

УДК: 556.314(282.256.167)+504.5:661

А.В. Коржавин<sup>1</sup>, А.В. Трапезников<sup>1</sup>, В.Н. Трапезникова<sup>1</sup>, А.П. Платаев<sup>1</sup>,  
Г.С. Аширбакиева<sup>2</sup>, Г.Х. Хакимзянова<sup>2</sup>, Е.И. Попова<sup>2</sup>, И.А. Черкашина<sup>2</sup>

Институт экологии растений и животных УрО РАН<sup>1</sup>

620144, Екатеринбург, ул. 8 Марта 202, тел.: 8(34377) 3-61-16

Факс 8(34377) 3-20-70; E-mail: vera\_zar@mail.ru., BFS\_zar@mail.ru

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН<sup>2</sup>

626152, Тюменская область, г. Тобольск, ул. Академика Юрия Осипова, 15

Тел.: 8(3456) 22-09-33, E-mail: TBSRAS@Rambler.ru

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ РЕКИ ИРТЫША

*В работе представлены результаты изучения межгодовой динамики ионного состава природных вод Миссиинской русловой ямы и основных химических загрязнителей в воде нижнего течения Иртыша. Исследуемые воды относятся к гидрокарбонатному классу, группе натрия первого типа. Основными элементами, ухудшающими качество воды в нижнем течении Иртыша, являлись органические вещества, продукты их регенерации, тяжелые металлы и нефтепродукты.*

**Ключевые слова:** река Иртыш, вода, ионный состав, химические загрязнители.



**А.В. Коржавин**  
кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник



**А.В. Трапезников**  
доктор биологических наук, заведующий отделом континентальной радиоэкологии



**В.Н. Трапезникова**  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Река Иртыш - жизненно важная артерия не только для Западной Сибири, но и для всего региона Евразии. Река берет начало в Китае, протекает по территории Республики Казахстан и на территории Ханты-Мансийского автономного округа впадает в

реку Обь. Нерациональное использование и большое загрязнение создают значительные проблемы для развития рыбного промысла и являются причиной серьезной озабоченности населения, проживающего на берегах реки. Вместе с тем, на Иртыше имеются уникальные природные участки, экологическое состояние которых оказывает существенное влияние на продуктивность и видовой состав рыбы большей части реки. К таким уникальным объектам можно отнести одну из крупных русловых ям в нижнем течении Иртыша – Миссиинскую, расположенную в Горнослинкинской суводи. Интерес к русловой яме и прилегающим пойменным водоемам нижнего течения Иртыша обусловлен особой функцией, которую выполняют данные водные объекты. В русловой яме Горнослинкинской суводи переживают зиму виды рыб, относящиеся к особо ценным: осетр, нельма, муксун, а также к ценным видам рыб, являющимися важными объектами промысла – лещ, судак, язь. В пойменных водоемах (р. Бартак, р. Миссия, р. Червянка) происходит размножение и рост молоди. Обзор состояния и изученности русловых ям дан в работе [9]. Исследования, начатые авторами 2004 г., были призваны выявить межгодовую динамику ионного состава природных вод русловой ямы и основных химических загрязнителей в воде нижнего течения Иртыша.

### 1. Объекты, методы исследования и используемое оборудование



**А.П. Платаев**  
инженер – исследователь  
отдела континентальной  
радиоэкологии



**Г.С. Аширбаكيةva**  
кандидат технических  
наук, заведующая лабора-  
торией «Экотоксиколо-  
гия»



**Г.Х. Хакимзянова**  
старший лаборант ла-  
боратории «Экотокси-  
кология»



**Е.И. Попова**  
кандидат биологиче-  
ских наук, научный со-  
трудник лаборатории  
«Экотоксикология»



**И.А. Черкашина**  
младший научный со-  
трудник лаборатории  
«Экотоксикология»

мая по октябрь в течение 2008-2010 гг., для определения химических поллютантов в период 2004-2010 гг. Река Иртыш в месте расположения русловой ямы сильно меандрирует, образуя изгиб с глубокой до 40 м русловой ямой и шириной русла около 500 м при средней глубине по фарватеру 7-9 м. Пойменные водоемы – Бартак, Миссия, Червянка – соединяют во время половодья, правобережную пойму и основное русло Иртыша. При максимальном уровне воды глубина этих речек в низовье, на некоторых участках, достигает (5-8) м, а в меженный период водотоки пересыхают почти полностью. Место расположения точек отбора проб определяли при помощи спутниковой навигационной системы GPS. Географические координаты водоемов Горнослинkinской суводи и нижнего течения Иртыша представлены в таблице 1.

В полевой лаборатории фильтровали пробы воды для анализа взвешенных и биогенных веществ, определяли содержание растворенного кислорода (методом Винклера). В аналитической лаборатории «Экотоксикология» ТБС РАН выполняли определение ионного состава вод по руководящим документам, разработанным ГУ ГХИ. Титриметрическим методом определяли концентрации  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ , жесткости. Содержание в воде  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NO}_2^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{P-PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Fe}$  (растворенные фракции),  $\text{SO}_4^{2-}$ , проводили фотометрическим методом на спектрометре UNICO-1200. Содержание калия и натрия определяли расчетным методом по разности эквивалентов анионов и катионов, а концентрацию магния – по разности величины общей жесткости и содержания кальция в воде. Верификация аналитических методов и результатов определения химического состава вод осуществлялась по единой системе стандартных растворов при постоянном жестком внутрилабораторном контроле, осуществляемом по РМГ 76-2004. Корректность получаемых результатов подтверждается в ходе участия лаборатории «Экотоксикология» ТБС РАН в ежегодных межлабораторных сличениях.

Материал для исследования русловой ямы Горнослинkinской суводи был собран с

Таблица 1 – Географические координаты точек отбора проб воды

№ пп	Точка отбора проб	Координаты
1	р. Иртыш, Русловая яма	Е 68°41'09" N 58°43'09"
2	р. Бартак	Е 68°39'35" N 58°43'08";
3	р. Миссия	Е 68°39'36" N 58°44'28"
4	р. Червянка	Е 68°41'10" N 58°43'31"
5	р. Иртыш в районе с. Демьянское, правый берег (створ 6)*.	Е 69°6,444' N 59°36,162'
6	р. Иртыш, ~20 км до впадения в Обь, правый берег (створ 3)*.	Е 68°04,062' N 60°57,526'

\* - наименования створов взяты из выполненной ранее работы по определению содержания радионуклидов в воде реки Иртыш для сохранения сопоставимости результатов.

