

В растворе преимущественно связывается свинец, а в осадке — медь. Таким образом, в системе удельное связывание свинца и меди сопоставимо, за исключением щелочной области. Кадмий обладает наименьшим сродством к ГК во всем диапазоне рН.

Выводы. Установлено, что в двойных системах кадмий и медь преимущественно связываются в осадке, а свинец в растворе, однако в щелочной среде доля свинца в осадке резко увеличивается за счет образования нерастворимого гидроксида свинца. Построенные ряды селективности ТМ для ГК в фазе раствора и фазе осадка различаются между собой. Порядок ТМ в рядах зависит от рН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Владимирова А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды., Л.: Гидрометеиздат, 1991, 425 с.
2. Холин Ю.В., Гумусовые кислоты как главные природные комплексообразующие вещества // Университеты. 2001. № 4.
3. Каюгин А.А. Хритохин Н.А., Паничев С.А. Распределение кадмия в модельной системе, содержащей каолин и гуминовые кислоты // Химия в интересах устойчивого развития. 2009. Т. 17. № 4. С. 429-434.

Виктория Григорьевна КАТАНАЕВА —
доцент кафедры органической
и экологической химии,
кандидат химических наук
Vkatanaeva@utmn.ru

Алексей Владимирович СЕЛЯНИН —
ведущий инженер научно-исследовательского
отдела ОАО «Гипротюменнефтегаз»
Seljanina92@mail.ru

УДК 543:502.5

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ВОД ОЗЕР ЛЕСОСТЕПНОГО ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПРИИШИМЬЯ

HYDROCHEMICAL INDICES OF WATERS STATE OF THE FOREST- STEPPE RIGHT-BANK LAKES OF THE REGION NEAR THE ISHIM RIVER

АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты изучения химического состава вод 27 озер лесостепного правобережного Приишимья Сладковского района Тюменской области. Выявлены его особенности, установлены корреляционные зависимости ионного состава вод; концентрации сероводорода и содержания сульфатов.

SUMMARY. The article offers the examination of chemical composition of waters of twenty seven forest-steppe right-bank lakes near the Ishim river located in Sladkovskiy area of the Tyumen region. The authors defined its peculiarities and established ionic waters composition correlation dependences; hydrogen sulphide and sulphates concentration.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Гидрохимические показатели, корреляции, озера.
KEY WORDS. Hydrochemical indices, correlation dependences, lakes.

Знание особенностей химического состава вод необходимо для решения вопроса интенсивного использования ресурсов озер. Озерный фонд юга Тю-

интегральные показатели, как жесткость, общая минерализация и перманганатная окисляемость (ПО), а также рН, растворенный кислород, сероводород, главные ионы, биогенные элементы, тяжелые металлы (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+}).

Анализ выполняли по нормативным документам в ранге РД, ПНД Ф и НДП, принятых для определения указанных компонентов в поверхностных водах. Все результаты обрабатывались статистическими методами.

Для исследованных озер характерна овальная форма, небольшая (1,1-1,7 м) или средняя глубина (2,0-3,5 м), площадь варьирует от 8 до 750 га. Крупные озера: Станичное (750 га), Бузан (315 га), Большое (290 га), в основном озера имеют площадь 50-80 га. Уникальным является оз. Соленое, отличающееся сложной формой, с извилистой береговой линией, воды которого представляют слабый рассол.

Химический состав вод представлен в табл. 1. Одним из важнейших показателей качества вод является рН, от величины которого зависит развитие и жизнедеятельность водной биоты, формы миграции различных элементов. В исследуемых озерах величины рН находятся в пределах 7,20-9,06. Согласно классификации качества вод по эколого-санитарным показателям по величине рН [6], воды 17 озер относятся к классу «чистых» и «удовлетворительной чистоты», в 9 озерах воды «загрязненные», а в оз. Чищяево и Соленое — грязные. Сравнение найденных значений рН с величинами, наблюдаемыми в этих озерах в 1960-е [5] и 1980-е [3] гг., показывает, что произошло ухудшение качества воды в озерах от «очень чистой» до «умеренно загрязненной» (оз. Тарабарино, Катайское, Дубровное, Никулино), от «вполне чистой» до «сильно загрязненной» (оз. Глубокое (с. Лопазное), Большое, Чебачье, Пресное, Мироново).

