

Н. Г. Шабоянц

ОСОБЕННОСТИ МЕЖОРГАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ У СЕВРЮГИ, ВЫРАЩЕННОЙ В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Цель исследования – изучить особенности микроэлементного состава организма севрюги *Acipenser stellatus* Pallas, 1771, выращенной в искусственных условиях в прудах Кизанского осетрового рыболовного завода (Астраханская область). Исследовалось распределение цинка, железа, свинца, кобальта марганца и меди в селезенке, гонадах и печени как самок, так и самцов севрюги. Материалом послужили образцы 256 проб тканей производителей севрюги, полученные в осенний период 2011–2012 гг. Содержание микроэлементов в пробах определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Установлено, что наибольшее количество каждого из изученных микроэлементов, вне зависимости от пола рыбы, концентрируются в гонадах и печени. Очевидно, на концентрацию элемента и процессы его накопления в организме рыб влияет как биохимический состав водной среды, грунтов и иных потенциальных и фактических источников микроэлементов, так и процесс нерестовой перестройки. В ходе нерестовой перестройки наблюдается не только изменение процессов накопления элементов в системе окружающая среда – организм, но и активное перераспределение между различными органами и тканями рыб элементов, накопленных в предшествующий период. Приведены ряды исследованных органов (по убыванию), демонстрирующие концентрацию всех микроэлементов. Проведено сравнение полученных результатов с результатами других исследователей. Отмечается необходимость более глубоких исследований экологических условий среды обитания осетровых рыб (естественной и искусственной) и приближение искусственных условий их обитания к естественным по биогеохимическому фону.

Ключевые слова: осетровые рыбы, севрюга, микроэлементы, цинк, свинец, марганец, железо, кобальт, медь, концентрация, пруды, водные экосистемы.

Введение

В настоящее время среди мероприятий по сохранению численности и биоразнообразия осетровых главным, безусловно, является комплекс мер по их искусственному воспроизводству. Осетровые рыбы в природной среде подвержены негативному воздействию целого ряда факторов. Совершенно очевидно, что в условиях ненадежной продуктивности естественных водоемов наращивание объемов искусственного воспроизводства осетровых, а также формирование культивируемых популяций осетровых рыб невозможны без совершенствования биотехнологических норм и создания благоприятного биогеохимического фона.

Таким образом, изучение специфики биогеохимических миграций микроэлементов в системе грунт-вода – осетровые рыбы в искусственных условиях в период, когда взаимодействие внутренних закономерностей накопления элементов с лимитирующими факторами среды имеет решающее значение для жизнестойкости рыб, актуально как в теоретическом, так и в практическом плане.

Естественно, в этой ситуации необходимы более глубокие исследования среды обитания осетровых рыб с точки зрения ее экологии в естественных и искусственных условиях и приближение искусственных условий обитания этих рыб к естественным по биогеохимическому фону.

Целью нашего исследования стало изучение особенностей микроэлементного состава организма севрюги *Acipenser stellatus* Pallas, 1771, выращенной в искусственных условиях.

Материал и методы исследований

Материалом для исследования послужили образцы проб органов и тканей производителей севрюги, 1771 (256 проб), полученные на Кизанском осетровом рыболовном заводе (Астраханская обл.) в осенний период 2011–2012 гг.

Изучение содержания микроэлементов в пробах проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии [1, 2] на спектрофотометре фирмы «Hitachi» 180-50. Микроэлементы (цинк, железо, свинец, кобальт, марганец, медь) определялись по методическим указаниям атомно-абсорбционного анализа [3].

Результаты исследований

Содержание микроэлементов в органах самок себрюги. Среднее содержание **цинка** в селезенке самок себрюги *Acipenser stellatus* при прудовом выдерживании составляет 56,24 мг/кг сухого вещества. Колебания содержания цинка невелики, их диапазон – от 53,16 до 58,66 мг/кг (табл.).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в органах себрюги из прудов Кизанского ОРЗ, мг/кг сухого вещества

