

УДК 556.531 (571.621)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД Р. БИРА

Р.М. Коган, Л.О. Рыжкова

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: kogannm@mail.ru, Rizkova@mail.ru*Исследовано влияние природных и антропогенных факторов на формирование химического состава воды р. Бира.***Ключевые слова:** поверхностные воды, химический состав, загрязнение, тяжелые металлы.

Река Бира является одной из основных водных артерий на территории Еврейской автономной области (ЕАО), на её берегах расположено значительное количество населенных пунктов. Воды реки используются в хозяйственно-бытовых и питьевых целях, но существующая система мониторинга не позволяет полностью оценить ее экологическое состояние, поэтому нами проведено исследование факторов, влияющих на химический состав воды в данном водотоке в различные сезоны и в точках, входящих и не входящих в систему регионального мониторинга.

Материалы, использованные в работе: данные Бассейнового управления по ЕАО, Управления природных ресурсов по ЕАО, ФГУ «Центра гигиены и эпидемиологии в Еврейской автономной области»; данные собственных анализов проб воды.

Отбор проб проводился в 2008–2010 гг. в весенний и осенний периоды. Расположение точек и их нумерация приведены на рис. 1, 2.

Показатели качества воды: кислотность, жесткость, содержание растворенного кислорода, тяжелых металлов (ТМ), фторидов, хлоридов, сульфатов, нитратов определены по стандартным методикам [8, 9, 12]

Расчет распределения металлов между сосуществующими формами основан на методе материального баланса:

$$C_M = [M^{m+}] + \sum_1^n [ML]_n, \quad (1)$$

где C_M – суммарная концентрация растворимых форм металлов; $[M^{m+}]$ – концентрация ионов металла, не связанных в комплексные соединения; $[ML]_n$ – концентрация комплексных соединений металла с лигандами [6].

Мольная доля свободных ионов ($\alpha_{[M^{m+}]}$) может быть рассчитана по следующим уравнениям:

$$\alpha_{[M^{m+}]} = \frac{1}{\Phi} \cdot 100, \quad (2)$$

$$\Phi = 1 + \beta_1 [L_1] + \beta_2 [L_1]^{2+} \dots + \beta_1 [L_2] + \beta_2 [L_2]^{2+} \dots + \beta_1 [L_n] + \beta_2 [L_n]^{2+} \dots + \beta_n [L_n]^n, \quad (3)$$

где β_n – константа устойчивости комплексного соединения $[ML]_n$, Φ – функция Фронеуса, L_n – концентрация комплексообразующих лигандов.

Мольная доля (%) каждого комплексного соединения металла ($\alpha_{[ML]_n}$) определена делением соответствующего ей $\beta_n [L_n]^n$ на Φ :

$$\alpha_{[ML]_n} = \frac{\beta_n [L_n]^n}{\Phi} \cdot 100. \quad (4)$$

Содержание ионов H^+ и OH^- рассчитано исходя из ионного произведения воды (K_w):

$$K_w = [H^+] + [OH^-] \quad (4); \quad [H^+] = 10^{-pH}; \quad [OH^-] = 10^{-pOH}. \quad (5)$$

Нумерация точек отбора проб: 1. р. Кульдур (до слияния с р. Кимкан), 2. р. Кимкан (до слияния с р. Кульдур), 3. р. Кульдур (с. Двуречье, слияние рек Кульдур и Кимкан), 4. р. Бира (п. Биракан), 5. р. Биракан, 6. р. Бира (п. Теплоозерск), 7. р. Каменушка, 8. р. Никита, 9. р. Сагды-Бира, 10. р. Трек, 11. р. Кирга, 12. р. Бира (с. Раздольное), 13. р. Бира перед г. Биробиджаном.

А. Точки регионального мониторинга: 1. Августовский водозабор, 2. Аремовский водозабор, 3. Водозабор Сопка, 4. Спасательная станция, 5. ПКЮ, 6. Ул. Невская, 7. Выше сброса сточных вод с ГОСК, 8. Ниже сброса сточных вод с ГОСК.

Б. Точки вне системы регионального мониторинга: 1. Район ДСМ, 2. Начало п. Бумагина; 3. После моста на п. Сопка, 4. Очистные сооружения, 5. Ул. Невская; 6. Район нового моста до спуска сточных вод, 7. Район нового моста после спуска сточных вод.