Озера характеризуются высоким разнообразием химического состава вод. Как показывают полученные нами данные, в большинстве случаев воды озер имеют различную минерализацию и разный химический состав. Минерализация вод варьирует от 0,6 до 57,8 г/дм³ и, согласно классификации Е.В. Посохова [4], воды исследуемых озер могут быть отнесены к пресным, соленым и рассолам. В результате кластерного анализа вод по минерализации и значениям рН все исследованные озера можно разделить на пять групп: I — менее 1 г/дм³ (пресноватые); II — 1-3 г/дм³ (слабосоленоватые); III — 3-5 г/дм³ (среднесоленоватые); IV — 5-10 г/дм³ (сильносоленоватые); V — 50-75 г/дм³ (рассолы слабые). Основная масса озер (74%) относится к соленым: слабосоленоватые составляют 56%, среднесоленоватые — 11%, сильносоленоватые — 7%, пресные составляют 22%, рассолы — 4%.

В ионном составе вод имеются существенные различия: они принадлежат к разным химическим классам. Воды озер по преобладающим ионам относятся к классу хлоридных (48%), хлоридно-сульфатных (37%), хлоридно-карбонатных (7%) и смешанного типа (7%), натриевой группы, типа II а. (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав вод в озерах лесостепного правобережного Приишимья, мг/дм³

№ п.п.	Название озера	Минерализация вод, мг/дм ³	Тип вод	pH	Жесткость, ммоль экв/дм ³	CO ₃ ^z	HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ^{z-}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ , K ⁺	ПО*, мгО/дм ³
1. Минерализация вод 500-1000 мг/дм ³ (пресноватые)													
1	Станичное	585	Cl _{II} ^{Na}	8,03	3,36	—	141	201	49	19,5	29,0	145	13,6
2	Болдырево	685	Cl _{II} ^{Na}	7,20	4,49	—	138	215	115	45,2	29,2	149	7,0
3	Безьянное	731	Cl _{II} ^{Na}	7,42	2,93	—	133	257	82	28,6	18,6	212	4,0
4	Савино	864	Cl _{II} ^{Na}	8,30	4,54	1,5	247	271	58	38,3	32,0	209	4,0
5	Калмацкое	906	Cl _{II} ^{Na}	7,58	3,09	—	151	281	160	27,4	20,9	264	7,0
6	Глубокое (у с. Лопазное)	989	Cl _{II} ^{Na}	8,62	4,46	12	245	308	112	35,9	32,5	255	7,9
2. Минерализация 1000-3000 мг/дм ³ (слабосоленоватые)													
7	Селезнево	1046	Cl _{II} ^{Na}	7,56	5,31	—	167	342	192	36,5	42,5	277	9,5
8	Кудрявцево	1092	Cl _{II} ^{Na}	7,60	3,95	—	124	384	196	33,6	26,8	327	5,0
9	Ракушино	1142	Cl, S _{II} ^{Na}	7,78	6,31	—	158	346	252	52,4	43,6	289	13,0
10	Могильное	1189	Cl _{II} ^{Na}	7,74	6,45	—	249	318	237	34,0	57,0	290	7,5
11	Власово	1296	Cl _{II} ^{Na}	7,98	7,24	—	305	399	173	48,2	58,7	315	5,0
12	Медвежье	1516	Cl _{II} ^{Na}	8,03	4,12	—	348	455	193	24,7	34,8	462	6,0
13	Малиновое	1544	Cl _{II} ^{Na}	8,24	7,73	—	278	464	285	36,0	72,0	394	12,0
14	Никудино	1545	Cl, C _{II} ^{Na}	8,36	7,82	3,3	477	318	281	48,2	65,7	370	7,5
15	Тарабарино	1559	Cl, S _{II} ^{Na}	8,26	4,47	—	270	392	368	20,2	41,7	468	10,0
16	Кагайское	1614	Cl, C, S _{II} ^{Na}	8,40	6,89	3,9	360	398	336	21,2	70,8	431	12,0