Показатель	Селезенка		Гонады		Печень		Селезенка		Гонады		Печень	
	Zn						Pb					
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Среднее	56,24	48,39	99,07	120,62	66,55	31,64	4,55	3,24	4,86	4,05	4,49	3,66
Стандартная ошибка	0,89	7,89	19,95	24	9,36	2,7	0,03	0,24	1,03	0,18	0,5	0,26
Стандартное отклонение	2,18	22,31	48,88	67,89	22,92	7,63	0,06	0,67	2,53	0,5	1,22	0,74
Минимум	53,16	28,5	51,24	37,91	40,54	20,59	4,49	2,39	2,49	3,66	3,3	2,7
Максимум	58,66	85,19	147,56	185,61	89,89	43,18	4,63	3,8	7,21	4,88	5,68	4,3
	Mn						Fe					
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
	Среднее	2,89	1,82	2,74	2,4	4,03	2,52	239,01	244,99	224,77	177,48	989,47
Стандартная ошибка	0,12	0,48	0,58	0,11	0,38	0,08	22,79	46,63	48,03	2,32	297,8	159,63
Стандартное отклонение	0,29	1,36	1,41	0,3	0,92	0,22	55,84	131,9	117,64	6,55	729,45	451,51
Минимум	2,6	0,4	1,4	2,1	3,2	2,2	188,07	152,65	116,05	171,02	319,58	369,89
Максимум	3,19	3,79	4,09	2,9	4,98	2,8	293,28	458,82	332,82	186,39	1658,02	1319,47
	Cu						Co					
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
	Среднее	1,98	1,53	2,12	1,78	12,28	3,93	0,96	0,45	0,86	0,49	0,83
Стандартная ошибка	0,21	0,31	0,23	0,27	2,62	0,95	0,1	0,16	0,03	0,04	0,2	0,05
Стандартное отклонение	0,52	0,87	0,56	0,76	6,41	2,7	0,25	0,45	0,07	0,1	0,49	0,15
Минимум	1,4	0,4	1,56	0,8	6,39	1,57	0,7	0,08	0,8	0,35	0,32	0,4
Максимум	2,51	2,2	2,69	2,5	18,18	8,2	1,21	1,2	0,96	0,6	1,38	0,8

В гонадах содержание цинка выше почти в 2 раза, в среднем – 99,07 мг/кг. Печень по уровню содержания цинка занимает промежуточное положение между селезенкой и гонадами, среднее содержание цинка составляет 66,55 мг/кг, диапазон колебаний 40,54–89,89 мг/кг. Таким образом, органы самок себрюги, в порядке убывания концентрации цинка, образуют следующий ряд: гонады > печень > селезенка (рис. 1).

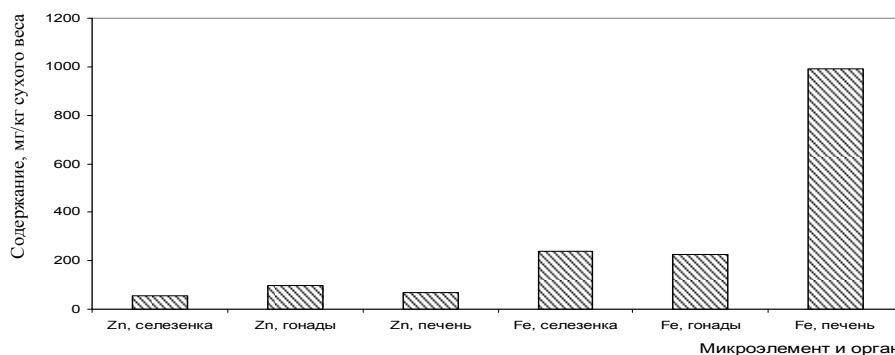


Рис. 1. Содержание цинка и железа в органах самок себрюги

Содержание **железа** в селезенке самок севрюги относительно невелико – 239,01 мг/кг сухого вещества. Минимальное количество железа – 188,07, максимальное – 293,28 мг/кг сухого вещества (табл.). В гонадах содержание железа немного ниже, в среднем 224,77 мг/кг, диапазон колебаний – 116,05–332,82 мг/кг сухого вещества. В печени содержание железа в 4,5 раза выше, чем в селезенке и гонадах, в среднем 989,47 мг/кг. Минимальная концентрация железа составляет 319,58 мг/кг, максимальная – 1 658,02 мг/кг сухого вещества. В порядке убывания концентрации железа органы севрюги располагаются так: печень > селезенка > гонады (рис. 1).