Основные результаты

Химический состав поверхностных вод реки Бира и ее притоков формируется под влиянием своеобразных природных условий, наличием сложной системы проток, рукавов и водоемов, рудоносных и коллекторно-дренажных вод, гидрометеорологических условий, характерных для каждого периода, на которые накладывается антропогенное загрязнение. Расположение в Уссурийской геохимической провинции и наличие место-

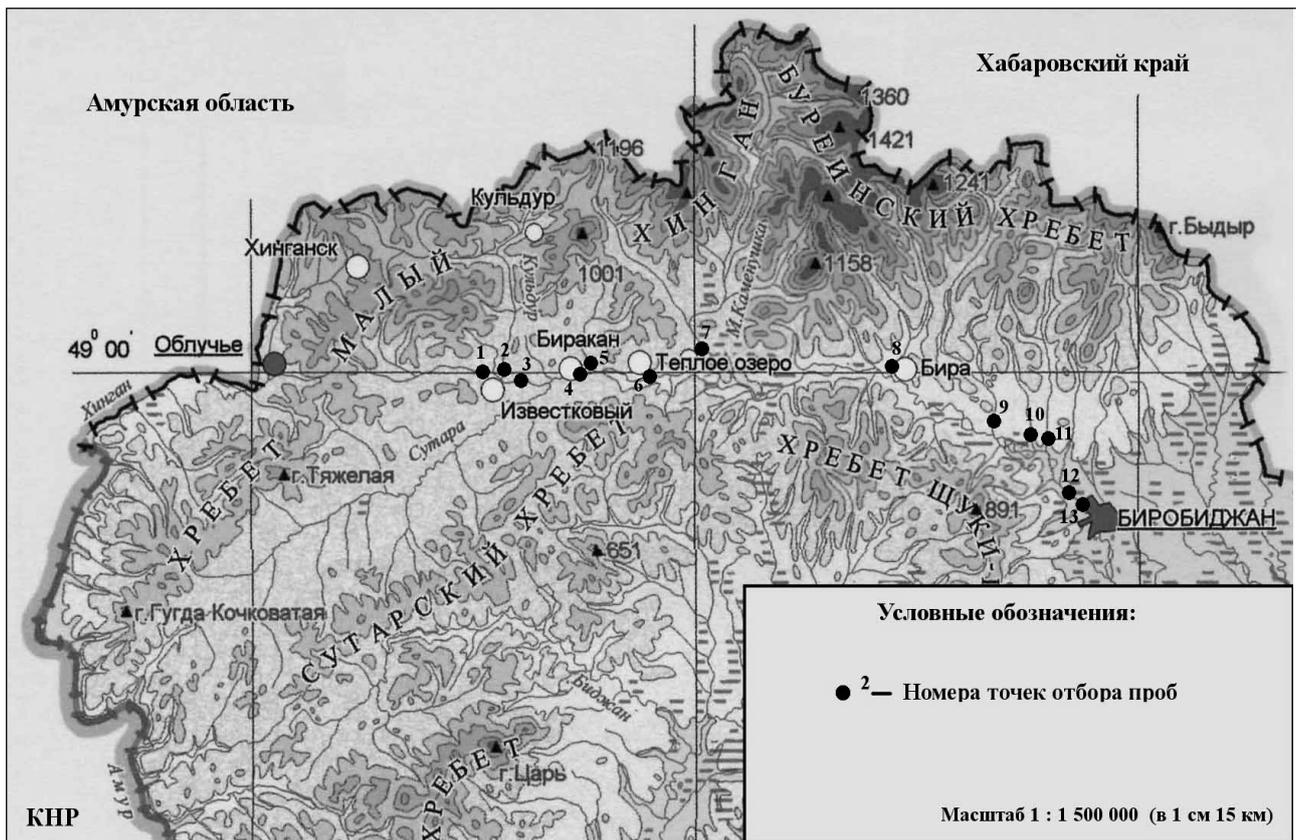


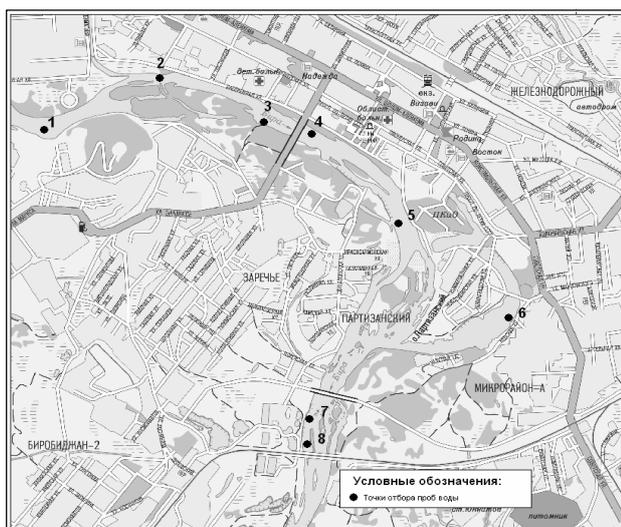
Рис. 1. Точки отбора проб воды в р. Бира от истока до г. Биробиджана и в притоках

