

УДК 551.482.1

О.В. Савинкова *

**ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА
ВОД ОЗЕРА ЗАЙСАН***КАЧЕСТВО ПРИРОДНОЙ ВОДЫ, ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ,
СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ, МИНЕРАЛИЗАЦИЯ, ЖЕСТКОСТЬ, НИТ-
РИТЫ, НИТРАТЫ, ИОНЫ АММОНИЯ, ФОСФАТЫ*

Рассмотрена динамика изменения гидрологического уровня озера Зайсан за 10 лет. Представлен гидрохимический режим водоема за данный период, приведены особенности формирования химического состава воды в зависимости от гидрологического уровня. Проанализирован химический состав вод Тарбагатайского и Курчумского побережья озера, особенности его формирования.

Озеро Зайсан – самое большое озеро в Восточно-Казахстанской области. Оно расположено в тектонической межгорной впадине, заключенной между Южным Алтаем, Саурой и Тарбагатаем. Абсолютная высота котловины водоема – 386 м. Климат резко континентальный, средне-многолетнее количество осадков составляет 347 мм, при этом 57 % всех выпадающих осадков приходится на теплый период года с апреля по октябрь. Основным водотоком, формирующим гидрологический уровень озера, является река Черный Иртыш. Кроме того, в озеро впадают ряд мелких, частично пересыхающих в летний период рек – Кокпекты, Жарма и др. Озеро Зайсан по сути представляет собой собственно озеровидное расширение долины реки Черный Иртыш.

Зайсан относится к категории пресных озёр плотинного типа. В настоящее время входит в состав Бухтарминского водохранилища, около 70 % площади всего водохранилища приходится на площадь озера. Несмотря на большие размеры озера глубины его незначительны и составляют от 4 до 6 м. Только в центре водоема проходит относительно глубокая эрозионная борозда, глубина которой равна 8 м при нормальном подпорном уровне 394,84 м БС, выработанная течением Черного Иртыша. Наиболее высокий гидрологический уро-

* Алтайский филиал ТОО «КазНИИРХ», г. Усть-Каменогорск, ВКО.

вень озера наблюдается летом, когда Черный Иртыш, питающийся талыми водами горных снегов и ледников, наиболее многоводен.

Гидрохимический режим и качество воды озера в основном определяются природными факторами: гидрологическим режимом, составом пород, слагающих водосборную площадь, количеством осадков, выпадающих на водосбор и др. В период весеннего половодья в озеро поступает значительное количество маломинерализованных почвенно-поверхностных вод, поэтому минерализация и химический состав воды в весенний период формируется главным образом за счет минерализации и химического состава почвенно-поверхностных вод.

Период 2003...2012 гг. гидрологический режим можно условно разделить на две категории: годы пониженной водности (2008...2009, 2012 гг., когда среднегодовая отметка гидрологического уровня Бухтарминского водохранилища (включая озеро Зайсан) находилась в пределах 389,82...390,75 м БС) и годы с повышенной водностью (2003...2007, 2010...2011 гг., когда среднегодовое значение гидрологического уровня водохранилища в среднем составило 391,96 м БС). В 2009 г., вследствие падения гидрологического уровня произошло уменьшение площади (S) поверхности озера на 581 км² по сравнению с 2003 г., самым многоводным за рассматриваемый период (рис. 1).

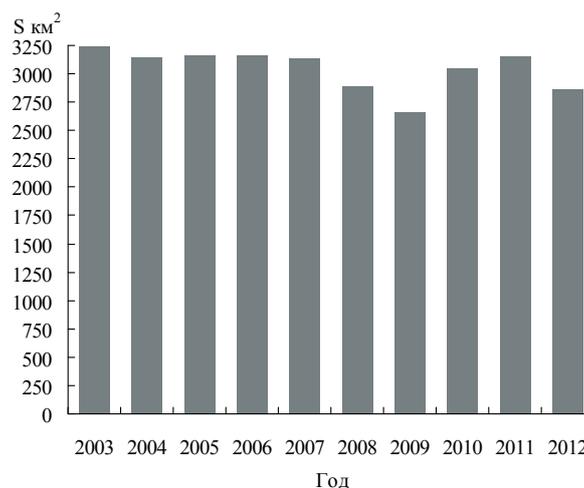


Рис. 1. Динамика изменения площади озера Зайсан.

