERS YENISEI, CHULYM, KAN

*The data on the heavy metal content (lead, cadmium, mercury, zinc, copper) in the water of the Krasnoyarsk Territory rivers are presented in the article. The analysis of the toxic element yearly and seasonal dynamics is provided.*

**Key words:** water, heavy metals, lead, cadmium, zinc, copper, mercury.

---

**Введение.** В современных условиях обеспечение населения доброкачественной питьевой водой является актуальной гигиенической, научно-технической и социальной проблемой [1]. Безопасность питьевого водоснабжения – одна из главных составляющих безопасности населения России [5]. Сбросные воды содержат различные загрязнения, в том числе соли тяжелых металлов [6]. Водная среда обеспечивает наилучшие условия для накопления соединений тяжелых металлов.

Особую опасность представляют тяжелые металлы, такие, как свинец, кадмий, ртуть, медь, цинк и другие, поскольку способны образовывать нерастворимые соединения и накапливаться в пищевых цепях водных и наземных экосистем, долгое время находиться в почве и водоемах [2].

Высокое содержание тяжелых металлов в почве приводит к повышенной концентрации их в контактирующих с почвой объектах окружающей среды (атмосферный воздух, растениеводческая продукция и вода) [3].

Наихудшие условия протекания самоочищения обусловлены высоким уровнем загрязнения воды на фоне малых скоростей течения и низких температур воды в периоды весеннего и осеннего половодья. Вода характеризуется физиологически непостоянным составом в продолжительные периоды половодья весной и осенью [4]. Предельно допустимые уровни их в биологических объектах и продуктах нормируются СанПиН 2.3.2. 1078-01 от 2002 года [2].

Актуальность изучения данной темы связана с тем, что для населения основными источниками поступления в организм солей тяжелых металлов являются пищевые продукты, в том числе вода. Данная исследовательская работа посвящена оценке экологической безопасности рек Красноярского края и изучению динамики токсикозэлементов в объектах гидросферы.

В 2008–2011 гг. были проведены исследования воды рек Енисей, Чулым и Кан Красноярского края по содержанию соединений тяжелых металлов.

**Цель исследований.** Изучить годовую и сезонную динамику содержания соединений тяжелых металлов, а именно свинца, кадмия, меди, цинка и ртути, в воде рек Енисей, Чулым и Кан Красноярского края.

**Задачи исследований.** Определить уровень содержания тяжелых металлов в водотоках; проследить годовую и сезонную динамику тяжелых металлов в воде данных пресноводных объектов.

**Объекты и методы исследований.** Пробы воды из рек отбирались посезонно в количестве 10 образцов по 1 л. Определение свинца, кадмия, меди и цинка проводилось в химико-токсикологическом отделе КГКУ «Краевая ветеринарная лаборатория» методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Для предварительной обработки проб использовался метод сухого озоления с последующим определением токсикоэлемента в водном растворе на атомно-абсорбционном анализаторе «Solaar-S».

Содержание ртути в исследуемых образцах определяли методом абсорбции холодного пара. Для предварительной обработки проб использовался метод мокрого озоления с последующим определением токсикоэлемента в водном растворе на ртутном анализаторе УКР-1МЦ.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты фактического содержания, а также годовой и сезонной динамики, тяжелых металлов в воде исследуемых рек отражены в табл. 1–5.

Таблица 1

**Сезонная динамика содержания соединений свинца в реках Енисей, Кан, Чулым Красноярского края в период исследований 2008–2011 гг., мг/л (ПДК 0,03 мг/л)**