Окончание табл. 1

17	Дубровное	1672	$Cl, S_{//}^{Na}$	8,46	6,21	4,1	293	438	370	33,5	55,2	467	12,8
18	Большое	1979	$Cl, S_{//}^{Na}$	8,76	5,45	9,9	327	438	553	23,8	51,4	576	13,0
19	Нежитово	2044	$Cl, S_{//}^{Na}$	8,18	8,82	—	243	600	505	29,1	88,7	582	11,0
20	Чебачье	2470	$Cl, C, S_{//}^N$	8,58	10,72	11,9	601	603	473	40,4	162	652	15,5
21	Пресное	2742	$Cl_{//}^{Na}$	8,82	12,60	19,3	684	731	415	82,2	103	705	11,5
3. Минерализация 3000-5000 мг/дм ³ (среднесолоноватые)													
22	Мироново	3428	$Cl, S_{//}^{Na}$	8,65	10,00	12,3	740	850	707	54,2	90,5	861	13,0
23	Бузан	3900	$Cl, S_{//}^{Na}$	8,33	11,15	—	443	1121	977	35,5	113	1204	18,0
24	Чицаево	4270	$Cl, S_{//}^{Na}$	8,83	12,28	27,0	749	1200	864	17,1	139	1278	10,5
4. Минерализация 5000-10000 мг/дм ³ (сильносолоноватые)													
25	Глубокое (у с. Никулино)	5737	$Cl, S_{//}^{Na}$	7,81	17,70	—	366	1922	1540	57,8	189	1862	14,0
26	Щербаково	8171	$Cl, S_{//}^{Na}$	7,70	25,80	—	684	2325	2332	56,6	264	2501	26,0
5. Минерализация 50000-75000 мг/дм ³ (рассолы слабые)													
27	Соленое	57771	$Cl, S_{//}^{Na}$	9,06	197,5	116,0	776	33622	2339	396	2160	18362	—

Примечание. * ПО — перманганатная окисляемость воды.

Высокое разнообразие химического состава вод проявляется в том, что даже в озерах, расположенных в непосредственной близости друг от друга, часто отмечаются различия в составе и минерализации вод. При этом возможны следующие случаи: одинаковый химический класс воды, но разная минерализация; различный класс воды и различная минерализация. Например, воды рядом расположенных оз. Бузан и оз. Глубокое (у с. Лопазное) относятся к хлоридному классу, но различаются минерализацией: оз. Бузан среднесолоноватое ($3,9 \text{ г/дм}^3$), а оз. Глубокое — пресноватое ($0,9 \text{ г/дм}^3$). В непосредственной близости от оз. Бузан расположено оз. Дубровное, которое отличается как химическим классом воды (хлоридно-сульфатный), так и минерализацией (слабосолоноватое). Аналогичная картина наблюдается и для близко расположенных озер Тарабарино-Мироново-Калмацкое; Чебачье-Катайское-Щербаково; Чицаево-Никулино; Нежитово-Медвежье.

Соленые озера располагаются вблизи с пресными. Их связывает генетическое родство: котловины этих озер связаны с древними долинами стока.

Все исследованные озера относятся к непроточным, что создает условия для засоления озер. В водах отмечается значительное повышение минерализации, что влечет за собой ряд процессов, изменяющих состав вод.

По данным наблюдений за гидрохимическим режимом озер лесостепного Приишмья в 60-80 гг. [3], [5] и исследований, проводимых авторами, установлено, что 37% исследованных озер превратились из пресных в слабосолоноватые, 44% слабосолоноватых озер увеличили степень минерализации. В 1960-х гг. из исследуемых озер пресными были 20, в настоящее время их осталось только шесть.