Для определения качества воды по гидрохимическим показателям проводились исследования преимущественно в весенне-летний, летний и летне-осенний период 2003...2012 гг. по всей акватории озера Зайсан. Сетка отбора проб составлялась с учетом наличия биотопического разно-

образия, площадей различных частей озера, нерестилищ и мест нагула рыб, а также расположения рыбопромысловых участков. Отбор проб осуществлялся из поверхностного горизонта воды в соответствии с общепринятыми методиками [1, 2, 7]. В отобранных пробах исследовались физико-химические свойства, газовый режим, ионный и биогенный состав [4, 5]. Определение содержания растворенного в воде кислорода производилось на месте кислородомером АНИОН-7040, водородного показателя – рН-метром рН-150МИ.

Определение группы воды по жесткости осуществлялось по ГОСТ 17.1.2.04-77 [3], класса воды по минерализации и содержанию основных ионов по О.А. Алекину [1]. Содержание гидрокарбонатов проводили титриметрическим методом с использованием соляной кислоты и индикатора метилоранжа, хлоридов – аргентометрическим методом, сульфатов – методом турбидиметрии [6].

Содержание фосфатов и соединений азота определялось фотометрическими методами. Аммонийный азот определяли с помощью реактива Несслера, нитритный азот – с помощью реактива Грисса. Определение фосфат-ионов проводилось с помощью молибдата аммония с калием сурьмяно-виннокислым в кислой среде с последующим восстановлением фосфорно-молибденового комплекса аскорбиновой кислотой [6].

По классификации О.А. Алекина, вода озера Зайсан относится к категории маломинерализованных вод, гидрокарбонатно-кальциевому классу II типа. Уменьшение значения общей минерализации характерно для периодов повышенной водности, увеличение – в годы малой водности (2008 г.), что вероятнее всего вызвано процессами концентрирования. При этом можно отметить, что значения общей минерализации воды на Тарбагатайском побережье выше, чем на Курчумском, что в первую очередь связано с достаточно близким к поверхности залеганием подземных вод [3].

Вода озера Зайсан по классам жесткости в 2004, 2007...2009 гг. классифицировалась как вода умеренной жесткости, за последние три года класс жесткости воды снизился до класса мягких вод (рис. 2). Наименьшими значениями жесткости характеризуется вода Курчумского побережья, наибольшие значения жесткости воды за исследуемый период наблюдались на станциях мыс Волчий, Карсакбай, Тарбагатайского побережья (рис. 3).

Хлорид-, гидрокарбонат- и сульфат-ионы относятся к основным анионам, содержащимся в поверхностных водах в больших количествах.

Можно отметить, что за рассматриваемый период содержание хлорид- и сульфат-ионов увеличивалось в годы с низким гидрологическим уровнем, концентрация же гидрокарбонат-ионов в этот же период, наоборот, уменьшалась (рис. 4).

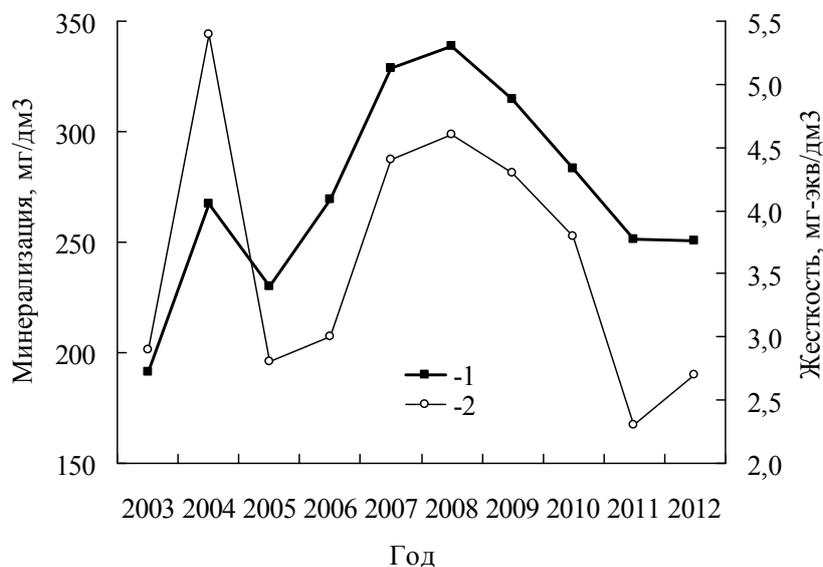


Рис. 2. Динамика значения общей минерализации(1) и общей жесткости(2) воды оз. Зайсан за ряд лет.