## 2. Результаты исследования, их анализ и обсуждение

Основными ионами, которые формируют солевой состав природных вод, являются  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ .

Усредненная характеристика солевого состава исследуемых поверхностных вод приведена в таблице 2. Результаты исследований представлены в виде среднегодовых значений молярных концентраций эквивалентов веществ и их относительного эквивалентного содержания.

Расчет относительного эквивалентного содержания КВЭ(%) данных анионов и катионов проведен по следующим формулам:

$$\text{КВЭ}_a = a \cdot 100 / \sum a; \text{КВЭ}_k = a \cdot 100 / \sum k;$$

где  $a$  – молярная концентрация эквивалента аниона или катиона, моль/дм<sup>3</sup>;

$\sum a$  – суммарная молярная концентрация эквивалентов анионов, моль/дм<sup>3</sup>;

$\sum k$  – суммарная молярная концентрация эквивалентов катионов, моль/дм<sup>3</sup>.

Анионный состав воды русловой ямы нижнего течения р. Иртыш и исследуемых пойменных водоемов довольно постоянен. Так, в течение трех лет исследований наблюдается преобладание гидрокарбонат ионов  $\text{HCO}_3^-$ ; на русловой яме – (80,3-85,3) % экв., в пойменных водоемах – (92,2-97,5) % экв. Относительное эквивалентное содержание хлорид ионов  $\text{Cl}^-$  и сульфат-ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в пойменных водоемах минимально – (1,6-4,7) % экв. и (1,3-4,9) % экв. соответственно, в русловой яме в два – три раза выше -  $\text{Cl}^-$  (8,4-12,0) % экв. и  $\text{SO}_4^{2-}$  (4,4-11,3) % экв.

Среди катионов преобладает суммарное содержание ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ : на русловой яме – (31,2-49,9) % экв., чуть выше на пойменных водоемах – (32,1-56,3) % экв. в пойменных речках и (19,8-27,7) % экв. в русловой яме, соответственно  $\text{Mg}^{2+}$ , - (11,9-34,3) % экв. и (22,4-46,6) % экв.

Полученные данные позволили определить химический тип исследуемых вод. Для поверхностных вод более приемлемой является классификация О.А. Алекина [4]. Согласно данной классификации природные воды подразделяются на классы по преобладающему аниону: гидрокарбонатные (С), сульфатные (S) и хлоридные (Cl). В свою очередь, каждый класс делится на группы по преобладающему катиону: кальциевая (Ca), магниевая (Mg) и натриевая (Na). В пределах каждой группы выделяются типы по соотношению между концентрациями основных ионов, представленных в молярных концентрациях эквивалентов: I -  $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ; II -  $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ; III -  $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  или  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$ , IV -  $\text{HCO}_3^- = 0$ .

Анализ данных, представленных в таблице 2, показал, что исследуемые воды относятся к гидрокарбонатному классу, группе натрия первого типа. Причем, химический тип исследуемых вод не менялся в течение всего периода трехлетнего мониторинга. Средняя температура воды в водоемах составила: в мае, сентябре и октябре – 8-9° С; в июне и августе – 13-15° С; в июле – 16-21° С. Значения pH водоемов в 2009 г. варьировали от 6,5 до 7,3, т.е. имели нейтральную среду. В 2008 и 2010 годах воды Горнослинкинской суводи характеризовались

валились как слабощелочные, среднее значение рН для р. Миссия – 7,5, р. Червянка – 7,7, р. Бартак – 7,7, русловой ямы р. Иртыш – 8,1 (табл. 3).

Водородный показатель воды может служить косвенным фактором наличия паразитофауны в водоемах, что подтверждается исследованиями профессора Пельгунова А. Н., который выявил заражение метацеркариями описторхид в рыбах (язь, лещ, елец) этой водной акватории от 43 до 96 %. Как известно, заражение этими паразитами происходит через жаберную полость рыб, поверхность тела, т.е. через те участки, которые непосредственно контактируют с водной средой [6].

Пределы колебаний концентраций растворенного кислорода составили для р. Миссия – 3,7 - 11,6 мг/дм<sup>3</sup>, р. Червянка – 5,8 - 10,9 мг/дм<sup>3</sup>, р. Бартак – 4,4 - 9,2 мг/дм<sup>3</sup>, русловой ямы р. Иртыш – 5,5 - 8,3 мг/дм<sup>3</sup>. По глубине пойменных водоемов концентрация кислорода снижается незначительно, примерно на 1,2 мг/дм<sup>3</sup>, вследствие небольшой глубины водоемов и перемешивания водных масс. В водоемах в вегетационный период водной растительности постоянно присутствует сероводород в количестве от 0,3 до 2,6 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание нитратного азота во всех исследуемых водах в течение трех лет исследований находилось в диапазоне 0,6-1,8 мг/дм<sup>3</sup>, а нитратного азота – 0,01-0,07 мг/дм<sup>3</sup>.

На всем протяжении всех исследуемых рек Горнослинkinской суводи из биогенных элементов в воде обнаружены повышенные концентрации ионов аммония (ПДК – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) – от 0,6 до 17,3 мг/дм<sup>3</sup>, и фосфат-ионов (ПДК – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>) – от 0,06 до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Поверхностные воды имеют высокую окисляемость (ПДК – 5,0 мг/дм<sup>3</sup>) от 6,4 до 16,2 мг/дм<sup>3</sup> и содержат ионы железа (ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) в количестве от 0,5 до 2,5 мг/дм<sup>3</sup> (таблица 3).

Основными элементами, ухудшающими качество воды в нижнем течении Иртыша в 2010 году, являлись органические вещества, продукты их регенерации, тяжелые металлы и нефтепродукты. Их содержание в воде Иртыша составило (кратно ПДК): азот аммонийный – 2,9 ПДК, нефтепродукты – 1,66 ПДК; железо – 9,0 – 12,4 ПДК; медь – 9,0 ПДК; цинк – 3,0 – 6,8 ПДК; марганец – 10,1 -50,7 ПДК; алюминий 1,65 – 1,95 ПДК; ртуть - 25 ПДК. Следует отметить, что в одной пробе воды Иртыша установлено экстремально высокое содержание марганца, равное 0,507 мг/л.

По сравнению с результатами исследований предыдущих лет, в 2010 году отмечено снижение содержания в воде нефтепродуктов, но при этом возросло содержание марганца и железа. Постоянным и неотъемлемым компонентом воды Иртыша на протяжении ряда лет является достаточно высокое содержание железа и нефтепродуктов (рис. 1, 2).

