

## ГИГИЕНА, САНИТАРИЯ, ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

М.М. Тяптиргянов, В.М. Тяптиргянова

## ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ СВИНЦА В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ ЯКУТИИ

УДК 597:614.779:549.252

Изучалось содержание и распределение соединений свинца у пресноводных рыб республики в р. Амга Амгинского района, р. Вилуй и озерах вилюйской популяции, низовьях рек Хрома, Индигирка Аллаиховского и Колыма Среднеколымского районов в 1996–2011 гг. Результаты исследований свидетельствуют о незначительном уровне свинца в органах и тканях как растительноядных, так и хищных рыб. Превышение МДУ обнаружено в некоторых органах у отдельных видов рыб речных систем, где ведутся промышленные разработки полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** окружающая среда, организм человека, свинец, пищевая цепь, токсикант.

We studied the content and distribution of lead compounds in the Republic freshwater fish in the Rivers Amga (Amginskiy District), Viluy and lakes of Vilyuisk population, Chroma riv. lower reaches, the Indigirka riv. (Allaikhovsky District) and Kolyma (Srednekolymsky District) in 1996–2011. Studies indicated insignificant level of lead in the tissues and organs as herbivorous and carnivorous fish. Exceeding was detected in some of fish where industrial mining was taking place.

**Keywords:** environment, the human body, lead, food chain, toxicant.

Уровни концентраций тяжелых металлов непрерывно повышаются в объектах окружающей среды, они акумулируются в различных трофических уровнях водных экосистем, через пищевые цепочки и поверхность тела проникают в организм рыб. К числу широко распространенных и высококумулятивных для рыб элементов относится свинец и его соединения [95, 13, 15]. В последние годы в результате антропогенного воздействия происходит значительное поступление в водоемы токсичных веществ, в том числе свинца [7]. Свинец является типичным токсикантом водных экосистем [11]. Содержание свинца в земной коре невелико (10 ат. %), в организме взрослого человека оно составляет 120 мг. Свинец является сопутствующим токсическим элементом [4].

Общие запасы свинца на Земле, оцениваемые в 100 млн. т, в основном представлены в виде сульфатов. В окружающую среду ежегодно из природных источников поступает с вулканическими выбросами, почвенной силикатной и метеоритной пылью, морскими солевыми аэрозолями и т.д. до 230 тыс. т. (табл. 1).

В настоящее время большая часть территории России испытывает нагрузку от выпадения свинца, превышающую критическую для нормально-го функционирования экосистем [14].

**ТЯПТИРГЯНОВ** Матвей Матвеевич – к.б.н., доцент БГФ СВФУ им. М.К. Аммосова; **ТЯПТИРГЯНОВА** Виктория Матвеевна – к.м.н., зам. гл. врача ФБУЗ «Центр гигиени и эпидемиологии в РС(Я)», vtyap@mail.ru.

Средний уровень загрязнений свинцом природных водоемов составляет 138 млн. т/год [6].

Свинец попадает в организм человека с пищей. Среди пищевых продуктов наиболее часто подвергаются загрязнению свинцом рыбы (на протяжении всей жизни они в процессе дыхания «фильтруют» огромное количество воды, попутно захватывая из нее различные вещества).

Основными объектами нашего исследования были рыбы из водоемов Якутии, обитающие в условиях антропогенного загрязнения. Для всех рыб проводился полный общебиологический анализ (морфометрия, размерно-возрастной состав, оценка численности и т.п.), кроме того, проводилась оценка аномалий методом паталого-анатомического анализа, проводился биохимический анализ рыб (анализ крови и определение концентрации тяжелых металлов (ТМ) в органах и тканях рыб).

Выбросы свинца в атмосферу резко увеличились в прошлом столетии, достигнув в 1970-х гг. 4265x103 т [18]. Антропогенное поступление свинца зна-

чительно превышает природное. При сжигании нефти и бензина в окружающую среду поступает не менее 50% всего антропогенного выброса свинца, что является главной составляющей в глобальном цикле данного элемента [17].

Более того, автомобильные выхлопы дают около 50% общего неорганического свинца, поступающего в организм человека, что является следствием его высокой доли (75%) в этих выбросах. Другим важным антропогенным источником свинца является выплавка цветных и черных металлов, в то время как основным природным источником его поступления является ветровая пыль [1, 2].