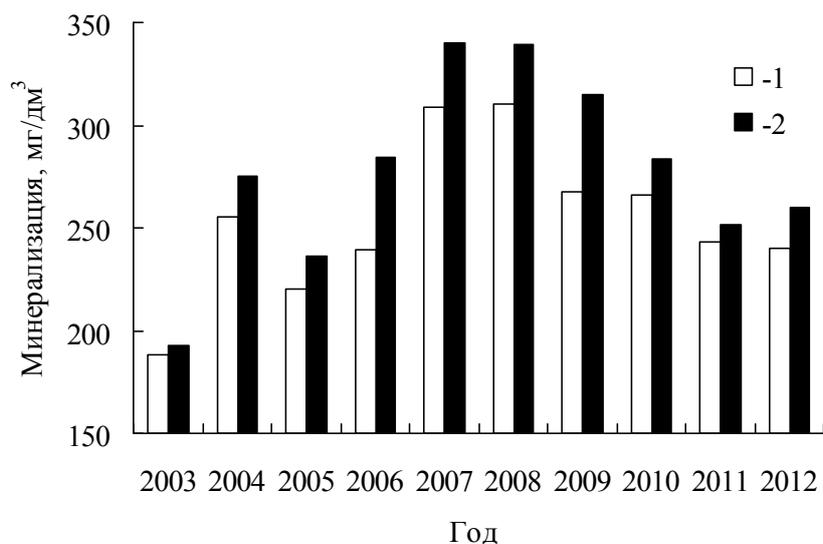


Рис. 3. Изменение значений общей минерализации озера Зайсан в зависимости от района за ряд лет. 1 – Курчумское побережье, 2 – Тарбагатайское побережье.

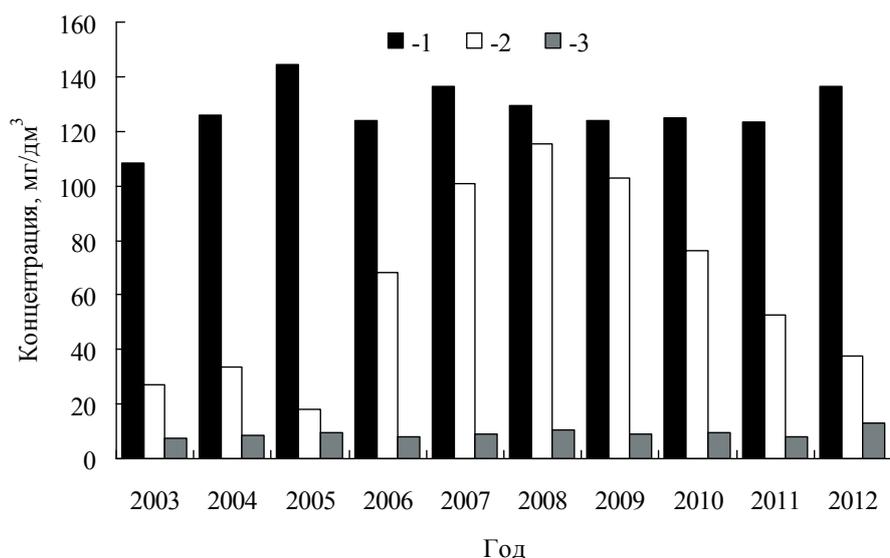


Рис. 4. Динамика содержания основных анионов в воде оз. Зайсан.
1 – гидрокарбонаты, 2 – сульфаты, 3 – хлориды.