Сезон	Енисей	Кан	Чулым
1	2	3	4
2008 год			
Зима	0,001±0,0003**	0,001±0,0003**	Менее 0,001
Весна	0,002±0,0005*	0,002±0,0005*	0,410±0,150***
Лето	0,001±0,0003**	0,002±0,0005*	0,372±0,140***
Осень	0,001±0,0003**	0,003±0,00075*	0,416±0,160***
2009 год			
Зима	0,001±0,0003*	0,003±0,0006*	0,001±0,0003*
Весна	0,001±0,0003*	0,002±0,0006*	0,002±0,0005**
Лето	0,002±0,0005*	0,002±0,0005*	Менее 0,001
Осень	0,001±0,0003*	0,002±0,0004*	0,001±0,0003**
2010 год			
Зима	0,001±0,0003*	0,002±0,0004**	Менее 0,001
Весна	0,002±0,0005*	0,002±0,0006*	0,001±0,0003*
Лето	0,001±0,0003*	0,002±0,0005*	Менее 0,001
Осень	Менее 0,001	0,003±0,0006*	Менее 0,001
2011 год			
Зима	0,001±0,0003*	0,015±0,0038*	0,001±0,0003**
Весна	0,002±0,0004*	0,053±0,0132*	0,001±0,0004*

1	2	3	4
Лето	Менее 0,001	0,004±0,0011*	Менее 0,001
Осень	0,001±0,0003**	0,002±0,0005*	Менее 0,001
В среднем за четыре года			
Зима	0,001±0,0003*	0,005±0,0013**	0,001±0,0003*
Весна	0,002±0,0004*	0,015±0,0040*	0,104±0,0540***
Лето	0,001±0,0003*	0,003±0,0006*	0,372±0,1450***
Осень	0,001±0,0003**	0,002±0,0006*	0,209±0,0890***

\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,05$ .

В результате исследований выявлено, что наибольшее содержание свинца в водоемах отмечалось весной (от 0,001 до 0,410 мг/л). Минимальная концентрация поллютанта составляла менее 0,001 мг/л. Значительное содержание токсикоэлемента (0,410 мг/л) было отмечено в пробах воды р. Чулым весной 2008 г., при этом разница с другими сезонами недостоверна. Также достаточно высокий уровень соединений свинца отмечен в воде р. Кан весной 2011 г. (0,0528 мг/л).

Таблица 2

**Сезонная динамика содержания соединений кадмия в реках Енисей, Кан, Чулым Красноярского края в период исследований 2008–2011 гг., мг/л (ПДК 0,001 мг/л)**

Сезон	Енисей	Кан	Чулым
2008 год			
Зима	Менее 0,0002	Менее 0,0002	0,0005±0,00013**
Весна	Менее 0,0002	0,0010±0,00025*	0,0030±0,0016***
Лето	Менее 0,0002	Менее 0,0002	0,0020±0,0012***
Осень	Менее 0,0002	0,0003±0,00008**	0,0031±0,0016***
2009 год			
Зима	Менее 0,0002	0,0002±0,00004*	0,0006±0,00015*
Весна	Менее 0,0002	0,0008±0,0002*	0,0009±0,00023**
Лето	0,0003±0,00008**	0,0005±0,00013**	Менее 0,0002
Осень	Менее 0,0002	0,0003±0,00008**	0,0005±0,00013**
2010 год			
Зима	Менее 0,0002	Менее 0,0002	0,0006±0,00015*
Весна	Менее 0,0002	0,0009±0,00023**	0,0006±0,00015*
Лето	Менее 0,0002	Менее 0,0002	Менее 0,0002
Осень	Менее 0,0002	0,0004±0,0001*	0,0005±0,00013**
2011 год			
Зима	Менее 0,0002	0,0042±0,0011**	0,0005±0,00013**
Весна	0,0010±0,00025*	0,0009±0,00022*	0,0008±0,0002*
Лето	Менее 0,0002	0,0002±0,00004*	Менее 0,0002
Осень	Менее 0,0002	0,0005±0,00013**	0,0005±0,00013**
В среднем за четыре года			
Зима	Менее 0,0002	0,0022±0,012***	0,0006±0,00015*
Весна	0,0010±0,00025*	0,0009±0,00023**	0,0013±0,0003*
Лето	0,0003±0,00008**	0,0004±0,0001*	0,0020±0,0012***
Осень	Менее 0,0002	0,0004±0,0001*	0,0012±0,0003*

\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,05$ .