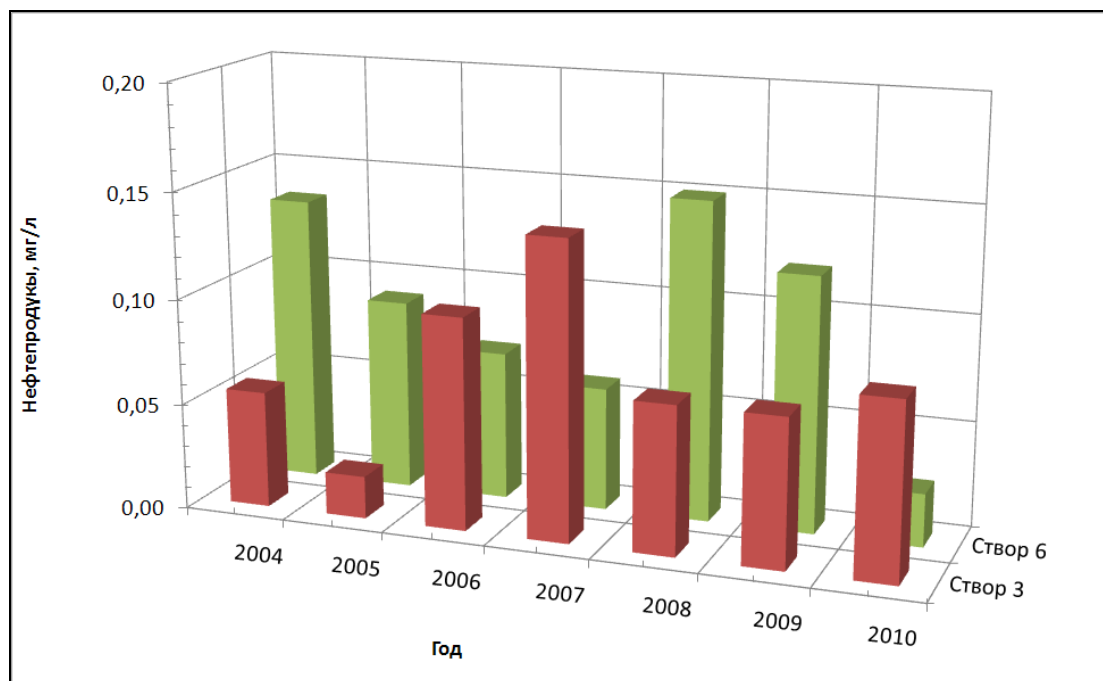


Рисунок 1 – Динамика содержания нефтепродуктов в воде Иртыша в период 2004-2010 гг.

Таблица 2 – Усредненная характеристика солевого состава поверхностных вод русловой ямы и прилегающих пойменных водоемов нижнего течения Иртыша

Название водоема	Год исследования	Cl,		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Na <sup>+</sup> и K <sup>+</sup>		Mg <sup>2+</sup>		Ca <sup>2+</sup>	
		%	$\frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$	%	$\frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$	%	$\frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$	%	$\frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$	%	$\frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$	%	$\frac{\text{ММОЛЬ}}{\text{ДМ}^3}$
Р. Миссия	2008	4,7	0,32	4,9	0,34	90,4	6,20	56,3	3,86	24,9	1,71	18,8	1,29
	2009	4,2	0,24	3,6	0,21	92,2	5,34	39,4	2,28	42,8	2,48	17,8	1,03
	2010	3,7	0,20	1,3	0,07	95,0	5,08	39,3	2,10	25,0	1,34	35,7	1,91
Р. Червянка	2008	4,6	0,38	2,9	0,24	92,5	7,60	52,3	4,30	18,6	1,53	29,1	2,39
	2009	3,6	0,26	2,6	0,19	93,8	6,82	45,5	3,31	24,0	1,74	30,5	2,22
	2010	3,7	0,22	2,7	0,16	93,6	5,54	32,1	1,90	34,3	2,03	33,6	1,99
Р. Бартак	2008	3,7	0,30	3,3	0,27	93,0	7,60	53,5	4,37	24,7	2,02	21,8	1,78
	2009	3,0	0,25	3,5	0,29	93,5	7,74	51,7	4,28	28,7	2,38	19,6	1,62
	2010	1,6	0,11	0,9	0,06	97,5	6,72	56,0	3,86	11,9	0,82	32,1	2,21
Р. Иртыш	2008	8,4	0,44	11,3	0,59	80,3	4,20	49,9	2,61	22,4	1,17	27,7	1,45
	2009	12,0	0,51	7,1	0,30	80,9	3,44	34,1	1,45	46,1	1,96	19,8	0,84
	2010	10,3	0,52	4,4	0,22	85,3	4,30	31,2	1,57	46,6	2,35	22,2	1,12

Таблица 3 – Среднегодовые гидрохимические показатели водоемов Горнослинкинской суводи нижнего течения Иртыша в 2008-2010 гг. (в числителе: глубина отбора проб – 0,3 м, в знаменателе: глубина отбора проб – 1,5 м, для русловой ямы – 30 м)