Свинец в наибольшем количестве содержится в гонадах. Его среднее содержание достигает 4,86 мг/кг. Минимальное содержание свинца составляет 2,49, максимальное – 7,21 мг/кг сухого вещества. В селезенке среднее количество свинца несколько уменьшается, составляя 4,55 мг/кг, диапазон колебаний весьма мал – 4,49–4,63 мг/кг. В печени концентрация свинца составляет 4,49 мг/кг сухого вещества, при минимальном содержании 3,3 мг/кг и максимальном – 5,68 мг/кг. Следует отметить, что концентрация свинца в органах севрюги характеризуется очень низкой вариабельностью по сравнению с другими элементами. У самок севрюги органы по убыванию свинца располагаются следующим образом: гонады > селезенка > печень (рис. 2).

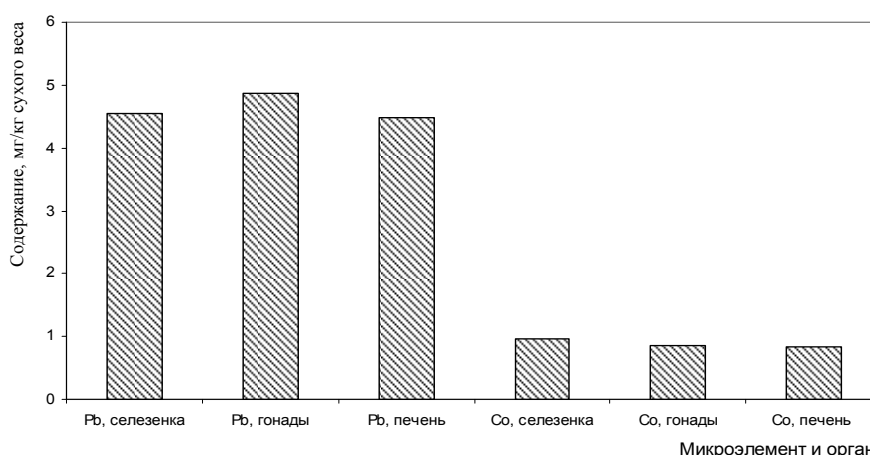


Рис. 2. Содержание свинца и кобальта в органах самок севрюги

Содержание **кобальта** в изученных органах самок севрюги приблизительно одинаково. В селезенке его количество в среднем составляет 0,96 мг/кг (табл.). Максимальное содержание кобальта в селезенке – 0,7 мг/кг, максимальное – 1,21 мг/кг сухого вещества. В гонадах среднее содержание кобальта характеризуется величиной 0,86 мг/кг сухого вещества, однако выборочная стандартная ошибка среднего значения существенно ниже – 0,03 мг/кг сухого вещества. Минимальное содержание кобальта в гонадах характеризуется величиной 0,8 мг/кг, максимальная его концентрация незначительно выше – 0,96 мг/кг. В печени самок севрюги среднее содержание кобальта близко к таковому в гонадах – 0,83 мг/кг сухого вещества, однако выборочная стандартная ошибка среднего значения здесь существенно выше – 0,20 мг/кг. Минимальное количество кобальта в печени 0,32 мг/кг, максимальное – 1,38 мг/кг. Ряд органов по убыванию кобальта выглядит следующим образом: селезенка > гонады > печень (рис. 2).

Среднее содержание **марганца** в селезенке составляет 2,89 мг/кг. Максимальное отмеченное количество элемента – 3,19 мг/кг, минимальное – 2,6 мг/кг сухого вещества. Содержание марганца в гонадах несколько ниже – 2,74 мг/кг. Диапазон колебаний 1,4–4,09 мг/кг. В печени количество марганца приблизительно 1,5 раза выше, чем в селезенке и гонадах – 4,03 мг/кг, минимальное количество марганца в печени составляет 3,2 мг/кг, максимальное количество марганца – 4,98 мг/кг. По убыванию концентрации марганца органы располагаются в следующий ряд: печень > селезенка > гонады (рис. 3).

В селезенке содержание **меди** составляет в среднем 1,98 мг/кг сухого вещества. Минимальное количество меди в селезенке самок севрюги не превышает 1,4 мг/кг, максимальное количество – 2,51 мг/кг. Содержание меди в гонадах в среднем – 2,12 мг/кг сухого вещества (табл., рис. 3). Диапазон колебаний концентрации меди в гонадах – 1,56–2,69 мг/кг. В печени содержание меди практически в 6 раз выше, в среднем 12,3 мг/кг, минимальное содержание – 6,39 мг/кг, максимальное – 18,18 мг/кг.