Наибольшая изменчивость кадмия в водоемах отмечалась весной (от 0,0001 до 0,0301 мг/л), при этом больше всего элемента найдено в воде р. Чулым в 2008 г. (0,0301 мг/л). Наименьшая концентрация поллютанта не превышала 0,0001 мг/л. Относительно высокие концентрации кадмия (0,001 мг/л) по сравнению с другими водоемами были отмечены в пробах воды рек Кан (весенний период 2008 г.) и Енисей (весна 2011 г.).

Таблица 3

Сезонная динамика содержания соединений меди в реках Енисей, Кан, Чулым Красноярского края в период исследований 2008–2011 гг., мг/л (ПДК 1,0 мг/л)

Сезон	Енисей	Кан	Чулым
2008 год			
Зима	0,070±0,0175*	0,090±0,0360***	0,013±0,0033**
Весна	0,070±0,0175*	0,150±0,0375*	0,800±0,4000***
Лето	0,051±0,0128*	0,085±0,0210*	0,860±0,4400***
Осень	0,016±0,0040*	0,090±0,0225*	0,864±0,4400***
2009 год			
Зима	0,050±0,0125*	0,100±0,0250*	0,012±0,0030*
Весна	0,062±0,0155*	0,100±0,0250*	0,013±0,0033**
Лето	0,051±0,0130**	0,050±0,01250*	0,010±0,0025*
Осень	0,070±0,0175*	0,100±0,0250*	0,009±0,0023**
2010 год			
Зима	0,060±0,0150*	0,100±0,0250*	0,014±0,0035*
Весна	0,078±0,0200*	0,110±0,0280**	0,019±0,0048*
Лето	0,050±0,0125*	0,090±0,0225*	0,002±0,0003*
Осень	0,011±0,0028*	0,070±0,0175*	0,011±0,0030**
2011 год			
Зима	0,071±0,018*	0,052±0,0129*	0,012±0,0030*
Весна	0,110±0,0275*	0,064±0,0160*	0,021±0,0050*
Лето	0,110±0,0275*	0,051±0,0130**	0,008±0,0020*
Осень	0,012±0,003*	0,087±0,0220*	0,008±0,0020*
В среднем за четыре года			
Зима	0,048±0,0125*	0,085±0,021*	0,013±0,003**
Весна	0,080±0,020*	0,106±0,027**	0,213±0,050**
Лето	0,065±0,016*	0,069±0,018*	0,220±0,050**
Осень	0,027±0,006*	0,087±0,022*	0,223±0,050**

\*  $P < 0,001$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,05$ .

Наибольшее содержание меди в водоемах отмечалось весной 2008 г. в воде р. Чулым – от 0,013 до 0,8 мг/л. Минимальная концентрация не превышала 0,0015 мг/л. По сравнению с другими реками относительно высокий уровень меди обнаружен в воде рек Кан – 0,15 мг/л (весна 2008 г.) и Енисей – 0,11 мг/л (весна и лето 2011 г.).

Таблица 4

Сезонная динамика содержания соединений цинка в реках Енисей, Кан, Чулым Красноярского края в период исследований 2008–2011 гг., мг/л (ПДК 5,0 мг/л)

Сезон	Енисей	Кан	Чулым
1	2	3	4
2008 год			
Зима	0,500±0,125*	0,100±0,025*	0,090±0,023*
Весна	0,500±0,125*	0,077±0,019*	20,090±5,500**
Лето	0,500±0,125*	0,090±0,023*	19,000±5,300**
Осень	0,050±0,013*	1,200±0,300*	16,300±4,600**
2009 год			
Зима	0,600±0,150*	0,500±0,125*	0,120±0,030*
Весна	0,505±0,126*	0,110±0,028*	0,200±0,050*
Лето	0,171±0,043*	0,200±0,050*	0,090±0,023**
Осень	0,513±0,128*	2,000±0,500*	0,090±0,023**