Название водоема	ПДК*	р. Миссия			р. Червянка			р. Бартак			р. Иртыш, русловая яма		
		2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Год исследований		2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
рН, ед. рН	6,5-8,5	<u>8,2</u> 6,9	<u>6,7</u> 6,6	<u>7,5</u> 7,3	<u>8,2</u> 7,8	<u>7,1</u> 6,9	<u>7,6</u> 7,2	<u>8,1</u> 6,8	<u>7,3</u> 7,0	<u>7,6</u> 7,5	<u>8,4</u> 8,5	<u>6,6</u> 6,5	<u>7,6</u> 7,4
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	не менее 4	<u>8,9</u> 8,3	<u>8,3</u> 6,8	<u>11,6</u> 3,7	<u>10,9</u> 9,1	<u>9,6</u> 8,7	<u>7,1</u> 5,8	<u>9,1</u> 8,6	<u>9,2</u> 7,2	<u>7,9</u> 4,4	<u>8,3</u> 6,1	<u>7,8</u> 7,8	<u>7,0</u> 5,5
Окисляемость перманганатная, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	5,0	<u>6,4</u> 7,9	<u>10,0</u> 8,4	<u>13,0</u> 12,5	<u>7,0</u> 7,5	<u>9,0</u> 10,1	<u>7,7</u> 16,2	<u>6,6</u> 12,7	<u>12,0</u> 15,3	<u>34,5</u> 16,2	<u>10,5</u> 7,9	<u>11,0</u> 10,8	<u>10,2</u> 14,6
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	40	<u>1,1</u> 1,2	<u>1,6</u> 1,8	<u>0,6</u> 0,8	<u>1,6</u> 1,5	<u>1,4</u> 1,3	<u>0,9</u> 0,6	<u>1,8</u> 1,4	<u>1,5</u> 1,9	<u>1,3</u> 1,0	<u>1,1</u> 1,4	<u>0,8</u> 0,9	<u>0,9</u> 1,9
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,08	<u>0,02</u> 0,04	<u>0,02</u> 0,01	<u>0,2</u> 0,1	<u>0,04</u> 0,07	<u>0,03</u> 0,02	<u>0,04</u> 0,05	<u>0,04</u> 0,03	<u>0,02</u> 0,02	<u>0,04</u> 0,03	<u>0,07</u> 0,02	<u>0,01</u> 0,01	<u>0,02</u> 0,03
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,5	<u>9,3</u> 9,9	<u>7,2</u> 5,6	<u>1,4</u> 2,9	<u>10,7</u> 11,9	<u>6,9</u> 0,6	<u>2,4</u> 2,3	<u>10,4</u> 8,1	<u>6,51</u> 0,06	<u>0,9</u> 2,1	<u>17,3</u> 8,7	<u>6,6</u> 6,0	<u>0,9</u> 1,3
P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,05	<u>0,1</u> 0,1	<u>0,05</u> 0,08	<u>0,06</u> 0,09	<u>0,2</u> 0,2	<u>0,05</u> 0,06	<u>0,09</u> 0,08	<u>0,2</u> 0,2	<u>0,05</u> 0,08	<u>0,08</u> 0,06	<u>0,1</u> 0,1	<u>0,05</u> 0,04	<u>0,07</u> 0,09
Fe, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	<u>0,9</u> 0,8	<u>1,1</u> 0,8	<u>1,5</u> 0,7	<u>1,1</u> 1,6	<u>1,0</u> 0,5	<u>1,4</u> 1,3	<u>2,0</u> 1,6	<u>1,0</u> 0,5	<u>2,5</u> 1,2	<u>1,0</u> 0,8	<u>0,9</u> 0,8	<u>1,1</u> 1,0

*\*В соответствии с Приказом №20 от 18.01.2010 г. Федерального агентства по рыболовству*



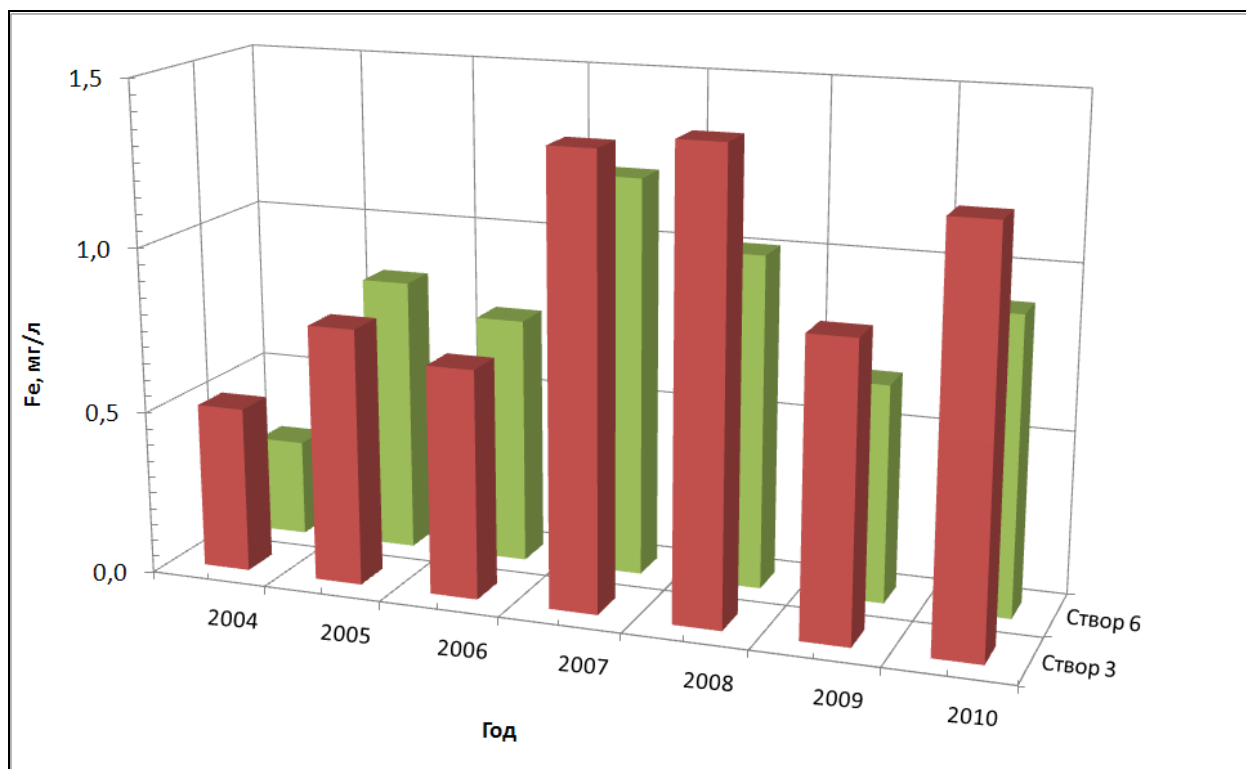


Рисунок 2 – Динамика содержания железа в воде Иртыша в период 2004 - 2010 гг.

Для рыбохозяйственных водоемов ПДК содержания нефтепродуктов в воде составляет  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  [7]. Представленные на рис. 1 данные показывают, что очаговые загрязнения Иртыша нефтепродуктами регистрировались практически ежегодно, начиная с 2004 года. Уровень загрязнения колебался от предельно допустимых концентраций до высоких значений. В 2010 году наметилась некоторая положительная тенденция снижения загрязнения вод Иртыша нефтепродуктами. В прошедшие два года участок более сильного загрязнения располагался в районе с. Демьянское (створ 6). В 2010 году содержание там нефтепродуктов в воде снизилось до безопасных величин. В створе 3, расположенном в районе Ханты-Мансийска, содержание нефтепродуктов на протяжении ряда лет остается несколько повышенным.

