

УДК 597.08:628.394

*И.А. Глазунова***Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби**

Интерес к содержанию тяжелых металлов в рыбах бассейна Верхней Оби резко возрос сравнительно недавно и связан с увеличением антропогенной нагрузки на водные экосистемы этого региона, нарушающей естественный круговорот химических элементов. Экологические последствия таких геохимических изменений не могут не привлекать пристального внимания, так как в отличие от других веществ, загрязняющих среду, металлы в естественных условиях не разрушаются, а лишь меняют форму нахождения.

Тяжелые металлы являются неотъемлемой составной частью организма, поскольку многие соединения данных элементов входят в состав ферментов, витаминов, гормонов. Без их участия невозможны дыхание, образование крови, белковый, углеводный и жировой обмены. Опасность изменения фонового содержания металлов объясняется тем, что индивидуальная потребность гидробионтов в данных элементах очень мала, а поступление из внешней среды их избыточных количеств приводит к различным токсическим эффектам и нарушению жизнедеятельности [1–3].

Сведения о микроэлементном составе органов и тканей рыб можно использовать для оценки качества водоема. Рыбы занимают в биоценозах водных экосистем верхний трофический уровень и обладают ярко выраженной способностью, наряду с другими гидробионтами, накапливать металлы. Повышенное содержание в организме рыб металлов свидетельствует о значительной их концентрации в водной среде, аккумуляции последних в пищевых цепях, функциональном нарушении во всех звеньях экосистемы [4].

Знания о составе и количестве металлов в тканях (прежде всего, в мышечной) промысловых рыб имеют важное практическое значение. Рыбы являются одним из компонентов пищевого рациона населения, и избыточное содержание металлов в рыбопродуктах, в конечном итоге, отражается на здоровье человека как потребителя продукции.

Цель данной работы – выявить общие тенденции содержания и распределения металлов (**Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd и Hg**) в организме промысловых рыб Верхней Оби.

**Материал и методика.** Для аналитических исследований выбраны виды рыб, которые имеют широкое распространение по всему району исследования и являются преобладающими видами ихтиофауны изучаемого водоема (лещ – 68 экз., серебряный карась – 56 экз., окунь – 60 экз., судак – 44 экз.). Все

рыбы вылавливались в июне 2001–2003 гг. в верхнем течении реки Оби в районе водозабора города Барнаула. В качестве орудий лова использовали ставные жаберные сети.

Материалом для изучения послужили образцы тканей и органов (жабры, мышцы, печень и сердце) рыб. Количественный анализ образцов на содержание меди (**Cu**), марганца (**Mn**), железа (**Fe**) и цинка (**Zn**) производили с использованием метода атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Кадмий (**Cd**), свинец (**Pb**) определяли методом инверсионной вольтамперометрии (ИВА) на ртутно-пленочном электроде (компьютерный вольтамперометрический анализатор ТА-2). Определение ртути (**Hg**) производили атомно-абсорбционным методом «холодного пара» на анализаторе «Квант–2А». Все результаты анализа выражены в мкг/г сырой массы.

**Результаты и обсуждение.** Спектральный анализ содержания элементов в органах и тканях изучаемых видов рыб позволил выявить следующее. Среднее содержание **Cu, Zn, Pb, Hg в исследуемых органах** и тканях рыб не превышает допустимых концентраций (табл.).

Содержание железа (**Fe**) варьирует в пределах 61,87–169,22, что превышает ПДК (предельно допустимые концентрации) в 2,1–5,6 раза. Максимальные концентрации железа (**p < 0,05**) обнаружены в печени рыб (табл.). Резервное железо, депонированное в печени в виде сложных железобелковых комплексов, расходуется на образование пигмента крови и многих других гемопротеинов. Кроме того, этот орган является функциональным депо многих металлов. Жабры, наряду с печенью, характеризуются повышенным содержанием изучаемого элемента (табл.). Вполне вероятно, что они участвуют в обмене металлами между водной средой и организмом. Содержание железа в мышцах сравнительно мало. Высокий уровень железа (**Fe**) в целом свидетельствует о его избыточном поступлении в организм рыб, что приводит к депонированию этого элемента.

Содержание марганца (**Mn**) в органах и тканях рыб не превышает допустимые нормы, за исключением жабр (табл.). В жабрах марганец накапливается в концентрациях, превосходящих его содержание во внутренних органах (**p < 0,05**). Это определяется в значительной мере тем, что основной обмен марганцем между внешней средой и организмом рыб осуществляется именно через жаберные лепестки.

Среднее содержание металлов в органах и тканях рыб верховьев Оби, мкг/г сырой массы

Металл	Жабры	Мышцы	Печень	Сердце	ПДК, мкг/г
Cu	2,33 ± 0,19	0,94 ± 0,12	3,82 ± 0,26	2,27 ± 0,28	10
Mn	17,29 ± 2,67	2,24 ± 0,22	2,17 ± 0,30	3,28 ± 0,54	10
Fe	148,21 ± 15,64	61,87 ± 7,17	169,22 ± 14,99	143,16 ± 12,36	30
Zn	13,82 ± 1,88	9,29 ± 1,25	28,29 ± 1,92	17,12 ± 2,18	40
Pb	0,88 ± 0,11	0,28 ± 0,02	0,41 ± 0,05	0,79 ± 0,04	1,0
Cd	0,53 ± 0,07	0,12 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,44 ± 0,07	0,2
Hg	0,018 ± 0,005	0,015 ± 0,007	0,013 ± 0,005	0,030 ± 0,010	0,5

Содержание металла в остальных органах существенно ниже.