1	2	3	4
2010 год			
Зима	0,490±0,120*	1,000±0,250*	0,110±0,028**
Весна	0,502±0,126*	0,090±0,0230**	0,150±0,038*
Лето	0,459±0,115*	0,1500±0,038*	0,005±0,002***
Осень	0,050±0,013*	1,500±0,375*	0,050±0,013**
2011 год			
Зима	0,600±0,150*	0,064±0,016*	0,110±0,028*
Весна	1,500±0,375*	0,027±0,007*	0,180±0,045*
Лето	0,780±0,195*	0,079±0,020**	0,087±0,022*
Осень	0,052±0,013*	1,258±0,315*	0,090±0,023**
В среднем за четыре года			
Зима	0,548±0,130*	0,416±0,110*	0,108±0,028*
Весна	0,752±0,190*	0,076±0,020**	5,160±1,800**
Лето	0,477±0,120*	0,130±0,040*	4,800±1,600**
Осень	0,166±0,041*	1,490±0,375*	4,160±1,350**

\* $P < 0,001$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,05$ .

В весенний период в водоемах заметно возрастает содержание цинка. Так, наибольший уровень отмечался весной (от 0,027 мг/л в воде р. Кан в 2011 г. до 20,0 мг/л в воде р. Чулым в 2008 г.). Наименьшая концентрация при этом находилась на отметке 0,0049 мг/л. Помимо этого, повышенный уровень цинка был отмечен в пробах воды рек Кан (2,0 мг/л) и Енисей (1,5 мг/л) соответственно осенью 2009 г. и весной 2011 г.

Таблица 5

**Сезонная динамика содержания соединений ртути в реках Енисей, Кан, Чулым Красноярского края в период исследований 2008–2011 гг., мг/л (ПДК 0,0005 мг/л)**

Сезон	Енисей	Кан	Чулым
2008 год			
Зима	Менее 0,0001	Менее 0,0001	0,0001±0,00003**
Весна	Менее 0,0001	0,0008±0,0002*	0,0050±0,0010*
Лето	Менее 0,0001	0,0005±0,0002***	Менее 0,0001
Осень	Менее 0,0001	0,0002±0,00005*	Менее 0,0001
2009 год			
Зима	Менее 0,0001	0,0002±0,00005*	0,0001±0,00003**
Весна	Менее 0,0001	0,0007±0,00018**	0,0001±0,00003**
Лето	Менее 0,0001	Менее 0,0001	Менее 0,0001
Осень	Менее 0,0001	0,0003±0,00008**	Менее 0,0001
2010 год			
Зима	Менее 0,0001	0,0008±0,0002*	0,0001±0,00003**
Весна	Менее 0,0001	0,0010±0,00025*	0,0001±0,00003**
Лето	Менее 0,0001	0,0005±0,00013**	Менее 0,0001
Осень	Менее 0,0001	0,0003±0,00008**	Менее 0,0001
2011 год			
Зима	0,0008±0,0002*	0,0003±0,00006*	Менее 0,0001
Весна	0,0008±0,0002*	0,0003±0,00006*	0,0002±0,00005*
Лето	0,0010±0,0003*	Менее 0,0001	Менее 0,0001
Осень	Менее 0,0001	0,0002±0,00005*	Менее 0,0001
В среднем за четыре года			
Зима	0,0008±0,0002*	0,0004±0,00007*	0,0001±0,00003**
Весна	0,0008±0,0002*	0,0007±0,00018**	0,0014±0,0030*
Лето	0,0010±0,0003*	0,0005±0,0002***	Менее 0,0001
Осень	Менее 0,0001	0,0003±0,00008**	Менее 0,0001

\* $P < 0,001$ ; \*\* $P < 0,01$ ; \*\*\* $P < 0,05$ .