Сырая нефть является смесью химических веществ, содержащей сотни компонентов. Установлено, что нефть образовалась в результате длительного теплового, бактериологического и химического воздействия на органические остатки растительных и животных организмов. Поэтому нефть частично обладает сложной химической природой тех материалов, из которых она образовалась. Более 75% общего состава нефти приходится на углеводороды; кроме них в нефти в наибольших ко-

личествах содержатся сера, азот и кислород: до 4% серы, 1 % азота и несколько меньше кислорода [5].

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами приводит к химическим, биологическим и физическим изменениям в водной среде. Главными процессами, оказывающими влияние на химический состав воды, являются микробиологическое разложение нефти и ухудшение газообмена между поверхностью воды и атмосферой. Попадая в водные объекты, нефть первоначально образует пленку на поверхности водоема. При растекании пленки нефти по поверхности воды она образует мультимолекулярный слой, который может покрыть очень большие поверхности. Примерно 15 т мазута в течение 6—7 суток растекаются и покрывают поверхность около  $20 \text{ км}^2$ . Нефтяная пленка, образующаяся на границе раздела воздух - вода, в значительной мере определяет многие химические и биохимические циклы, в частности состояние карбонатной системы. Она влияет, кроме того, на многие физические характеристики, такие, как перенос кислорода, проникновение света, испарение. Вещества, содержащиеся в пленке, могут служить центрами комплексобразования с металлами. Подсчитано, что для полного окисления  $4 \text{ дм}^3$  сырой нефти потребуется кислород, содержащийся в  $1,5 \cdot 10^3 \text{ м}^3$  воды, насыщенной воздухом при  $60^\circ$

С. Это эквивалентно количеству воды, содержащейся в слое глубиной 30 см и площадью поверхности  $0,5 \cdot 10^4 \text{ м}^2$ . Нефтепродукты оказывают неблагоприятное воздействие на физическое, химическое и биологическое состояние водоема, водную растительность, животный мир [1].

Данные по содержанию железа в воде Иртыша на протяжении 2004-2010 гг. представлены на рисунке 2. Железо относится к числу наиболее распространенных элементов, содержание его в земной коре около 4,65% (по массе). Однако вследствие низкой миграционной способности концентрация железа в природных водах настолько незначительна, что его принято относить к числу микрокомпонентов. В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Соединения железа поступают в поверхностные воды за счет процессов химического выветривания горных пород. Значительные количества железа поступают также с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками [4].

Концентрация железа подвержена заметным сезонным колебаниям. Обычно в водоемах с высокой биологической продуктивностью в период летней и зимней стагнации заметно увеличение концентрации железа в придонных слоях воды. Осенне-весеннее перемешивание водных масс (гомותרмия) сопровождается окислением Fe (II) в Fe (III) и выпадением последнего в виде  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  [8].

Предельно допустимое содержание железа в воде для рыбохозяйственных водоемов не должно превышать  $0,1 \text{ мг/дм}^3$ . Результаты исследований показывают, что повышенное содержание железа в воде является неотъемлемой частью Иртышской речной системы. Особенно высокие показатели содержания данного элемента были отмечены в 2007-2008 гг., когда содержание железа в воде в 10-14 раз превышало ПДК. В последующие два года содержание данного элемента в воде несколько снизилось, но все же остается значительно выше ПДК. Наиболее вероятной причиной по-

всемерно высокого содержания железа в воде рек является поступление его из болотных систем, коими богата данная территория. Железо в болотных водах находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот - гуматами. Учитывая высокую заболоченность территории водосбора Иртыша, высокое содержание железа в воде рек на территории Тюменской области является как бы естественным природным фактором. Являясь биологически активным элементом, железо в определенной степени влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоеме. Содержание железа в воде выше 1-2 мг Fe/л значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду мало пригодной для использования в технических целях [2].

Также постоянными компонентами воды Иртыша являются тяжелые металлы. Согласно сведениям, представленным в "Справочнике по элементарной химии" под ред. А.Т.Пилипенко (1977), к тяжелым металлам отнесены элементы, плотность которых более  $5 \text{ г/см}^3$ . Формально определению тяжелые металлы соответствует большое количество элементов [3]. Наиболее характерными загрязнителями воды Иртыша являются медь, свинец, цинк, никель, марганец, ртуть. Динамика количественного содержания меди в воде Иртыша за наблюдаемый период представлена на рис. 3. Предельно допустимая концентрация (ПДК) меди для рыбохозяйственных водоемов равна  $0,001 \text{ мг/дм}^3$ . На протяжении всего наблюдаемого периода содержание меди в воде превышало установленный показатель. Так, в 2010 году содержание меди в Иртыше составило 9 ПДК. В предыдущие годы были отмечены и более высокие показатели. В 2005 году в створе 3 -  $0,022 \text{ мг/дм}^3$  (22 ПДК), в 2008 году - 20 ПДК. Несмотря на единичные случаи, общая тенденция последних лет направлена на снижение содержания меди в воде Иртыша.

Медь - один из важнейших микроэлементов. Физиологическая активность меди связана главным образом с включением ее в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями. Вместе с тем, избыточ-



ные концентрации меди оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы [2; 3].

На рисунке 4 представлено содержание свинца в створах Иртыша на протяжении 2004-2010 гг. Предельно допустимая концентрация свинца составляет 0,006 мг/дм<sup>3</sup>. Отдельные случаи повышенного содержания свинца в воде Иртыша регистрировались почти ежегодно. В 2010 году повышенное содержание элемента установлено в пробах воды в створе 3 в количестве 3,3 ПДК. Самые высокие показатели содержания свинца за наблюдаемый период отмечены в 2005 году в створе Иртыша, расположенном в районе Ханты-Мансийска. Концентрация свинца в воде тогда составила 13,5 ПДК.

Влияние свинца на здоровье происходит при поступлении свинца с пищей и водой. Свинец накапливается в теле, в костях и поверхностных тканях. Свинец влияет на почки, печень, нервную систему и органы кровообращения [2].

В отличие от единичных случаев повышения свинца, начиная с 2007 года, отмечен постоянный рост содержания марганца. Дина-

мика содержания марганца за наблюдаемый период представлена на рисунке 5. Для рыбохозяйственных водоемов ПДК марганца составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Наиболее высокие показатели содержания марганца в воде установлены в 2010 году в створе 6 в районе с. Демьянское. Содержание марганца в данной пробе воды составило 50,7 ПДК.

В поверхностные воды марганец может поступать в результате выщелачивания железомарганцевых руд и других минералов, содержащих марганец (пирролюзит, псиломелан, браунит, манганит, черная охра). Значительные количества марганца поступают в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений [3].