В целом по водоему содержание основных биогенных соединений за период 2008...2012 гг. изменялось в достаточно широких пределах – так, периоды повышения содержания аммонийного азота сменялись периодами уменьшения. Наибольшие значения концентрации иона аммония фиксировались в весенний период 2003 г. (9,4 ПДКрх), в летние периоды 2009 г. (7,96 ПДКрх), 2008 г. (6,1 ПДКрх) и в 2011 г. (5,9 ПДКрх), наименьшая – в 2012 г. (табл.). Данная закономерность отмечается и в отношении остальных элементов-биогенов – их содержание так же носит волнообразный характер.

Таблица
Динамика основных гидрохимических показателей озера Зайсан

| Год исследования | Растворенный кислород, мг/дм ³ | Биогенные соединения, мг/дм ³ | | | |
|-------------------------|---|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | NH ₄ ⁺ | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | PO ₄ ³⁻ |
| Гарбагайтское побережье | | | | | |
| 2012 | 3,8 | 0,00 | 0,12 | 0,35 | 0,35 |
| 2011 | 6,9 | 3,29 | 0,06 | 0,02 | 0,30 |
| 2010 | 6,9 | 0,42 | 0,05 | 0,01 | 0,43 |
| 2009 | 6,0 | 2,38 | 0,09 | 1,48 | 0,30 |
| 2008 | 5,6 | 2,40 | 0,08 | 1,65 | 0,91 |
| 2007 | 6,6 | 0,00 | 0,07 | 1,19 | 0,40 |

| Год исследования | Растворенный кислород, мг/дм ³ | Биогенные соединения, мг/дм ³ | | | |
|------------------------|---|--|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | | NH ₄ ⁺ | NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | PO ₄ ³⁻ |
| 2006 | 6,1 | 3,68 | 0,04 | 0,46 | 0,28 |
| 2005 | 5,9 | 0,88 | 0,01 | 0,06 | 0,04 |
| 2004 | 5,9 | 0,73 | 0,07 | 0,62 | 0,04 |
| 2003 | 6,3 | 0,12 | 0,01 | 0,03 | 0,04 |
| Курчумское побережье | | | | | |
| 2012 | 4,3 | 0,00 | 0,14 | 1,37 | 0,46 |
| 2011 | 7,5 | 2,53 | 0,06 | 0,08 | 0,21 |
| 2010 | 7,0 | 0,92 | 0,06 | 0,15 | 0,37 |
| 2009 | 5,9 | 5,97 | 0,08 | 1,51 | 0,25 |
| 2008 | 6,1 | 4,20 | 0,09 | 1,68 | 0,35 |
| 2007 | 5,6 | 4,60 | 0,05 | 0,75 | 0,30 |
| 2006 | 7,6 | 1,82 | 0,04 | 0,29 | 0,43 |
| 2005 | 5,7 | 0,78 | 0,01 | 0,04 | 0,04 |
| 2004 | 5,8 | 0,83 | 0,06 | 0,72 | 0,05 |
| 2003 | 2,6 | 0,20 | 0,01 | 0,02 | 0,06 |
| озеро Зайсан (в целом) | | | | | |
| 2012 | 4,0±0,4 | 0,00±0,0 | 0,13±0,0 | 0,82±0,3 | 0,40±0,0 |
| 2011 | 7,9±0,1 | 2,95±1,5 | 0,06±0,0 | 0,05±0,1 | 0,26±0,1 |
| 2010 | 6,9±0,1 | 0,64±0,0 | 0,05±0,0 | 0,07±0,0 | 0,40±0,1 |
| 2009 | 6,0±0,2 | 3,98±0,4 | 0,09±0,0 | 1,49±0,1 | 0,28±0,0 |
| 2008 | 5,6±0,2 | 3,05±0,4 | 0,09±0,0 | 1,66±0,1 | 0,71±0,1 |
| 2007 | 6,6±0,2 | 1,60±0,5 | 0,07±0,0 | 1,04±0,1 | 0,37±0,0 |
| 2006 | 6,1±0,3 | 3,06±0,6 | 0,04±0,0 | 0,41±0,1 | 0,33±0,0 |
| 2005 | 6,1±0,3 | 0,86±0,1 | 0,01±0,0 | 0,05±0,0 | 0,04±0,0 |
| 2004 | 5,9±0,3 | 3,20±0,4 | 0,07±0,03 | 0,07±0,03 | 0,66±0,1 |
| 2003 | 4,5±0,8 | 4,70±0,4 | 0,01±0,00 | 0,01±0,00 | 0,03±0,0 |