Кадмий в наибольшей степени содержится в жабрах и сердце. Печень в данном случае занимает второстепенное положение и накапливает меньшие количества металла. Содержание кадмия в мышцах достоверно ниже ( $p < 0,05$ ) по сравнению со всеми изучаемыми органами. С учетом низкой способности кадмия к выведению из организма и высокой степени его аккумуляции в органах и тканях рыб в течение всего периода жизни его продолжительное поступление может вызвать хронические заболевания. Известно, что даже после прекращения воздействия этого металла повреждения, произошедшие в органах, остаются необратимыми. Повышенная способность рыб к накоплению кадмия может стать причиной возникновения нарушений в окислительных процессах, происходящих в организме, и в целом понижает способность к осмотической регуляции. Совместное действие кадмия, цинка и меди приводит к значительному возрастанию смертности рыб [5, 6].

Анализируемые органы и ткани аккумулируют различные металлы в разной степени. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неравномерностью и зависит от функциональных особенностей органов, их кумулятивной активности и химических свойств самого металла.

Fe печень > жабры > сердце > мышцы  
 Zn печень > сердце > жабры > мышцы  
 Mn жабры > сердце > мышцы > печень  
 Cu печень > жабры > сердце > мышцы  
 Pb жабры > сердце > печень > мышцы  
 Cd жабры > сердце > печень > мышцы  
 Hg сердце > жабры > мышцы > печень

Хотя в этих ранжированных рядах нивелированы все видовые, возрастные и половые различия, тем не менее для оценки общих тенденций локализации элементов в организме рыб именно такое обобщение данных представляется нам наиболее приемлемым.

В наибольшем количестве железо (Fe), цинк (Zn) и медь (Cu) накапливаются в печени, марганец (Mn) – в жабрах. Токсичные металлы (Pb, Cd, Hg) в большей степени концентрируются в жабрах и сердце.

Повышенные концентрации металлов в жабрах связывают с их участием в обмене химическими элементами между водой и организмом рыб (Евтушенко, Данилко, 1996). Жаберный эпителий по сравнению с внешними 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. Особое место среди исследуемых внутренних органов занимает печень, которая интенсивно аккумулирует металлы, превосходя по этому показателю остальные органы. В печени рыб обнаружены наиболее высокие концентрации Cu, Zn и Fe, следовательно, она является функциональным депо этих элементов и одновременно участвует в процессах детоксикации. Незначительные количества изучаемых элементов наблюдаются, как правило, в мышечной ткани. Однако, учитывая, что мышцы составляют большой процент от массы тела, их, как и печень, можно отнести к депонирующим органам.

По содержанию в органах и тканях металлы располагаются в следующие ранжированные ряды:

Печень Fe > Zn > Cu > Mn > Pb > Cd > Hg  
 Жабры Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Hg > Cd  
 Сердце Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > Cd > Hg  
 Мышцы Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > Cd > Hg

В целом во всех рассмотренных органах и тканях преобладают железо (Fe) и цинк (Zn), минимальные концентрации характерны для свинца (Pb), ртути (Hg) и кадмия (Cd), что подтверждают имеющиеся в литературе сведения [7, 8]. Это явление объясняется интенсивной аккумуляцией в организме элементов, которые принимают активное участие в протекании физиологических процессов (дыхания, кроветворения, депонирования, выделения и др.).

#### Выводы

1. Превышение предельно допустимых концентраций в органах и тканях рыб Верхней Оби отмечено для железа, марганца и кадмия. Содержание меди, цинка, свинца и ртути в органах и тканях рыб находится в пределах нормы.

2. Распределение металлов в организме рыб характеризуется неоднородностью, что зависит

от физико-химических свойств самих элементов и функциональных особенностей органов и тканей: медь и цинк концентрируются в печени, марганец – в жабрах, железо – в печени и жабрах, свинец, кадмий, ртуть – в жабрах и сердце.

3. Для рыб Верхней Оби выявлено высокое содержание железа, цинк, и минимальное – ртути.

В целом необходимо регулярно отслеживать содержание металлов, в том числе и токсичных, в организме рыб, обитающих не только в загрязненных водоемах, но и в относительно чистых. Это позволит накапливать информацию о фоновом содержании изучаемых элементов в организме рыб и оценивать антропогенную нагрузку на водоемы, используя методы ихтиоиндикации.

### Библиографический список

1. Патин, С.А. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах / С.А. Патин, Н.П. Морозов. – М., 1981.

2. Ветров, В.А. Микроэлементы в природных средах региона оз. Байкал / В.А. Ветров, А.И. Кузнецова. – Новосибирск, 1997.

3. Попов, П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации / П.А. Попов. – Новосибирск, 2002.

4. Руднева, Н.А. Тяжелые металлы и микроэлементы в гидробионтах Байкальского региона / Н.А. Руднева. – Улан-Удэ, 2001.

5. Мур, Дж. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния / Дж. Мур, С. Рамамурти. – М., 1987.

6. Щербакова, Е.Н. Возрастные изменения содержания тяжелых металлов в органах и тканях русского осетра

(*Acipenser guldenstadti brandt*) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е.Н. Щербакова. – Астрахань, 2004.

7. Евтушенко, Н.Ю. Особенности накопления тяжелых металлов в тканях рыб Кременчугского водохранилища / Н.Ю. Евтушенко, О.В. Данилко // Гидробиологический журнал. – 1996. – Т. 32. – №4.

8. Петухов, С.А. Распределение микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в органах и тканях рыб / С.А. Петухов, Н.П. Морозов, М.С. Добрусин // Экологические аспекты химического и радиоактивного загрязнения водной среды. – М., 1983.

9. Попов, П.А. Накопление и распределение тяжелых и переходных металлов в рыбах Новосибирского водохранилища / П.А. Попов, Н.В. Андросова, Г.Н. Аношин // Вопросы ихтиологии. – 2002. – Т. 42. – №2.