Существенным источником поступления свинца в окружающую среду является горнодобывающая промышленность. В некоторых случаях содержание свинца в твердых отходах рудников может достигать 20 тыс. мг/кг. Несмотря на то, что это один из наиболее важных источников поступления свинца на земную поверхность, для морских и пресноводных систем большое значение имеет атмосферное поступление [16].

Таблица 1

## Выделение свинца из природных источников (тыс. т в год) [11]

Природный источник	Диапазон величин	Среднее значение
Переносимые ветром частицы почвы	0,30–7,5	3,9
Аэрозоль морской соли	0,02–2,8	1,4
Вулканы	0,54–6,0	3,3
Лесные пожары	0,06–3,8	1,9
Биогенные частицы континентальные	0,02–2,5	1,3
Биогенные летучие вещества континентальные	0,01–0,38	0,2
Биогенные морские источники	0,02–0,45	0,24
Общая эмиссия	0,90–23	12,0

Таблица 2

## Накопление и распределение свинца в органах и тканях пресноводных рыб в бассейне р. Амга

Период исследований	Возраст рыб	Мышцы	Печень	Кишечник	Жабры	Скелет
Щука ( <i>Esox lucius</i> )						
Лето	до 2+	0,047±0,033	0,041±0,029	0,040±0,028	0,149±0,105	0,023±0,016
	от 4+ до 6+	0,130±0,092	0,109±0,077	0,062±0,044	0,250±0,177	0,047±0,133
Зима	до 2+	0,032±0,023	0,035±0,025	0,027±0,019	0,118±0,083	0,018±0,013
	от 4+ до 6+	0,078±0,055	0,084±0,059	0,043±0,030	0,189±0,134	0,031±0,022
Плотва ( <i>Rutilus rutilus</i> )						
Лето	до 2+	0,154±0,109	0,297±0,210	0,094±0,066	0,038±0,027	0,074±0,052
	от 4+ до 6+	0,280±0,198	0,376±0,266	0,197±0,139	0,075±0,053	0,200±0,141
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> )						
Лето	до 2+	0,057±0,040	0,069±0,049	0,042±0,030	0,146±0,103	0,318±0,225
	от 4+ до 6+	0,103±0,073	0,126±0,089	0,087±0,061	0,250±0,177	0,470±0,332
Зима	до 2+	0,061±0,043	0,057±0,040	0,036±0,025	0,128±0,090	0,237±0,167
	от 4+ до 6+	0,099±0,070	0,102±0,072	0,074±0,052	0,265±0,181	0,401±0,283

Таблица 3

## Накопление и распределение свинца в органах и тканях пресноводных рыб в бассейне р. Вилюй

Период исследований	Возраст рыб	Мышцы	Печень	Кишечник	Жабры	Скелет
Щука ( <i>Esox lucius</i> )						
Лето	до 2+	0,510±0,360	0,589±0,416	0,098±0,069	0,285±0,201	0,311±0,220
	от 4+ до 6+	0,940±0,664	1,014±0,717	0,220±0,155	0,490±0,346	0,397±0,281
Зима	до 2+	0,726±0,513	0,413±0,292	0,081±0,057	0,402±0,284	0,289±0,204
	от 4+ до 6+	1,127±0,796	0,978±0,691	0,512±0,362	0,970±0,685	0,421±0,297
Плотва ( <i>Rutilus rutilus</i> )						
Лето	до 2+	0,703±0,497	0,583±0,412	0,164±0,116	0,288±0,203	0,161±0,114
	от 4+ до 6+	0,714±0,505	1,106±0,782	0,677±0,478	0,344±0,243	0,298±0,211
Зима	до 2+	0,544±0,384	0,422±0,298	0,171±0,121	0,253±0,179	0,099±0,070
	от 4+ до 6+	0,876±0,619	0,711±0,502	0,277±0,196	0,411±0,290	0,160±0,113
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> )						
Лето	до 2+	0,785±0,555	0,577±0,408	0,358±0,253	0,531±0,375	0,470±0,332
	от 4+ до 6+	1,536±1,085	1,305±0,922	0,794±0,561	1,026±0,725	0,428±0,302
Зима	до 2+	0,934±0,205	0,455±0,321	0,329±0,232	0,613±0,433	0,357±0,252
	от 4+ до 6+	1,859±1,314	1,192±0,842	0,613±0,433	0,815±0,576	0,401±0,283

В речных водах концентрация свинца колеблется от десятых долей до единиц микрограммов в 1 дм<sup>3</sup> [3]. Попадая в водную среду, свинец мигрирует преимущественно в составе взвесей, особенно в период максимальной мутности воды. В водах всех объектов на протяжении года он практически на 100% связан в комплексные соединения.