рождений и рудопроявлений полезных ископаемых в пределах площади водосбора могут влиять на содержание в воде неорганических соединений, которое увеличивается в результате процессов химического выветривания горных пород, сопровождающихся их механическим разрушением и растворением [11]. Месторождения, которые могут являться источником загрязнения исследуемого водотока различными соединениями металлов – продуктов транзита и деструкции основного

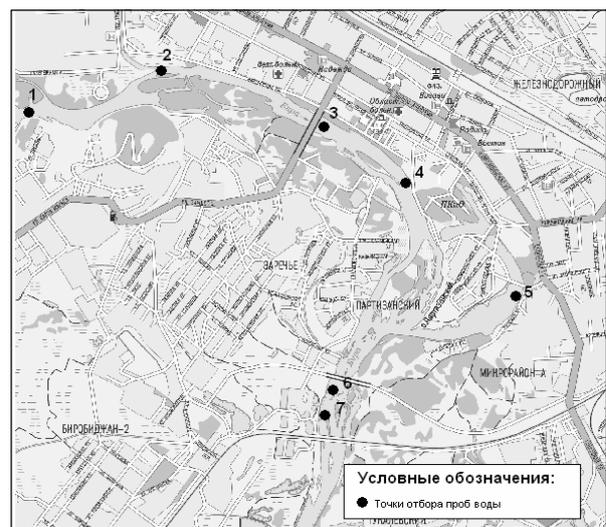
сырья и сопутствующих соединений, представлены в табл. 1.

Антропогенная составляющая со сточными, снеговыми и дождевыми водами (табл. 2) обуславливает дополнительное загрязнение ТМ, азотом аммонийным, органическими и взвешенными веществами, большинство из которых относится к III классу токсичности [6].

В связи с неравномерным распределением природных и антропогенных источников определение химичес-



А



Б

Рис. 2. Точки отбора проб воды в р. Бира на территории г. Биробиджана

Минерально-сырьевые источники загрязнения вод р. Бира [2, 10]

Месторождение	Основное сырье	Сопутствующие соединения
Мало-Хинганский железорудный район	Железистые кварциты: гематитовые (Fe_2O_3), магнетитовые ($Fe_2O_3 \cdot FeO$), магнетит-гематитовые, окисно-раунитовые ($Mn_2O_3 \cdot nSiO_2$), окисно-карбонатные (родохрозит $MnCO_3$), гаусманитовые ($MnO \cdot Mn_2O_3$), а также окисные и полуокисные руды с псиломеланом ($mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$), пиролюзитом (MnO_2) и лимонитом ($FeO(OH)$)	Оксиды алюминия, кремния, магния, марганца, молибдена, кальция.
Хинганское месторождение олова	Касситерит (SnO_2)	Сульфиды железа (пирит), свинца (галенит), цинка (сфалерит), меди (халькопирит, борнит), мышьяка, железа. Оксиды железа (III), магния и титана. Карбонаты кальция и свинца.
Сутарский золотоносный район	Золото (Au)	Оксиды алюминия, железа, иттрия, ниобия и титана. Соли магния, цезия и циркония.
Лондоковское месторождение известняков	Кремнезем (SiO_2), глинозем (Al_2O_3), карбонат кальция ($CaCO_3$)	Оксиды алюминия, железа, кальция, кремния и марганца.
Лондоковское месторождение цементных и флюсовых известняков	Оксиды кальция, карбонаты кальция и магния	Оксиды алюминия, железа, кремния, марганца, титана, фосфора.
Торфяные месторождения	Торф	Оксиды железа, кальция, фосфора, серы; азотсодержащие соединения.

кого состава воды в р. Бира проведено отдельно от истоков до г. Биробиджана (табл. 3, 4) и на территории города (табл. 5).