По мере увеличения минерализации растет содержание сульфат-ионов, но доминирующую роль играют хлорид-ионы и более минерализованные воды относятся к классу хлоридно-сульфатных. Накопление в водах сульфат-ионов и их восстановление сульфат-редуцирующими бактериями при наличии органического вещества приводит к появлению в придонном слое сероводорода, в ряде случаев в недопустимо высоких концентрациях. Сероводород отмечен в озерах Дубровное, Бузан, Щербаково, Катайское, Медвежье, Большое, Могильное, Мироново. Установлена линейная корреляция между содержанием сероводорода и концентрацией сульфатов в воде (рис. 2).

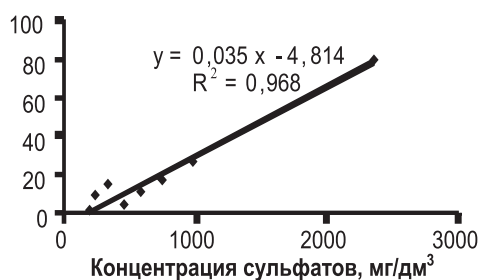


Рис. 2. Зависимость концентрации сероводорода (мг/дм^3) в придонном слое от содержания сульфатов

Установлены линейные зависимости между общей минерализацией (г/дм^3) вод хлоридного класса и содержанием хлорид-ионов (мг/дм^3) в пресных и соленых водах (рис. 3), а также вод хлоридно-сульфатного класса (рис. 4). Для озер, сгруппированных по степени минерализации и классу вод, выявлена зависимость между свободными членами А и угловыми коэффициентами К корреляции общей минерализации и содержания хлорид-ионов (рис. 5).

Высокое значение коэффициента регрессии свидетельствует о правомерности такого деления и отнесения вод к хлоридному и хлоридно-сульфатному классу.

Для озёр хлоридно-сульфатного класса установлены линейные зависимости общей минерализации вод ($C_{мин}$) от содержания сульфат-ионов (C_{SO_4}) и суммарного содержания сульфат- и хлорид-ионов ($\Sigma SO_4, Cl$):

$$C_{мин} = 0,0037C_{SO_4} + 0,344$$

$$C_{мин} = 0,0016\Sigma SO_4, Cl + 0,4863$$

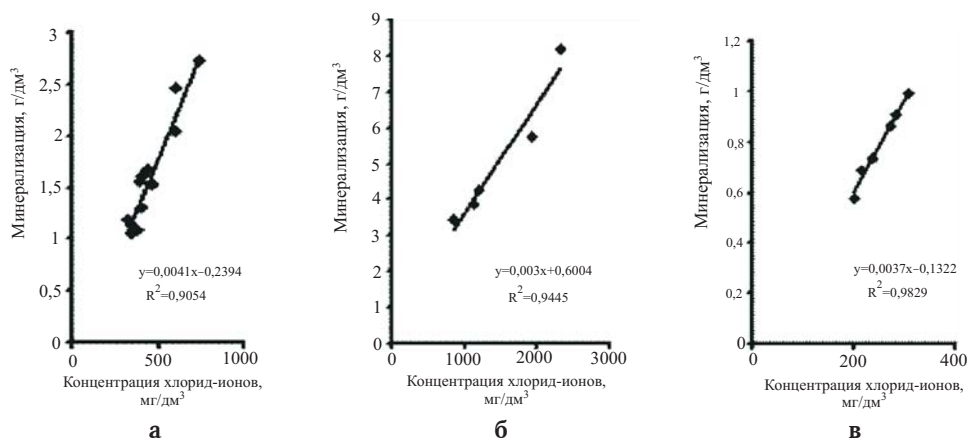


Рис. 3. Регрессионные зависимости и коэффициенты корреляции (R) между общей минерализацией и содержанием хлорид-ионов в водах слабосоленоватых (а), средне- и сильносоленоватых (б) и пресных (в) озёр хлоридного класса