На рисунке 6 показано содержание цинка в воде Иртыша. Предельно допустимая концентрация цинка составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Самое высокое содержание цинка в воде было отмечено в 2009 году, когда его количество в пробах воды Иртыша превысило ПДК в 13 – 16 раз.

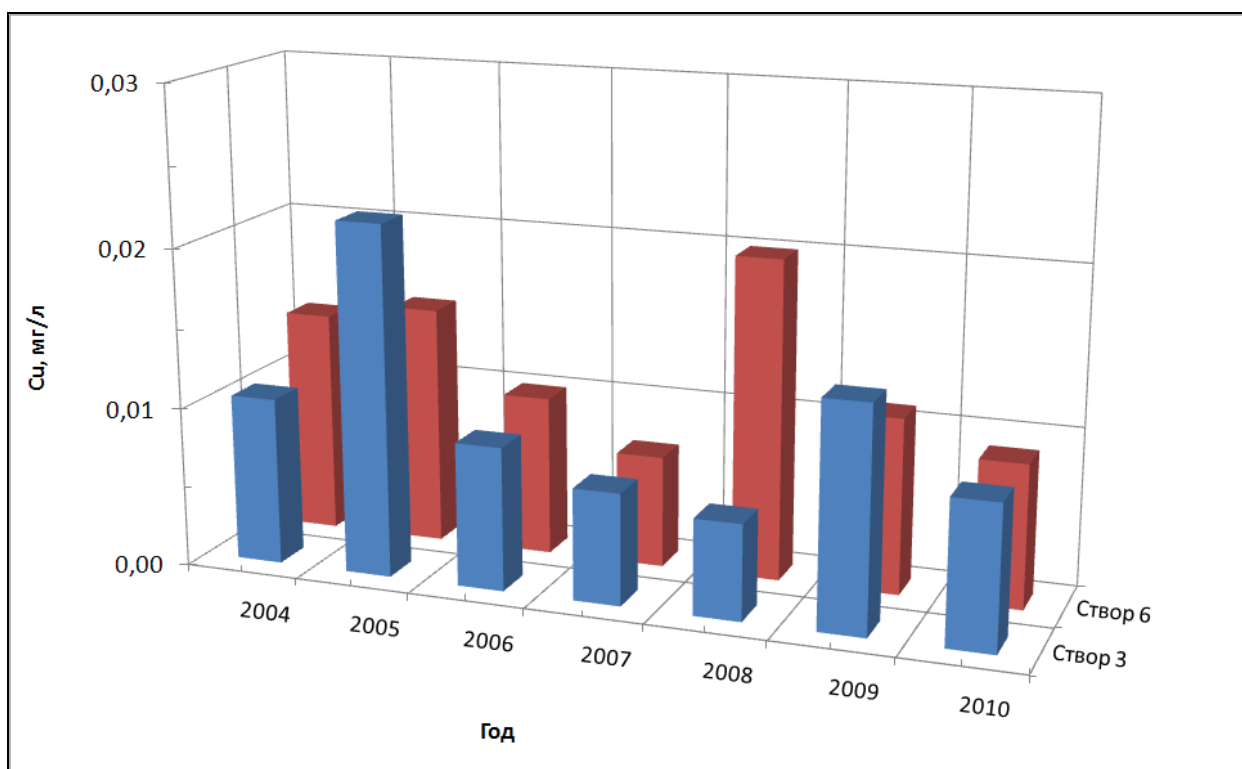


Рисунок 3 – Содержание меди в воде Иртыша в период 2004 – 2010 гг.

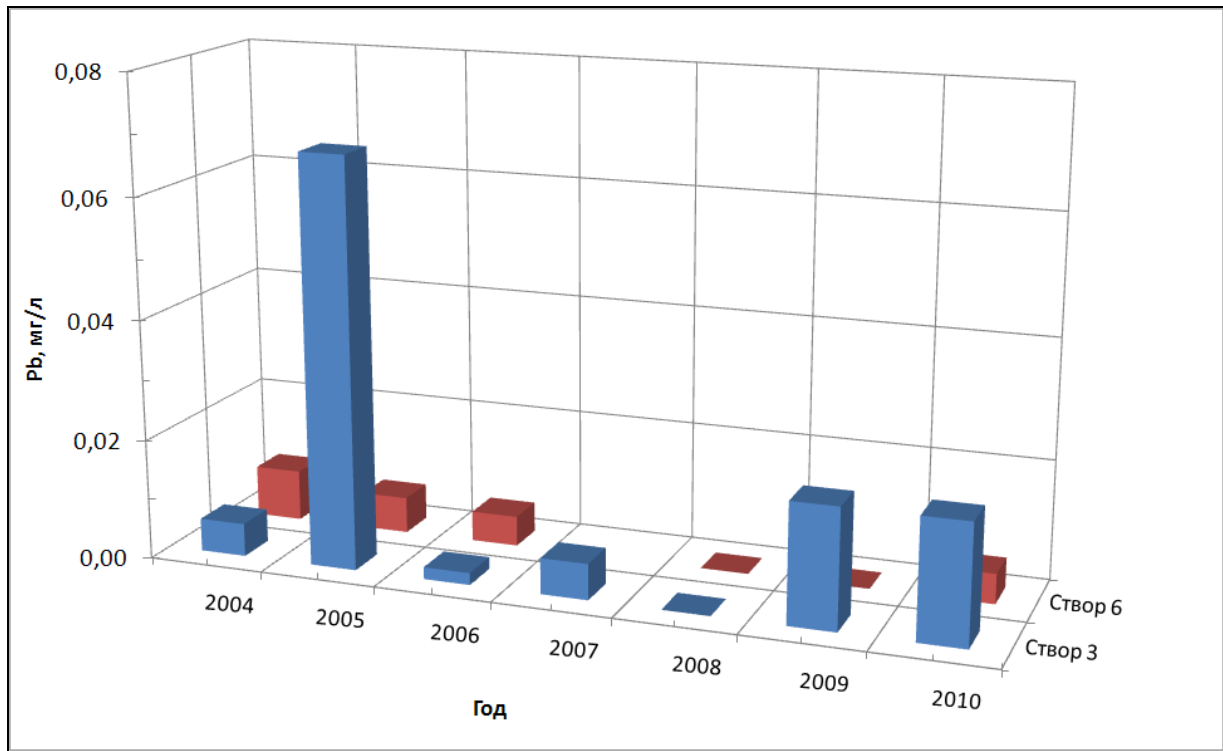


Рисунок 4 – Содержание свинца в воде Иртыша в период 2004 – 2010 гг.