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, 4, вода очень мягкая, кислотность варьируется от слабо кислой

до нейтральной, в большинстве точек отбора наблюдается повышенное содержание железа, в некоторых точках – марганца. Тенденция увеличения содержания ТМ от истоков до г. Биробиджана может быть связана с внесением их с притоками, протекающими в районах место-

Таблица 2

Сброс загрязняющих веществ в р. Бира на территории г. Биробиджана

Год	Загрязнители, т												
	БПК пол. * 10^{-3}	Взвеш. в-ва * 10^{-3}	Азот аммонийный	Нитраты	Жиры, масла	Железо	Медь	Цинк	Нитриты	Фосфор общий	СПАВ	Никель	Хром
1998	0,16	0,17	69,05	235,00	25,39	3,91	-	-	0,78	-	-	-	-
1999	0,15	0,17	68,40	219,00	4,18	-	-	0,01	-	-	0,38	-	-
2000	0,21	0,16	50,35	143,45	25,65	2,95	0,08	0,02	1,90	12,70	0,67	0,02	0,14
2001	0,29	0,19	62,40	169,46	34,91	3,49	0,01	0,01	0,86	-	0,20	0,01	0,05
2002	0,16	0,16	53,43	173,60	34,77	2,98	0,04	0,10	1,74	31,62	0,20	-	0,20
2003	0,13	0,13	51,26	217,00	33,06	5,00	0,10	-	1,63	28,81	-	-	0,10
2004	0,15	0,19	66,81	278,98	-	4,27	0,05	0,12	2,64	-	2,36	-	0,15
2005	0,20	0,18	53,27	183,37	-	5,22	0,07	0,02	3,04	97,08	1,40	-	0,06
2006	0,20	0,16	14,24	28,01	278,90	5,79	0,08	0,59	3,70	1276,00	1,32	-	0,14
2007	0,16	0,15	18,54	276,31	-	4,45	0,08	0,40	2,49	14,24	0,50	-	0,09
2008	0,21	0,14	42,53	208,62	2,29	5,61	0,10	-	2,68	13,77	1,29	-	-

Примечание: Данные Бассейнового управления по ЕАО

Содержание поллютантов в р. Бира от истока до г. Биробиджана, мг/дм³

№	pH	Жесткость	Фториды	Железо	Марганец	Медь	Кальций	Магний	Никель
1	7,3	0,70	0,34	0,292	0,065	0,011	8,0	3,6	< 0,003
2	7,3	0,80	0,23	0,610	0,219	0,010	10,0	3,6	< 0,003
3	7,4	0,50	0,48	0,049	0,014	0,012	8,0	1,2	< 0,003
4	7,4	0,70	0,33	0,723	0,081	0,012	10,0	2,4	< 0,003
5	6,9	1,50	0,41	0,343	0,034	0,005	< 1	< 1	< 0,003
6	6,8	0,80	0,37	0,347	0,069	0,010	10,0	3,6	< 0,003
7	7,3	0,50	0,30	0,083	0,016	0,004	8,0	1,2	< 0,003
8	6,8	0,60	0,43	0,241	0,037	0,006	8,0	2,4	< 0,003
9	7,5	0,60	0,28	0,251	0,025	0,018	6,0	3,6	< 0,003
10	7,5	0,70	0,35	0,461	0,037	0,006	8,0	3,6	< 0,003
11	7,3	0,60	0,41	0,573	0,039	0,009	6,0	3,6	< 0,003
12	7,5	0,70	0,30	0,451	0,040	0,004	6,0	4,8	< 0,003
13	7,3	0,60	0,37	0,546	0,071	0,009	6,0	3,6	< 0,003

Примечание: 1. Нумерация точек указана на рис. 1; 2. Жесткость измерена в градусах; 3. Данные 2010 г. 4. Анализ проведен ФГУЗ «ЦГ и Э в ЕАО»

рождений р. Кимкан (№ 1) или с населенными пунктами на реках Трек (№ 10), Кирга (№ 11), Бира (№ 6 и 12).

На территории г. Биробиджана основными природными загрязнителями также являются железо и марганец, причем концентрация железа намного выше, чем марганца; техногенными – медь и никель, преобладающими анионами – сульфаты, хлориды и нитраты. Содержание поллютантов варьируется по годам, в зависимости от точек поступления сточных вод (фрагмент приведен в табл. 5) и от фаз гидрологического режима (табл. 6).

Например, весной 2009 г. в связи с повышением уровня воды происходит уменьшение концентрации

природных загрязнителей по сравнению с осенним периодом 2008 г. Другая зависимость наблюдается для техногенных элементов, поскольку наряду с изменением гидрологического режима их поступление со сточными водами неравномерно в течение года.

Содержание некоторых соединений, например ТМ, определяется не только суммарным количеством поступлений от природных и антропогенных источников, но и сложными химическими превращениями, основными из которых являются окислительно-восстановительные процессы и образование комплексных соединений с неорганическими и органическими лигандами.