Преобладание взвешенных его форм над растворенными объясняется высоким сродством металла с природными адсорбентами. В то же время отмечена высокая способность свинца образовывать прочные комплексные соединения с органическими веществами. Неорганические соли свинца, за исключением его нитратов и ацетатов, плохо растворимы в воде [8, 11].

Проявление токсического действия соединений свинца отмечено у гидробионтов в дозах 0,1–0,4 мг/кг. Хлорид свинца в концентрации 0,01 мг/кг в воде вызывает гибель дафний через сутки, в то время как нитрат свинца оказывает тот же эффект при значительно большей концентрации – 5 мг/л.

Наиболее токсичными являются органические соединения – тетраэтил- и тетраметилсвинец. Некоторые виды рыб (радужная форель, минога, трехглазая колюшка) могут служить удобным индикатором загрязненности свинцом водной среды, так как реакция избегания проявляется у данных видов рыб уже при минимальных концентрациях этого поллютанта.

Икринки и головастники испытанных видов амфибий также высоко чувствительны к токсическому действию соединений свинца, а взрослые особи тех же видов реагируют биохимическими изменениями (повышение уровня экспреции аминолевулиновой кислоты) при содержании свинца в пище в дозах выше 10 мг/кг [8, 11].

Содержание и распределение соединений свинца у пресноводных рыб Республики изучалось на р. Амга Амгинского района, р. Вилюй и озерах вилюйской популяции, в низовьях рек Хрома, Индигирка (Аллаиховский) и Колыма (Среднеколымский) в 1996–2011 гг.

Данные исследования по мониторингу водоемов Крайнего Севера совершенно необходимы, поскольку свинец по пищевой цепи может поступать в организм человека.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о незначительном уровне содержания свинца в ор-

ганах и тканях как растительноядных, так и хищных рыб. Лишь в некоторых органах у отдельных видов рыб содержание свинца превышает МДУ.

Как видно из представленных данных (табл. 2–6), свинец обнаруживает-

ся во всех органах и тканях пресноводных рыб Якутии.

В органах и тканях рыб, выловленных в р. Вилюй, содержание свинца больше, чем в органах и тканях рыб, выловленных в реках Индигирка Ал-

Таблица 4

**Накопление и распределение свинца в органах и тканях щуки и чира бассейна р. Хрома**

Период исследований	Возраст рыб	Мышцы	Печень	Кишечник	Жабры	Скелет
<b>Щука (<i>Esox lucius</i>)</b>						
Лето	до 2+	0,72±0,51	0,97±0,68	0,55±0,39	0,59±0,42	1,16±0,82
	от 4+ до 6+	1,28±0,90	1,54±1,09	0,97±0,68	1,03±0,73	1,97±1,39
Зима	до 2+	0,57±0,40	0,88±0,62	0,43±0,30	0,87±0,61	0,98±0,69
	от 4+ до 6+	1,16±0,82	1,66±1,17	0,82±0,58	0,94±0,66	1,32±0,93
<b>Чир (<i>Coregonus nasus</i>)</b>						
Лето	до 2+	0,54±0,38	0,82±0,58	0,46±0,32	0,59±0,42	0,93±0,66
	от 6+ до 8+	0,91±0,64	1,58±1,12	0,51±0,36	0,71±0,50	1,36±0,96
Зима	до 2+	0,44±0,31	0,63±0,44	0,28±0,20	0,51±0,36	0,68±0,48
	от 6+ до 8+	0,78±0,55	1,37±0,97	0,46±0,32	0,70±0,49	1,27±0,90