В весенний период в водоемах отмечается увеличение содержания ртути (от 0,0001 до 0,005 мг/л). К примеру, в воде р. Чулым в 2008 г. весенняя концентрация солей ртути составляла 0,005 мг/л, при этом наименьший уровень был в пределах 0,0001 мг/л.

В пробах воды рек Кан (весенний период 2010 г.) и Енисей (лето 2011 г.) также найдены относительно высокие концентрации ртути (0,001 мг/л) по сравнению с другими образцами.

В целом следует отметить, что сезонная динамика содержания токсичных элементов в водоемах Красноярского края представлена повышением концентрации токсикоэлементов в весенний период. В осенний и зимний периоды контаминация токсикоэлементами водоема несколько ниже, чем весной. Наименьшее содержание соединений тяжелых металлов определяется летом.

Анализируя годовую динамику содержания тяжелых металлов, можно прийти к выводу, что достоверное увеличение за период исследований отмечено в воде реки Енисей. В реке Кан концентрации свинца и кадмия увеличились к 2011 г., а в отношении остальных металлов четкой динамики изменений не прослеживается. В реке Чулым в 2008 г. отмечалось существенное повышение уровня токсикоэлементов по сравнению с последующими годами, в 2009, 2010 гг. наблюдалось уменьшение содержания тяжелых металлов, к 2011 г. показатели несколько увеличились.

### Выводы

1. В воде исследуемых водоемов встречаются основные токсикоэлементы, такие, как свинец, кадмий, медь, цинк, ртуть. Наиболее загрязненными по содержанию соединений свинца и меди являются реки Кан и Чулым, по содержанию соединений кадмия и ртути – Кан и Енисей, высокие концентрации соединений цинка отмечены в реках Чулым и Кан.

2. Содержание свинца, кадмия, цинка и ртути в пробах воды реки Чулым в весенний, летний и осенний периоды 2008 г. превышает предельно допустимые концентрации. В пробах реки Енисей зимой, весной и летом 2011 г. отмечено превышение ПДК ртути. Также некоторое превышение предельно допустимых концентраций свинца, кадмия и ртути отмечено в пробах воды реки Кан. Полученные результаты, вероятно, связаны с промышленными выбросами.

3. В концентрации токсикоэлементов в воде прослеживается сезонная зависимость: наибольшее загрязнение тяжелыми металлами наблюдается в весенний период. В осенний, зимний и летний периоды контаминация токсикоэлементами водоема несколько ниже, чем весной.

4. В целом следует отметить, что годовая динамика содержания токсичных элементов в исследуемых реках Красноярского края представлена повышением концентрации токсикоэлементов в воде к 2011 г.

### Литература

1. Красовский Г.Н., Егорова Н.А., Быков И.И. Классификация опасности веществ, загрязняющих воду // Гигиена и санитария. – 2006. – № 2. – С. 5–8.
2. Морозова С.П. Поступление ртути и мышьяка с рационами питания в организм взрослых и детей // Гигиена и санитария. – 1991. – № 7. – С. 38–40.
3. Мудрый И.В. Влияние химического загрязнения почвы на здоровье населения // Гигиена и санитария. – 2008. – № 4. – С. 33–34.
4. Новиков Ю.В., Сайфутдинов М.М., Царева Л.Г. Оптимизация водопользования и охрана здоровья населения на территориях водотоков с обратными и переменными течениями // Гигиена и санитария. – 1996. – № 6. – С. 9–13.
5. Онищенко Г.Г. Устойчивое обеспечение питьевой водой населения России для профилактики заболеваемости инфекционными и неинфекционными заболеваниями // Гигиена и санитария. – 2003. – № 2. – С. 3–6.
6. Сенотрусова С.В. Влияние загрязнения поверхностных вод рек на заболеваемость населения промышленных городов // Вестн. ДГУ. – 2005. – Вып. 3. – С. 3–9.