Таблица 4

Содержание поллютантов в воде в р. Бира от истока до г. Биробиджана в единицах ПДК_{в.р.}

№	Фториды	Железо	Марганец	Медь	Кальций	Магний	Никель
1	0,22	0,97	0,65	0,011	0,26	0,18	< 0,03
2	0,15	2,03	2,19	0,010	0,33	0,18	< 0,03
3	0,32	0,16	0,14	0,012	0,26	0,06	< 0,03
4	0,22	2,41	0,81	0,012	0,33	0,12	< 0,03
5	0,27	1,13	0,34	0,005	<0,033	< 0,05	< 0,03
6	0,25	1,156	0,69	0,010	0,33	0,18	< 0,03
7	0,20	0,27	0,16	0,004	0,26	0,06	< 0,03
8	0,28	0,803	0,37	0,006	0,26	0,12	< 0,03
9	0,18	0,836	0,25	0,018	0,21	0,18	< 0,03
10	0,23	1,536	0,37	0,006	0,26	0,18	< 0,03
11	0,27	1,91	0,39	0,009	0,21	0,18	< 0,03
12	0,20	1,503	0,40	0,004	0,21	0,24	< 0,03
13	0,25	1,82	0,71	0,009	0,21	0,18	< 0,03

Примечание: 1. Нумерация точек указана на рис. 1

Таблица 5

Среднегодовая концентрация некоторых загрязнителей в воде р. Бира на территории г. Биробиджана 2007–2009 гг.

№ точек отбора проб	Концентрация, мг/дм ³								
	pH	Железо	Марганец	Фториды	Аммиак	Сульфаты	Хлориды	Нитриты	Нитраты
1	7,3	<u>0,41-0,87</u> 0,600	<u>0,03-0,04</u> 0,033	<u>0,12-0,44</u> 0,230	<u>3,6-0,32</u> 1,670	<u>2,00-16,40</u> 11,400	<u>2,00-2,50</u> 2,300	<u>0,005-0,007</u> 0,0056	<u>0,40-1,20</u> 0,730
2	7,4	<u>0,37-0,48</u> 0,440	<u>0,01-0,02</u> 0,016	<u>0,13-0,30</u> 0,220	<u>0,24-3,90</u> 1,55	<u>2,50-23,00</u> 11,960	<u>2,50-2,50</u> 2,500	<u>0,00-0,004</u> 0,0012	<u>0,40-1,40</u> 0,860
3	7,5	<u>0,23-0,52</u> 0,370	<u>0,04-0,09</u> 0,046	<u>0,02-0,54</u> 0,360	<u>0,28-0,45</u> 0,370	<u>10,3-21,6</u> 15,50	<u>0,40-11,00</u> 5,130	<u>0,07-0,012</u> 0,010	<u>0,85-1,60</u> 1,280
4	7,3	<u>0,35-0,47</u> 0,370	<u>0,03-0,06</u> 0,043	<u>0,12-0,28</u> 0,180	<u>0,27-0,38</u> 0,320	<u>0,35-8,50</u> 4,100	<u>2,00-4,00</u> 2,800	<u>0,01-0,016</u> 0,012	<u>0,40-1,80</u> 0,966
5	7,3	<u>0,25-0,37</u> 0,311	<u>0,03-0,06</u> 0,042	<u>0,17-0,33</u> 0,240	<u>0,22-0,54</u> 0,380	<u>8,10-24,00</u> 17,50	<u>2,50-10,20</u> 5,560	<u>0,009-0,019</u> 0,013	<u>0,80-1,80</u> 1,360
6	7,1	<u>0,28-0,90</u> 0,500	<u>0,02-0,04</u> 0,036	<u>0,21-0,33</u> 0,220	<u>0,29-0,47</u> 0,390	<u>3,00-19,4</u> 11,400	<u>2,00-10,00</u> 4,800	<u>0,007-0,011</u> 0,009	<u>0,30-1,25</u> 0,680
7	7,3	<u>0,20-0,47</u> 0,350	<u>0,03-0,08</u> 0,043	<u>0,14-0,32</u> 0,220	<u>0,23-6,80</u> 2,45	<u>2,60-18,70</u> 10,700	<u>2,50-4,00</u> 3,000	<u>0,00-0,007</u> 0,0046	<u>2,60-10,70</u> 4,900
8	7,1	<u>0,40-0,61</u> 0,520	<u>0,03-0,1</u> 0,007	<u>0,13-0,19</u> 0,160	<u>4,51-7,30</u> 4,96	<u>4,10-32,70</u> 16,800	<u>4,10-7,50</u> 5,860	<u>0,031-0,138</u> 0,081	<u>2,30-5,70</u> 3,530

Примечание: 1. Данные ФГУЗ «ЦГиЭ в ЕАО», 2. Числитель – минимальные и максимальные, знаменатель – средние значения

Например, наблюдается сложная и неоднозначная зависимость между содержанием двух- и трехвалентного железа и такими параметрами, как кислотность, окислительно-восстановительный потенциал и содержание кислорода. При этом восстановление железа (III) до железа (II) происходит не в области положительных значений Eh, а при небольшом положительном потенциале и насыщении воды кислородом (рис. 3).