Таблица 5

**Накопление и распределение свинца в органах и тканях пресноводных рыб в бассейне р. Индигирка**

Период исследований	Возраст рыб	Мышцы	Печень	Кишечник	Жабры	Скелет
<b>Щука (<i>Esox lucius</i>)</b>						
Лето	до 2+	0,27±0,19	0,41±0,29	0,12±0,08	0,28±0,20	0,31±0,22
	от 4+ до 6+	0,74±0,52	0,91±0,64	0,62±0,44	0,52±0,37	0,69±0,49
Зима	до 2+	0,29±0,20	0,36±0,25	0,15±0,11	0,34±0,24	0,49±0,35
	от 4+ до 6+	0,41±0,29	0,60±0,42	0,32±0,23	0,28±0,20	0,52±0,37
<b>Елец (<i>Leuciscus leuciscus</i>)</b>						
Лето	до 2+	0,38±0,27	0,57±0,40	0,44±0,31	0,51±0,36	0,38±0,27
	от 4+ до 6+	0,67±0,47	0,81±0,57	0,63±0,44	0,59±0,42	0,67±0,47
Зима	до 2+	0,45±0,32	0,48±0,34	0,47±0,33	0,55±0,39	0,49±0,35
	от 4+ до 6+	0,41±0,29	0,62±0,44	0,45±0,32	0,69±0,49	0,52±0,37
<b>Окунь (<i>Persa fluvialis</i>)</b>						
Лето	до 2+	0,51±0,36	0,81±0,57	0,42±0,30	0,49±0,35	0,72±0,51
	от 4+ до 6+	0,77±0,54	1,29±0,91	0,59±0,42	0,63±0,44	0,81±0,57
Зима	до 2+	0,46±0,32	0,76±0,54	0,38±0,27	0,50±0,35	0,52±0,37
	от 4+ до 6+	0,74±0,52	0,87±0,61	0,51±0,36	0,67±0,47	0,77±0,54

лаиховского и Колымы Среднеколымского района. В р. Хрома содержание свинца в органах и тканях рыб оказалось больше, чем в р. Вилуй. В р. Амга содержание свинца в органах и тканях у рыб оказалось меньше всех из-за того, что там не ведутся промышленные разработки полезных ископаемых и природные воды остались незатронутыми антропогенным фактором (табл. 2).

У карасей, выловленных в озерах Дъянгюда Нюрбинского и Эбэ Вилуйского районов, – мелких и крупных особей – содержание свинца не превыша-

ет максимально допустимые уровни для пресноводных рыб (МДУ 1,0 мг/кг). При этом свинец накапливается в органах и тканях у данной популяции карасей в следующей последовательности: печень > кости > мышцы > жабры > кишечник.

Литературные данные о накоплении и распределении свинца в органах и тканях пресноводных рыб довольно противоречивы. Например, по данным К.Х. Жуковой и др. [7], свинец накапливается в количествах, в 1,5–2 раза превышающих МДУ, в жабрах, а по исследованиям Д. Войцеха (1989) (цит.

по [12]), больше всего он накапливается в печени пресноводных рыб. По физиологическому и гистологическому состоянию печени можно успешно и относительно точно судить о состоянии внешних условий среды обитания той или иной особи [10]. При этом наблюдаются различного рода патологические изменения. К ним следует отнести паренхиматозные дистрофические изменения – диффузная вакуолизация, расстройства кровообращения и некрозы.

У исследованных рыб р. Амга превышений МДУ по свинцу не обнаружено (табл. 2).

Содержание свинца в печени крупных особей окуня (табл. 3) в возрасте от 4 до 6 лет, выловленных в р. Вилуй, превышало МДУ для рыбных продуктов в летний и зимний периоды.

У молодых особей щуки из р. Хрома (табл. 4) содержание в печени свинца (летом) приближается к максимально допустимому уровню, в то время как у взрослых особей превышение МДУ составило в мышцах от 1,2 до 1,3, в печени – 1,5–1,7 раза. Превышение МДУ также проявляется в жабрах у взрослых особей в летнее время до 1 раза и в костных образованиях от 1,3 до 2,0 раз, у молодых – до 1,1 раза (табл. 4).

В р. Индигирка (табл. 5) у взрослых окуней в печени содержание свинца в 1,3 раза больше значений МДУ.

У окуней из рек Колыма и Индигирка содержание свинца в печени у крупных особей в летний период исследования незначительно превышало МДУ (табл. 5, 6).

У плотвы из р. Вилуй у крупных особей в возрасте от 4 до 6 лет в печени количество свинца незначительно превышало максимально допустимые уровни (табл. 3).

У чукчана из р. Индигирка во всех органах и тканях содержание свинца в пределах максимально допустимых уровней. Распределение по органам и тканям отмечалось аналогичное, как и у других видов.

Следует отметить, что свинец является одним из приоритетных загрязнителей окружающей среды. К настоящему времени накоплено огромное количество сведений о токсическом действии свинца на организм человека, о поведении этого элемента в природных средах.

Риск для здоровья людей, в первую очередь детей, усугубляется высокой токсичностью свинца и его способностью накапливаться в организме человека.