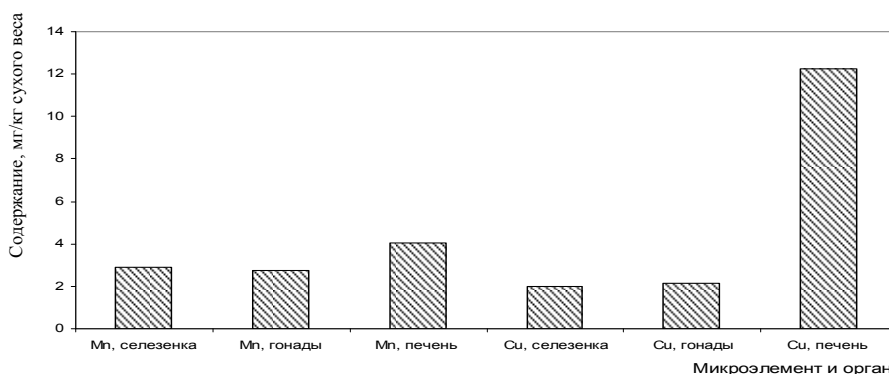


Рис. 3. Содержание марганца и меди в органах самок севрюги

В порядке убывания концентрации меди органы располагаются следующим образом: печень > гонады > селезенка (рис. 3).

Содержание микроэлементов в органах самцов севрюги. В селезенке самцов севрюги, выращиваемых в прудах Кизанского ОРЗ, **цинк** концентрируется на уровне 48,39 мг/кг при величине выборочной стандартной ошибки среднего значения 7,89 мг/кг. Минимальное содержание цинка в селезенке достигает 28,5 мг/кг, максимальное – 85,19 мг/кг сухого вещества. В гонадах количество цинка больше в 3 раза – в среднем 120,62 мг/кг, минимальное количество – 37,91 мг/кг, максимальное – 185,61 мг/кг сухого вещества. Содержание цинка в печени ниже, чем в гонадах в 4 раза – 31,64 мг/кг сухого вещества. Диапазон колебаний невелик – 20,59–43,18 мг/кг. В порядке убывания содержания цинка органы располагаются в следующий ряд: гонады > селезенка > печень (рис. 4).

Среднее содержание **железа** в гонадах составляет 177,48 мг/кг сухого вещества. Минимальное количество элемента в этом органе – 171,02 мг/кг, максимальное – 186,39 мг/кг сухого вещества, т. е. дисперсия данных невелика.

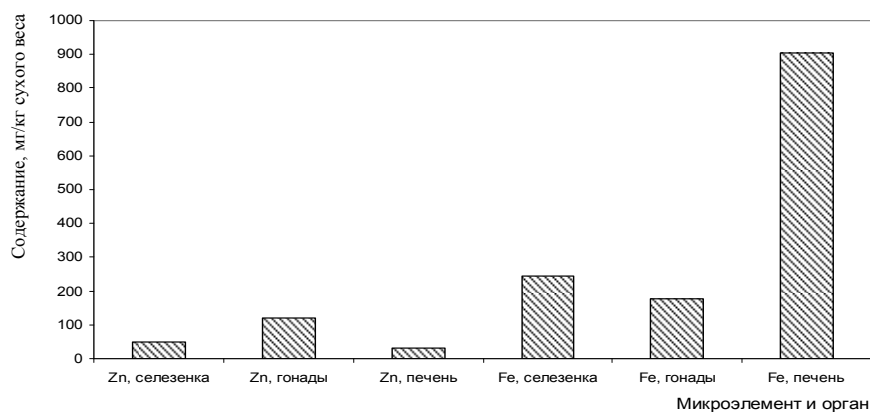


Рис. 4. Содержание цинка и железа в органах самцов севрюги

Несколько выше концентрация железа в селезенке – в среднем 244,99 мг/кг сухого вещества. Диапазон – 152,65–458,82 мг/кг сухого вещества. В печени концентрация железа выше, чем в других органах в 4,5–5 раз, в среднем составляет 903,15 мг/кг сухого вещества. В порядке убывания содержания железа органы располагаются следующим образом: печень > селезенка > гонады (рис. 4, табл.).