К факторам, которые регулируют концентрацию ТМ

в природных водах, их химическую реакционную способность, биологическую доступность и токсичность, относятся не только валовое содержание, но и доля свободных и связанных форм металла, поскольку они имеют различные этотоксикологические свойства. Их распределение зависит от концентрации органических и неорганических лигандов (в основном сульфат, хлорид и гидроксил ионов (табл. 5)) и прочности соответствующих комплексных соединений [4, 5, 7].

Таблица 6

Содержание тяжелых металлов в р. Бира на территории г. Биробиджана, мг/дм³/единицы ПДК_{вр}.

№ пробы	Медь	Никель	Железо общее	Марганец
	Осень (07.10.08 г.)			
1	0,030/0,03	0,300/ 3,0	3,464/11,5	0,904/9,0
2	0,010/0,01	0,228/ 2,2	3,128/10,4	0,503/5,0
3	0,001/0,01	0,294/ 2,9	3,040/10,3	0,400/3,7
4	0,007/0,001	0,346/ 3,4	3,390/11,3	0,420/4,0
5	0,015/0,02	0,079/0,8	3,104/10,3	0,654/6,5
6	0,015/0,02	0,117/1,2	1,021/3,4	0,616/6,0
7	0,034/0,03	0,292/2,9	3,900/13	1,268/12,7
8	0,060/0,06	0,267/2,6	3,265/10,8	2,505/25,0
Среднее	0,02/0,02	0,24/2,3	3,04/10,1	0,50/9,00
Весна (25.04.09 г.)				
1	0,045/0,05	0,165/1,6	0,557/1,9	0,052/0,5
2	0,055/0,05	0,300/3,0	0,620/2	0,062/0,6
3	0,766/0,76	0,640/6,4	0,610/2	0,084/0,8
4	0,066/0,07	0,545/5,5	0,537/1,8	0,120/1,2
5	0,0408/0,04	0,570/5,7	0,354/1,2	0,124/1,2
6	0,020/0,02	0,600/6,0	0,371/1,23	0,494/5,0
7	0,034/0,03	0,387/3,8	0,437/1,5	0,114/1,1
8	0,024/0,02	0,890/8,9	0,385/1,3	0,126/1,3
Среднее	0,13/0,13	0,50/5,1	0,47/1,6	1,30/1,5