Таблица 6

## Накопление и распределение свинца в органах и тканях пресноводных рыб в бассейне р. Колыма

Период исследования	Возраст рыб	Мышцы	Печень	Кишечник	Жабры	Скелет
Елец ( <i>Leuciscus leuciscus</i> )						
Лето	до 2+	0,31±0,22	0,41±0,29	0,14±0,10	0,29±0,20	0,31±0,22
	от 4+ до 6+	0,79±0,56	0,92±0,65	0,57±0,40	0,51±0,36	0,84±0,59
Зима	до 2+	0,35±0,25	0,37±0,25	0,17±0,12	0,38±0,27	0,45±0,32
	от 4+ до 6+	0,38±0,29	0,58±0,41	0,29±0,20	0,31±0,22	0,51±0,36
Чукчан ( <i>Catostomus catostomus</i> )						
Лето	до 3+	0,45±0,32	0,73±0,52	0,29±0,20	0,39±0,28	0,65±0,46
	от 6+ до 8+	0,61±0,43	0,84±0,59	0,41±0,29	0,45±0,32	0,91±0,64
Зима	до 3+	0,41±0,29	0,57±0,40	0,25±0,18	0,41±0,29	0,67±0,47
	от 6+ до 8+	0,58±0,41	0,73±0,52	0,59±0,42	0,64±0,45	0,98±0,69
Окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> )						
Лето	до 2+	0,51±0,36	0,83±0,59	0,41±0,29	0,48±0,34	0,71±0,50
	от 4+ до 6+	0,69±0,49	1,21±0,85	0,58±0,41	0,58±0,41	0,88±0,62
Зима	до 2+	0,42±0,30	0,72±0,40	0,38±0,27	0,51±0,36	0,48±0,34
	от 4+ до 6+	0,66±0,47	0,98±0,69	0,43±0,30	0,66±0,47	0,81±0,57