Содержание **свинца** в селезенке самцов севрюги в среднем 3,24 мг/кг сухого вещества органа. Максимальное количество свинца в селезенке 3,8 мг/кг сухого вещества, минимальное – 2,39 мг/кг.

В гонадах содержание свинца в среднем составляет 4,05 мг/кг сухого вещества. Минимальное количество свинца в гонадах – 3,66 мг/кг, максимальное – 4,88 мг/кг сухого вещества. Печень по содержанию свинца занимает промежуточное положение между селезенкой и жабра-

ми – 3,66 мг/кг, минимальное содержание элемента 2,7 мг/кг, максимальное – 4,3 мг/кг сухого вещества. Концентрация свинца в органах снижается в следующем порядке: гонады > печень > селезенка (рис. 5).

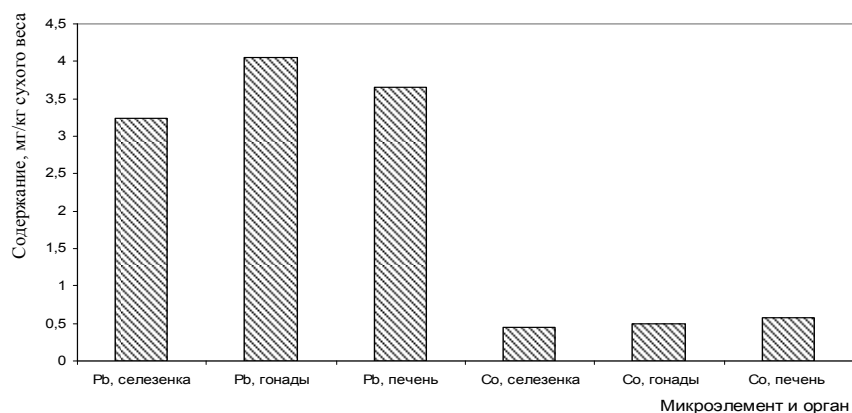


Рис. 5. Содержание свинца и кобальта в органах самцов севрюги

Содержание **кобальта** в селезенке самцов севрюги составляет 0,45 мг/кг сухого вещества, минимальное содержание – 0,08 мг/кг, максимальное – 1,2 мг/кг сухого вещества. В гонадах содержание кобальта приблизительно такое же, как и в селезенке, в среднем – 0,49 мг/кг сухого вещества, диапазон колебаний 0,35–0,6 мг/кг сухого вещества. Содержание кобальта в печени незначительно выше, чем в гонадах, среднее содержание – 0,57 мг/кг, минимальное – 0,4 мг/кг, максимальное не превышает 0,8 мг/кг сухого вещества. Порядок расположения органов при снижении концентрации элемента следующий: печень > гонады > селезенка (рис. 5, табл.).

Содержание **меди** в селезенке характеризуется величиной 1,53 мг/кг сухого вещества, индивидуальные значения концентрации металла у отдельных рыб – 0,4–2,2 мг/кг. В гонадах концентрация меди несколько выше – в среднем 1,78 мг/кг сухого вещества. Минимальная концентрация элемента в органе составляет 0,8 мг/кг, максимальная – 2,5 мг/кг сухого вещества. В печени содержание меди превосходит ее содержание в селезенке и гонадах, составляя в среднем 3,93 мг/кг сухого вещества. Минимум концентрации – 1,57 мг/кг сухого вещества, максимум составляет 8,2 мг/кг. Порядок расположения органов по убыванию концентрации меди следующий: печень > гонады > селезенка (рис. 6).