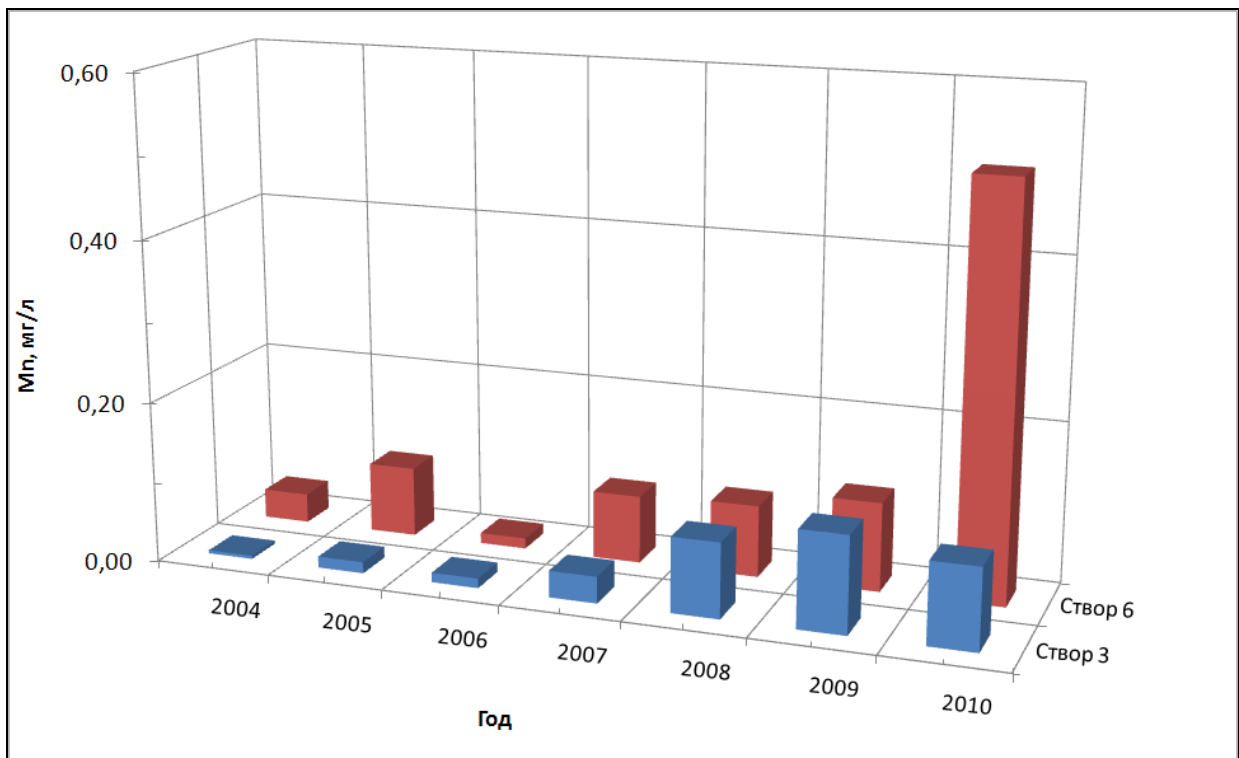


Рисунок 5 – Содержание марганца в воде Иртыша в период 2004 – 2010 гг.

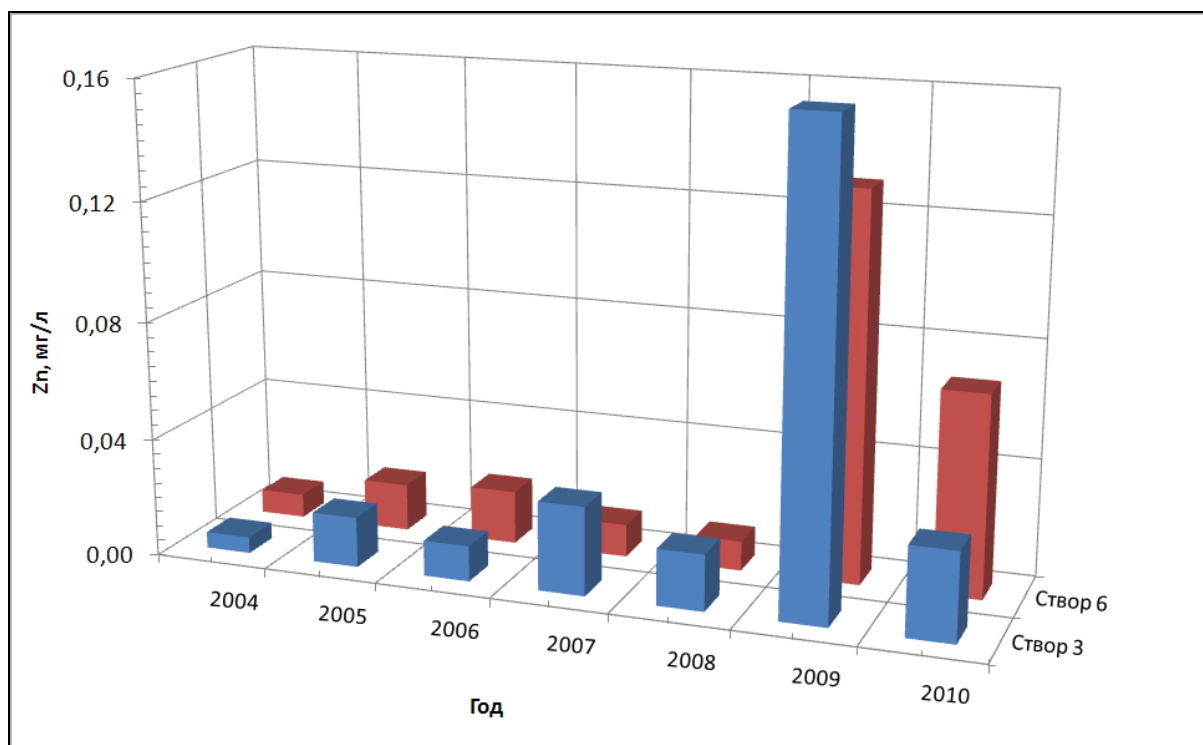


Рисунок 6 – Содержание цинка в воде Иртыша в период 2004 – 2010 гг.

Цинк попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов (сфалерит, цинкит, госларит, смитсонит, каламин), а также со сточными водами рудообогатительных фабрик и гальванических цехов, производств пергаментной бумаги, минеральных красок, вязкого волокна и др. В воде существует главным образом в ионной форме или в форме его минеральных и органических комплексов. Иногда встречается в нерастворимых формах: в виде гидроксида, карбоната, сульфида и др. Цинк относится к числу активных микроэлементов, влияющих на рост и нормальное развитие организмов. В то же время многие соединения цинка токсичны, прежде всего, его сульфат и хлорид [2, 8].