## Литература

1. Васильева Е.П. Донные отложения / Е.П. Васильева // Экосистема Онежского озера и тенденции ее изменения. - Л.: Наука, 1990. - С. 147-174.
- Vasiliyeva E.P. Sediments / E.P. Vasiliyeva // Ecosystem of Lake Onega and trends change. - L.: Nauka, 1990. - P. 147-174.
2. Васильева О.Б. Липидный состав и некоторые показатели перекисного окисления липидов в печени рыб в условиях антропогенной нагрузки / О.Б. Васильева, М.А. Назарова, П.О. Риппати, Н.Н. Немова // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: материалы IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2012. – Ч. 2. - С. 60-65.
- Vasiliyeva O.B. Lipid composition and some indices of lipid peroxidation in the liver of fish in terms of anthropogenic load / O.B. Vasiliyeva, M.A. Nazarova, P.O. Rippatti, N.N. Nemova // Ecological problems of the northern regions and their solutions: Proceedings of IV All-Russia. scientific. conf. with int. participation. - Apatity: Kola nauch.tsentra Academy of Sciences, 2012. - Part 2. - P. 60-65.
3. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика [и др.] // Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / под ред. Т.В. Гусевой. – М.: Социально-экономический союз, 2000. - 148 с.
- Hydrochemical environment/T.V. Guseva, J.P. Molchanova, E.A. Zaika [et al.] // Hydrochemical environmental indicators: Reference / Ed. T.V. Guseva. - M.: Socio-Economic Union, 2000. - 148 p.
4. Ершов Ю.А. Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю.А.
- Ершов, Т.В. Плетнева.- М.: Медицина, 1989. - 268 с.
- Ershov Y.A. Mechanisms of toxic action of inorganic compounds / Y.A. Ershov, T.V. Pletnev. - M.: Medical, 1989. - 268 p.
5. Жукусова К.Х. Содержание свинца и кадмия в продуктах питания / К.Х. Жукусова, В.И. Фурсов, П.В. Кондыбаева // Актуальные проблемы современной биологии. - Alma-Ata, 1991.- С. 77-79.
- Zhukusova K.H. Lead and cadmium in food / K.H. Zhukusova, V.I. Fursov, P.V. Kondybaeva // Actual problems of modern biology. - Alma-Ata, 1991. - P. 77-79.
6. Кузубова Л.И. Токсиканты в пищевых продуктах / Л.И. Кузубова // Аналитический обзор /АН СССР. - Новосибирск, 1990.-127 с.
- Kuzubova L.I. Toxicants in foods / L.I. Kuzubova // Analytical review / AS USSR. - Novosibirsk, 1990. - 127 p.
7. Кулик В.А. Изменения в азотистом лобмене белого амура, вызванные свинцом / В.А. Кулик, Т.И. Бурда // 2-я Всесоюз. конф. по рыбоводственной токсикологии: Тез. докл.-СПб., 1991.-T.1.-C. 321-322.
- Kulik V.A. Changes in the nitrogen lobmene grass carp caused by lead / V.A. Kulik, T.I. Burda // 2nd Proc. conf. on Fishery Toxicology: Abstracts. of reports. - SPb., 1991. - Vol.1.-P. 321-322.
8. Линник П.Н. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец- Л.: Гидрометеоиздат, 1986.-269 с.
- Linnik P.N. Forms of migration of metals in fresh surface waters / P.N. Linnik, B.I. Nabivanets. - L.: Gidrometeoizdat, 1986. - 269 p.
9. Лукьяненко В.И. Токсикология рыб / В.И. Лукьяненко.- М.: Пищевая пром., 1967.- 216 с.
- Lukyanenko V.I. Toxicology fish / V.I. Lukyanenko. - M.: Food Industry, 1967. - 216 p.
10. Минеев А.К. Некоторые гистологические патологии печени и сердца у головешки-ротана (*Percottus glenii* Dybowski, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Саратовского водохранилища / А.К. Минеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1. - С. 203-206.
- Mineev A.K. Some histological liver disease and heart disease in firebrands Rota (*Percottus glenii* Dybowski, 1877) and round goby (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Saratov Reservoir / A.K. Mineev // Proceedings of the Samara Scientific Center, Russian Academy of Sciences. - 2011. - Vol. 13, № 1. - P. 203-206.
11. Набиванец Ю.Б. Формы нахождения цинка и свинца в природных водах / Ю.Б. Набиванец // Гидробиологический журнал. - 1989. - Т.25, №3.- С. 80-83.
- Nabivanets Y.B. Forms of occurrence of zinc and lead in natural waters / Y.B. Nabivanets // Hydrobiological journal. - 1989. - Vol.25, № 3. - P. 80-83.
12. Нюкканов А.Н. Особенности накопления соединения свинца у пресноводных рыб Якутии / А.Н. Нюкканов // Ветеринарная медицина. - 2002. - № 2. - С. 32.
- Nyukkanov A.N. Особенности accumulation of lead compounds in fish freshwater Yakutia / A.N. Nyukkanov // Veterinary Medicine. - 2002. - № 2. - P. 32.
13. Попов П.А. Состояние и методические аспекты оценки экологического статуса водоемов Сибири методами ихтиоиндикации / П.А.Попов // Проблемы гидробиологии Сибири. - Томск: Дельтаплан, 2005. - С. 202-207.
- Popov P.A. State and methodological aspects of the evaluation of the ecological status of water bodies Siberia methods ihtiocindikatsii / P.A.Popov // Problems of Hydrobiology Siberia. - Tomsk: Glider, 2005. - P. 202-207.
14. Экология и промышленность России // Доклад о свинцовом загрязнении окружающей среды РФ и его влияние на здоровье населения (резюме): пресс-релиз Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации. - М., 1997. - С. 17-20.
- Ecology and Industry of Russia // Report on lead pollution of the Russian Federation and its impact on human health (summary): press - release of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation. - M., 1997. - P. 17- 20 .
15. Юракова Т.В. Структура ихтиоценозов притоков Нижней Томи / Т.В. Юракова, А.П. Петелина // Современные проблемы гидробиологии Сибири. - Томск, 2001. - С. 105-106.
- Yurakova T.V. The structure of the fish community of Lower tributaries Tom / T.V. Yurakova, A.P. Petelin // Modern problems of Hydrobiology Siberia. - Tomsk, 2001. - P.105-106.
16. Ewers U. Lead / U. Ewers, H.W. Schlipkoeter // Metals and Their Compounds Environ: Occurrence Analysis, and Biol. Relevance.-Weinheim etc., 1991. - P. 971-1014.
17. Gallers R.M. Chemical cycles and the global environment / R.M. Gallers, F.T. Mackenzie, C. Hunt // William Kaufmann Inc., Los Altos. - California, 1975. - 206 p.
18. Nriagu J.O. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere / J.O. Nriagu // Nature:279. - 1979. - P. 409-411.