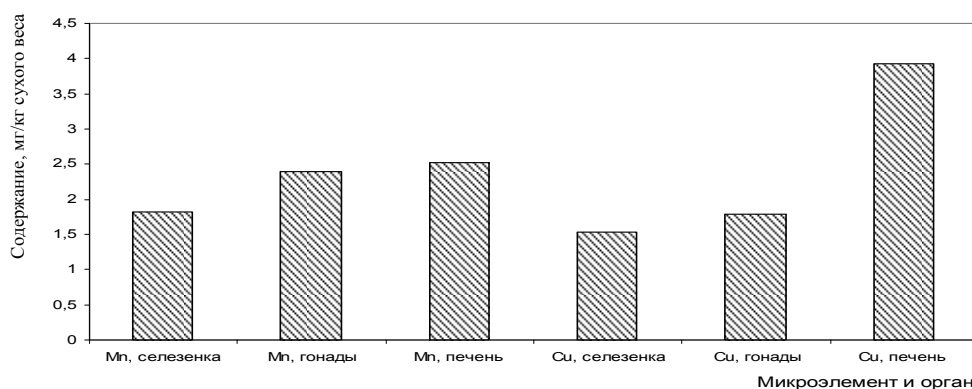


Рис. 6. Содержание марганца и меди в органах самцов севрюги

Концентрация **марганца** в селезенке самцов севрюги определяется в среднем величиной 1,82 мг/кг. В гонадах количество марганца на треть выше, в среднем 2,4 мг/кг, минимальное количество марганца в органе 2,1 мг/кг, максимальное – 2,9 мг/кг. В печени содержание марганца

незначительно выше, чем в гонадах, в среднем 2,52 мг/кг сухого вещества. Диапазон колебаний содержания марганца относительно невелик – 2,2–2,8 мг/кг сухого вещества (рис. 6, табл.). Органы селезенка по убыванию концентрации марганца образуют следующий ряд: печень > гонады > селезенка.

Заключение

Сравнивая результаты, полученные нами, с данными из [4] для производителей осетровых из рыбоводных прудов, отметим, что В. И. Воробьевым указано значительно более высокое количество железа в печени – до 3 500–3 700 мг/кг. Е. Н. Щербакова и С. В. Шипулин приводят данные, более близкие к полученным нами – 750 мг/кг [5], в том числе 540 мг/кг для самок севрюги и 610 мг/кг для самцов [6].

Количество железа, обнаруженное в гонадах самок севрюги, составляет 220 мг/кг, в гонадах самцов – 180 мг/кг. В. И. Воробьев [4] отмечает содержание железа в гонадах на уровне единиц мг/кг, что значительно отличается от количества железа в гонадах по нашим данным. По данным Е. Н. Щербаковой [5], содержание железа в гонадах у производителей осетровых составляет 120–150 мг/кг, что более соответствует нашим данным.

Количество цинка в селезенке, печени и гонадах самок севрюги составляет 60, 70 и 100 мг/кг соответственно. У самцов концентрации цинка составляют 50, 30 и 120 мг/кг. Таким образом, содержание цинка в селезенке и печени у самцов ниже, чем у самок. Перераспределение цинка в пользу гонад у самцов, по всей видимости, происходит и более активно. Сравнивая данные, полученные нами, с результатами В. И. Воробьева [4], следует отметить, что концентрация цинка в печени и гонадах составляют соответственно 250 и 15 мг/кг, т. е. данные по цинку в печени сопоставимы, а по цинку в гонадах резко отличаются. Более близки к нашим данным результаты исследований Е. Н. Щербаковой [5], согласно которым концентрация цинка в селезенке, печени и гонадах составляет соответственно 450, 180 и 90 мг/кг.

Итак, нами было определено, что содержание элементов в органах севрюги обоих полов, выращенных в прудах Кизанского ОРЗ, неодинаково и убывает для всех исследованных органов следующим образом:

самки:

Fe: печень > селезенка > гонады
Cu: печень > гонады > селезенка
Mn: печень > селезенка > гонады
Pb: гонады > селезенка > печень
Zn: гонады > печень > селезенка
Co: селезенка > гонады > печень

самцы:

Fe: печень > селезенка > гонады
Cu: печень > гонады > селезенка
Mn: печень > гонады > селезенка
Zn: гонады > селезенка > печень
Pb: гонады > печень > селезенка
Co: печень > гонады > селезенка