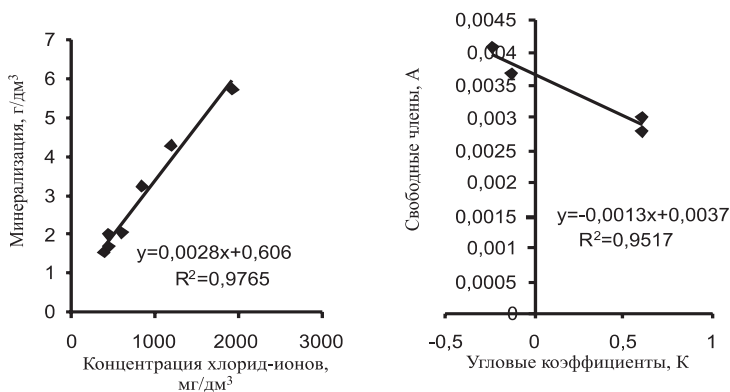


Рис. 4. Зависимость общей минерализации хлоридно-сульфатных вод от содержания хлорид-ионов

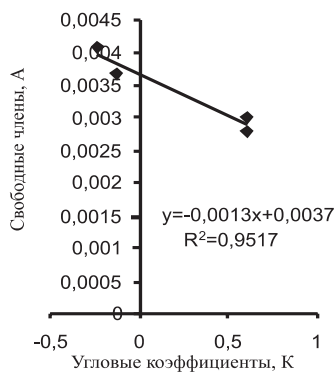


Рис. 5. Зависимость между свободными членами А и угловыми коэффициентами К корреляции общей минерализации и содержания хлорид-ионов в водах озёр, сгруппированных по степени минерализации и классу вод

Значительное увеличение минерализации вод большей части озер лесостепного Приишимья связано с бессточностью озерных котловин, с аридными климатическими условиями — высокими летними температурами, превышением испарения над осадками и очень низкими зимними температурами и с питанием их подземными водами.

Проведенные исследования показали значительную вариабельность химического состава вод. Выделяются воды хлоридного, хлоридно-сульфатного, хлоридно-карбонатного и смешанного состава. Минерализация вод сильно варьирует от 0,6 до 57,8 г/дм³. Обнаружена четкая корреляция между общей минерализацией и составом вод озер.

Установлен факт наличия вод разного ионного состава и минерализации в близко расположенных озерах, что может быть обусловлено характером подземных вод.

Исследованные воды озер, различаясь по химическому составу, являются слабощелочными (рН 7,5 0-8,5) и щелочными (рН 8,5-9,1). В последние годы наметилась тенденция к увеличению рН, что связано с действием физико-химических и биологических факторов и указывает на ухудшение качества вод.

В придонном слое вод ряда озер хлоридно-сульфатного состава обнаружено недопустимо высокое содержание сероводорода, коррелирующее с содержанием сульфатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судаков В.М. Отчет о НИР «Уточнение водного и рыбохозяйственного фонда крупных, средних и малых озер Западной Сибири и разработка предложений по его рациональному использованию». СибрыбНИИпроект. Тюмень, 1983.
2. Юхнева В.С. Отчет о НИР «Рыбохозяйственное обоснование озер и стариц южной зоны Тюменской области. СибрыбНИИпроект. Тюмень, 1974.
3. Уварова В.И.. Отчет о НИР «Гидрохимический и гидрологический режим озер Армизонского, Сладковского, Казанского и Бердюжского районов». СибрыбНИИпроект. Тюмень, 1990. 61 с.
4. Справочник по гидрохимии / Под ред. А.М. Никонорова. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 391 с.
5. Мероприятия по развитию озерного и прудового хозяйства в южной части Тюменской области. Характеристика озерного фонда //Фонды ВСНХ. Институт «Гипрорыбпроект», объект № 608. М., 1962. 140 с.
6. Оксенок О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1993. Т. 29. № 4. С. 62-76.