Примечание: точки отбора проб указаны на рис. 2 А

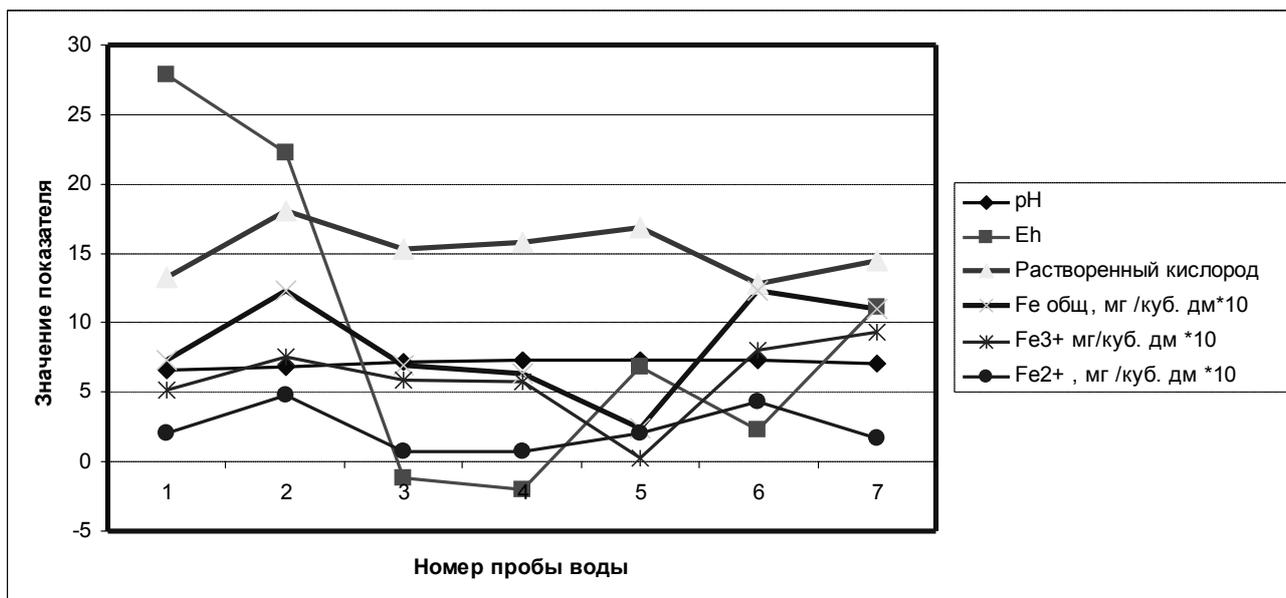


Рис. 3. Влияние кислотности, растворенного кислорода и окислительно-восстановительного потенциала на соотношение между Fe (II) и Fe (III) в воде р. Бира. Точки отбора проб указаны на рис. 2 Б

Расчет мольных долей (%) сульфатов, находящихся в равновесии с ионами металлов, в интервале концентраций, приведенных в табл. 5, показывает, что значительное количество железа (III) может находиться как в виде свободных ионов, так и в форме положительно заряженных комплексов, в то время как двухвалентные ионы (Fe^{2+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+}) практически остаются в ионном виде (табл. 7).

Отличие в комплексообразовании металлов, находящихся в различной степени окисления, подтверждено расчетом соотношений форм хлоридных комплексов. Показано, что железо (III) в отличие от металлов со сте-

пенью окисления, равной двум, может образовывать моно- и бикомплексы комплексы (табл. 8).

На соотношение между гидроксиокомплексами влияет кислотность среды. Например, железо (III) образует аквакомплексы только в кислой среде; по мере уменьшения кислотности увеличивается концентрация всех гидроксиокомплексов, достигая своего предельного для каждого соединения значения при определенном pH. Железо (II) и марганец (II) могут существовать в виде аквакомплексов при широком значении pH, а гидроксиокомплексы возможны только в щелочной среде (10–13 pH) [3]. Аналогичная закономерность наблюдает-

Таблица 7

Мольные доли сульфатов, находящихся в равновесии с ионами металлов

$SO_4^{2-} 10^4$ моль/дм ³	Fe^{3+}	$Fe(SO_4)^+$	Fe^{2+}	Mn^{2+}	$Mn(SO_4)$	Cu^{2+}	$CuSO_4$	Ni^{2+}	$Ni SO_4$
0,5	66,5	33,3	99,0	99,0	1,0	99,86	1,13	98,9	1,0
1,0	49,9	49,9	98,0	98,0	2,0	97,7	2,24	97,5	2,04
1,5	38,6	61,2	96,9	96,9	3,0	96,6	3,32	96,9	3,0
2,0	33,3	66,5	96,1	96,1	3,8	95,6	4,80	95,9	4,6
2,5	28,4	71,3	95,2	95,2	4,8	94,5	5,41	95,0	4,9
3,0	23,9	75,4	94,0	94,0	5,9	93,5	5,60	94,1	5,9
4,0	19,9	79,6	92,6	92,6	7,3	91,6	8,4	92,3	7,6

Таблица 8

Мольные доли хлоридов, находящихся в равновесии с ионами металлов

Cl ⁻ , моль/дм ³ *10 ⁴	Fe^{3+}	$FeCl^{2-}$	$FeCl^{1-}_2$	$FeCl_3$	Fe^{2+}	$FeCl_2$	Mn^{2+}	$MnCl_2$	Cu^{2+}	$CuCl_2$
0,5	0	0	99,90	0	99,00	0,20	99,00	0	99,99	0
1,0	0	0	99,90	0	99,50	0,45	99,12	0,10	99,98	0,01
1,5	0	0	99,90	0	99,80	0,11	99,24	0,78	99,98	0,01
2,0	0	0	99,90	0	99,97	0,25	99,28	0,65	99,97	0,01
2,5	0	0	99,90	0	99,98	0,01	99,68	0,30	99,97	0,01