Таким образом, максимальное содержание всех исследованных металлов отмечено в печени и гонадах вне зависимости от пола рыбы. По нашему мнению, это связано с тем, что на концентрацию элемента в органе и процессы его накопления в организме рыб существенное влияние оказывает не только биохимический состав водной среды, грунтов и иных потенциальных и фактических источников микроэлементов для рыбы, но и процесс нерестовой перестройки, когда наблюдается не только изменение процессов накопления элементов в системе окружающая среда – организм, но и активное перераспределение в организме рыб элементов, накопленных в предшествующий период, между различными органами и тканями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брицке М. Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ. М.: Химия, 1982. 232 с.
2. Прайс С. В. Аналитическая атомно-абсорбционная спектроскопия. М.: Мир, 1976. 355 с.
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Изд-во стандартов, 1984. 4 с.
4. Воробьев В. И. Биогеохимия и рыбоводство. Саратов: Литера, 1993. 324 с.
5. Щербакова Е. Н. Возрастные изменения содержания тяжелых металлов в органах и тканях русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2004. 24 с.
6. Шипулин С. В. Особенности состояния пищеварительной системы осетровых рыб в период нерестовой миграции в р. Волга: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2006. 24 с.

Статья поступила в редакцию 23.01.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Шабоянц Наталья Георгиевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. биол. наук; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; shaboyants@mail.ru.



N. G. Shaboyants

**FEATURES OF INTERORGAN DISTRIBUTION OF MINERALS
IN STARRED STURGEON
GROWN UP IN ARTIFICIAL CONDITIONS**

Abstract. The purpose of research is to study specific features of interorgan distribution of minerals in starred sturgeon *Acipenser stellatus* Pallas, 1771, grown up in artificial conditions in the fish ponds of the Kizan sturgeon hatchery (the Astrakhan region). The article touches upon distribution of zinc, lead, manganese, ferrum, cobalt and copper in the spleen, gonads and liver both male and female starred sturgeon species. 256 samples of starred sturgeon sire tissues obtained in the fall period 2011-2012 served as a material. Mineral content in samples was determined by the atomic-absorbing spectroscopy method. It has been stated that maximum quantity of each mineral studied, regardless of gender, is concentrated in gonads and liver. Evidently, the concentration of minerals and their accumulation in fish organisms are influenced by biochemical composition of water, ground and other potential and existent sources of microelements, as well as spawning reorganization. In the process of spawning reorganization there can be observed not only changes in accumulating minerals in the system 'environment-organism', but vigorous redistribution of minerals, accumulated previously, between different organs and tissues. The article gives series of the organs studied, sorted according to a decreasing level of mineral concentration. The results obtained have been compared to the results of other researches. The author highlighted the need to investigate in depths environmental conditions of the sturgeon habitats (natural and artificial) and approximation of artificial conditions to the natural biogeochemical level.

Key words: sturgeon species, starred sturgeon, minerals, zinc, lead, manganese, iron, cobalt, copper, concentration, ponds, water ecosystems.

REFERENCES

1. Britske M. E. *Atomno-absorbtsionnyi spektrokhimicheskii analiz* [Atomic-absorption spectrochemical analysis]. Moscow, Khimiia Publ., 1982. 232 p.
2. Prais S. V. *Analiticheskaiia atomno-absorbtsionnaia spektroskopiia* [Analytical atomic-absorption spectroscopy]. Moscow, Mir Publ., 1976. 355 p.

3. GOST 17.4.4.02-84. *Metody otbora i podgotovki prob dlia khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza* [Methods of selection and preparing samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis]. Moscow, Izd-vo standartov, 1984. 4 p.

4. Vorob'ev V. I. *Biogeokhimiia i rybovodstvo* [Biogeochemistry and fish-breeding]. Saratov, Litera Publ., 1993. 324 p.

5. Shcherbakova E. N. *Vozrastnye izmeneniia sodержaniia tiazhelykh metallov v organakh i tkaniakh russkogo osetra (Acipenser gueldenstaedtii Brandt). Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Age-related changes of heavy metals content in organs and tissues of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt). Abstract of dis. cand. biol. sci.]. Astrakhan, 2004. 24 p.

6. Shipulin S. V. *Osobennosti sostoiianiia pishchevaritel'noi sistemy osetrovyykh ryb v period nerestovoi migratsii v r. Volga. Avtoreferat dis. ... kand. biol. nauk* [Characteristics of a digestive system of sturgeon species during spawning migration in the Volga river. Abstract of dis. cand. biol. sci.]. Astrakhan, 2006. 24 p.

The article submitted to the editors 23.01.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Shaboyants Nataliya Georgievna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Biology; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; shaboyants@mail.ru.