Увеличение содержания аммонийного азота в маловодные годы (2008...2009) повлекло за собой увеличение концентрации нитритов и нитратов в летний период, образующихся в процессе нитрификации. Увеличение содержания нитритного и нитратного азота в летний период 2012 г. на фоне нулевых значений аммонийного азота дают основание сделать вывод, что в водной среде озера на момент исследовательских работ активно протекали процессы нитрификации. За период 2003...2012 гг. превышение ПДК_{рх} по нитратному азоту зафиксировано не было, превышение ПДК_{рх} по нитритному азоту отмечалось в 2008...2009 гг. (1,1 ПДК_{рх}) и в 2012 г. (1,6 ПДК_{рх}).

Содержание соединений фосфора в воде озера Зайсан, так же, как и содержание соединений азота, является показателем качества водоема.

Повышение концентрации фосфора в воде может быть связано и с накоплением продуктов разложения органических веществ, и свидетельствовать о загрязнении водоема. В период с 2008 по 2009 годы и в 2012 году в условиях низкой водности водохранилища в процессе эвтрофирования происходило увеличение содержания фосфат-ионов.

В целом 2008...2009 гг. характеризовались повышением содержания практически всех ионов-биогенов, что в первую очередь связано с малой водностью в этот период и как следствие, протеканием процессов эвтрофирования.

Важным гидрохимическим и экологическим показателем состояния вод является активная реакция среды (рН), от которой в прямой зависимости находится развитие и жизнедеятельность гидробионтов, устойчивость форм миграции химических элементов и их соединений [2]. Значения рН для озера Зайсан в период повышенной водности находились в нейтральном диапазоне, в маловодные годы – возрастали до слабощелочного диапазона, что в первую очередь вызвано падением гидрологического уровня воды, прогревом воды, и как следствие, бурным развитием сине-зеленых водорослей в летний период.

Концентрация растворенного кислорода в годы повышенной водности находилось в диапазоне 5,9...6,9 мл/дм³. При этом можно отметить, что минимальное содержание растворенного кислорода отмечается в зарослевых участках озера, в изобилии расположенных в приграничных с дельтой реки Черный Иртыш районах и в северо-западной части озера. Снижение растворенного кислорода вызвано активно протекающими процессами гниения высшей водной растительности.

Таким образом, можно сделать вывод, что формирование химического состава воды озера Зайсан находится в прямой зависимости от гидрологического уровня озера. В годы пониженной водности активизируются процессы концентрирования. Это ведет к увеличению степени общей минерализации и общей жесткости, увеличению содержания биогенных элементов, ухудшению газового режима и развитию процессов эвтрофирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алёкин О.А. Методы исследования физических свойств и химического состава воды // Жизнь пресных вод СССР. Т. IV. ч.2.. – М.-Л.: 1959. – 302 с.
2. Алёкин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
3. Гидрогеохимия Казахстана. / Под ред. В.С. Жеваго. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 192 с.

4. ГОСТ 17.1.2.04-77. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 18 с.
5. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А., Винниченко В.Н., Аверочкин Е.М. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. / Справочные материалы – М.: Эколайн, 2000. – 146 с.
6. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 542 с.
7. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.

Поступила 3.09.2013

О.В. Савинкова

ЗАЙСАН КӨЛІ СУЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМДАРДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУЫН ӨЗГЕШЕЛІКТЕРІ

Зайсан көлінің 10 жылдағы гидрологиялық деңгейінің өзгеру динамикасы қарастырылды. Осы кезеңдегі су айдының гидрохимиялық тәртібі көрсетілген, гидрологиялық деңгейдің судағы химиялық құрамына тәуелділігі және ерекшелігі қарастырылған. Көлдің Күршім және Тарбағатай жағалауындағы судың химиялық құрамы сарапталып, оның ерекшелігінің қалыптасуы айқындалды.