#### Заключение

1. В работе представлены результаты комплексного гидрохимического исследования реки Иртыш в границах Тюменской области от Горнослинкинской суводи до впадения Иртыша в Обь в районе г. Ханты-Мансийска в период 2004-2010 гг., и пойменных водоемов (р. Бартак, р. Миссия, р. Червянка). Показана межгодовая динамика ионного состава природных вод русловой ямы и основных химических загрязнителей в воде нижнего течения Иртыша.

2. Полученные данные анионного и катионного состава воды позволили определить

химический тип исследуемых вод. Согласно классификации О.А. Алекина исследуемые воды относятся к гидрокарбонатному классу, группе натрия первого типа. Химический тип исследуемых вод не менялся в течение всего периода мониторинга.

3. Пределы колебаний концентраций растворенного кислорода составили для р. Миссия – 3,7 - 11,6 мг/дм<sup>3</sup>, р. Червянка – 5,8 - 10,9 мг/дм<sup>3</sup>, р. Бартак – 4,4 - 9,2 мг/дм<sup>3</sup>, русловой ямы р. Иртыш – 5,5 - 8,3 мг/дм<sup>3</sup>. В вегетационный период водной растительности в воде постоянно присутствует сероводород в количестве от 0,3 до 2,6 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание нитратного азота во всех исследуемых водах в течение последних трех лет находилось в диапазоне 0,6-1,8 мг/дм<sup>3</sup>, а нитратного азота – 0,01-0,07 мг/дм<sup>3</sup>.

4. В воде рек Горнослинкинской суводи были установлены повышенные концентрации ионов аммония (ПДК – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) – от 0,6 до 17,3 мг/дм<sup>3</sup>, и фосфат-ионов (ПДК – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>) – от 0,06 до 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Поверхностные воды имели высокую окисляемость (ПДК – 5,0 мг/дм<sup>3</sup>) от 6,4 до 16,2 мг/дм<sup>3</sup> и содержали ионы железа (ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) в количестве от 0,5 до 2,5 мг/дм<sup>3</sup>.

5. Основными элементами, ухудшающими качество воды в нижнем течении Иртыша, являлись органические вещества, продукты их регенерации, тяжелые металлы и нефте-

продукты. Их содержание в 2010 году в воде Иртыша составило (кратно ПДК): азота аммонийного – 2,9 ПДК, нефтепродуктов – 1,66 ПДК; железа – 9,0 – 12,4 ПДК; меди – 9,0 ПДК; цинка – 3,0 – 6,8 ПДК; марганца – 10,1 – 50,7 ПДК; алюминия 1,65 – 1,95 ПДК; ртути – 25 ПДК. В одной пробе воды Иртыша было установлено экстремально высокое содержание марганца, равное 0,507 мг/л. Ранее были отмечены случаи значительного повышения содержания меди до 22 ПДК, свинца до 13,5 ПДК. Постоянными и неотъемлемыми компонентами воды Иртыша на протяжении ряда лет является достаточно высокое содержание железа и нефтепродуктов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта УрО РАН № 12-И-4-2045 и гранта РФФИ № 10-05-00516-а.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Быковский В. А. Экологические вопросы при разработке нефтяных месторождений Крайнего Севера. – Екатеринбург: Екатеринбург, 1999. – С. 7-27
- 2 Никаноров А. М. Гидрохимия: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
- 3 Панов Г. Е., Петряшин Л. Ф., Лысяный Г. Н. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – Москва: 1986. – 244 с.
- 4 Пельгунов А.Н., Рябов И.Н., Филиппова А.Ю. 2004. Выживаемость метацеркарий *Opisthorchis felinus* Rivolta, 1884 в рыбе при обработке СВЧ-излучением. // Основные достижения и перспективы развития паразитологии: Матер междунар. конф. 14-16 апреля 2004. – Москва: ИНПА РАН. – С. 228-230.
- 5 Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочных безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды, водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – Москва: ВНИРО, 1999. – С. 304-306
- 6 Никанорова А. М. Справочник по гидрохимии. – Ленинград: Гидрометииздат, 1989. – С. 391-393
- 7 Павлов Д.С., Мочка А. Д. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна – Москва: Т-во научных изданий КМК, 2006. – С. 596-597

#### ЕРТІС ӨЗЕНІНІҢ ТӨМЕНГІ АҒЫСЫ СУЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ

А.В. Коржавин, А.В. Трапезников, В.Н. Трапезникова, А.П. Платаев,  
Г.С. Аширбакиева, Г.Х. Хахимзянова, Е.И. Попова, И.А. Черкашина

*Жұмыста Миссинск салалық шұңқырының табиғи суларының иондық құрамының және Ертістің төменгі ағысы суындағы негізгі химиялық поллютанттардың жылдаралық динамикасын зерттеудің нәтижелері келтірілген. Зерттелген сулар гидрокарбонатты класқа, натрий тобының бірінші типіне жатады. Ертістің төменгі ағысы суының сапасын төмендететін негізгі элементтері органикалық заттар, олардың регенерациясы өнімдері, ауыр металдар және мұнайөнімдері болып табылады.*

#### WATER CHEMICAL COMPOUND IN THE BOTTOM WATERCOURSE OF IRTYSH-RIVER

A.V. Korzhavin, A.V. Trapeznikov, V.N. Trapeznikova, A.P. Plataev  
G.S. Ashirbakieva, G.H. Hakimzjanova, E.I. Popova, I.A. Cherkashina

*The one of large pits in Irtysh-river, Missiinsky riverbed pit is located in the bottom current. Uniqueness of the given natural object consists that especially valuable kinds of fishes spend the winter in the riverbed pit, such as sturgeon (acipenser), nelma (stenodus leucichthys), salmo muxun, and also the valuable kinds of fish, which are important objects of a fishery - carpbream (abramis brama), pike-perch (stizostedion lucioperca), nerfling (leuciscus idus). The results of studying of an interannual dynamics of the ionic compound of riverbed pit natural waters and the basic chemical pollutants in water of the Irtysh-river bottom current are introduced in the work. Investigated waters relate to a hydrocarbonate class, the first type sodium group. Organic substances, products of their regeneration, heavy metals and oil products were the basic elements worsening quality of water in the bottom current of Irtysh-river.*