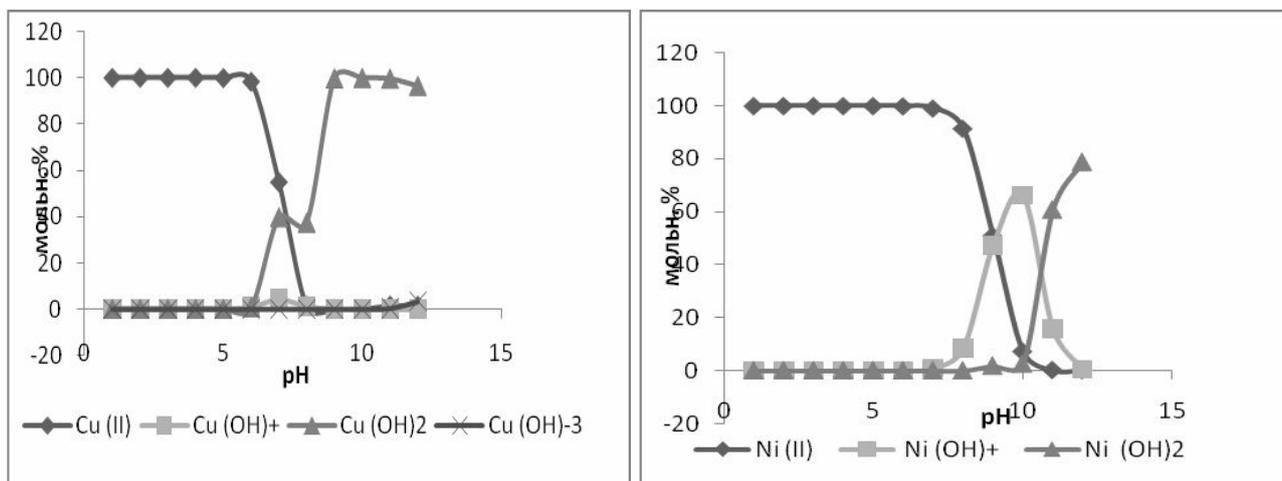


Рис. 4. Зависимость концентрации гидрокомплексов меди (II) и никеля (II) от кислотности

ся для меди (II) и никеля (II) (рис. 4).

Расчеты, проведенные с использованием функции Фронеуса (уравнения 2–5), показали, что при значениях кислотности, характерных для р. Бира (табл. 5), преимущественной формой миграции железа (III) являются аквакомплексы $Fe^{3+} \cdot nH_2O$, при pH около 7 (ниже сброса сточных вод) возможно появление и выпадение нейтральных гидроксидов $Fe(OH)_3$; кроме того, во всех точках отбора проб вероятно образование метастабильной формы $Fe(SO_4)^+$. Двухвалентные ионы железа, марганца и никеля могут существовать в основном в виде аквакомплексов, в то время как для $Cu(II)$ возможно примерно одинаковое количество аквакомплексов и нейтральных гидроксидов.

Полученные результаты отражают только общую тенденцию соотношения между формами ТМ в исследованном водоеме, поскольку не учтено их взаимодействие с органическими лигандами, способность к образованию смешанных комплексов с различными анионами и конкурирующее взаимодействие между металлами. Тем не менее следует считать, что на формирование экотоксикологической ситуации в р. Бира в большой степени могут влиять гидроксиды трехвалентного железа и двухвалентной меди, которые оказывают вредное воздействие на мальков рыб, осаждаются на жабрах, а также растворимые комплексы железа и марганца, обладающие раздражающими, мутагенными и канцерогенными свойствами, поражающие центральную нервную систему [1].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. Л.: Химия, 1979. 160 с.

2. Коган Р.М. Антропогенные загрязнители территории Еврейской автономной области. Владивосток: Дальнаука, 2001. 164 с.
3. Коган Р.М., Рыжкова Л.О. Влияние форм нахождения природных загрязнителей в поверхностных водах р. Бира // Региональные проблемы. 2010. Т. 13, № 2. С. 89–91.
4. Леонова Г.А. Химические формы тяжелых металлов в воде Новосибирского водохранилища: оценка их биодоступности и потенциальной экологической опасности для планктона // Химия в интересах устойчивого развития. 2006. № 5. С. 453–465.
5. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных водоемах. Л.: Гидрометеоздат, 1988. 269 с.
6. Линник Р.П., Запорожец О.А. Сравнительная оценка расчетных и экспериментальных данных о сосуществующих формах железа, кобальта и никеля в пресных поверхностных водах // Экологическая химия. 2003. № 12 (2). С. 79–92.
7. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979. 480 с.
8. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973. 376 с.
9. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. 4 изд. М.: Химия, 1974. 385 с.
10. Онихимовский В.В., Беломестных Ю.С. Полезные ископаемые Хабаровского края (перспективные для освоения месторождения и проявления). Хабаровск: Хабаровская краевая типография, 1996. 484 с.
11. Природные ресурсы Еврейской автономной области. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2004. 112 с.
12. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды. М.: Владос, 2001. 283 с.

The influence of natural and anthropogenic factors on chemical composition of water in the Bira has been studied.

Key words: surface water chemistry, pollution, heavy metals.