

К. К. ВОТИНЦЕВ, Э. Н. ГРИГОРЬЕВА

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЬДА И ПОДЛЕДНОЙ ВОДЫ ОЗЕР СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

(Представлено академиком В. Б. Сочавой 25 V 1972)

Насколько нам известно, в литературе нет данных, характеризующих химический состав льда и подледной воды озер Северного Казахстана. Между тем изучение этого вопроса представляет несомненный интерес как в теоретическом, так и в практическом отношении, особенно если учесть, что озера рассматриваемого региона весьма разнообразны как по химическому составу своих вод, так и по их минерализации.

В настоящей статье приводятся результаты исследований, проведенных в марте 1970 г. на 11 озерах Целиноградской, Кокчетавской и Северо-Казахстанской областей. Химическому анализу подвергалась вода, полученная из верхнего (10—20 см) и нижнего (60—70 см) слоев льда, а также вода из подледного слоя озер.

Как и в других областях, в Северном Казахстане общая минерализация озерного льда оказывается намного ниже минерализации подледной воды. Отношение суммы ионов в верхнем слое льда к сумме ионов в подледной воде изменяется в исследуемых озерах чаще в пределах 0,06—0,15, в оз. Тарангул оно достигает 0,04, а в оз. Многосопчном даже 0,014. Иначе говоря, во льду остается лишь небольшая часть солей — не выше 15,7% от их содержания в подледной воде озера. При этом в процессе ледообразования в отдельных озерах происходит не простое снижение содержания тех или иных компонентов в ледовой фазе по сравнению с подледной водой, но сложный процесс качественных преобразований химического состава воды. В некоторых озерах меняется соотношение отдельных ионов, что иногда приводит к изменению группы и даже класса воды ледовой фазы. Так, в оз. Коржинколь воды ледовой фазы относятся к группе натрия сульфатного класса, тогда как воды подледного слоя — к карбонатному классу. В оз. Тенгиз ледовая вода является хлоридно-натриевой, а подледная — сульфатно-натриевой. Воды льда оз. Айдабуль принадлежат к хлоридно-магниевым, тогда как подледная вода — к карбонатно-натриевым.

Коэффициенты распределения отдельных ионов между льдом и подледной водой изменяются в большинстве исследованных озер в следующих пределах: Ca^{2+} 0,08—0,60; Mg^{2+} 0,02—0,21; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 0,02—0,25; HCO_3^- 0,03—0,23; SO_4^{2-} 0,06—0,28; Cl^- 0,04—0,26.

Исключение для ряда компонентов составляет оз. Многосопчное. Высокая минерализация воды этого озера — сумма ионов достигает 17 332 мг/л — обуславливает относительно низкие концентрации отдельных компонентов в его ледовой фазе. Так, отношение содержания Ca^{2+} во льду к содержанию его в подледной воде равно здесь всего 0,07, суммы щелочных металлов 0,008, SO_4^{2-} 0,02, Cl^- 0,01. В то же время абсолютные величины содержания указанных компонентов в воде ледовой фазы этого озера в большинстве высоки по сравнению с другими озерами.

Результаты послойного анализа льда показали, что в большинстве случаев минерализация нижнего слоя льда выше верхнего, что указывает на возрастание минерализации подледной воды в процессе нарастания толщины льда и соответственно большего захвата солей при ледообразовании в

ледовую фазу. В озерах Коржинколь и Айдабуль минерализация льда нижнего слоя меньше верхнего. Это, очевидно, связано с метеорологическими условиями ледостава, способствовавшими более интенсивному захвату солей при начальном ледообразовании на озере.

Содержание органического вещества, выражаемого величинами перманганатной окисляемости воды, находится в прямой зависимости от величин его содержания в подледной воде. Окисляемость воды (в мг О на 1 л) озер Целиноградской обл. составляет 16,0—17,2, Кокчетавской обл. 19,4—22,3, Северо-Казахстанской обл. 19,4—27,8. В той же последовательности возрастает окисляемость льда озер. Лед озер Целиноградской обл. имеет перманганатную окисляемость 2,5—3,2, Кокчетавской обл. 3,1—10,3, Северо-Казахстанской обл. 3,5—10,8 (это, видимо, связано с небольшими глубинами озер Северо-Казахстанской обл.— до 2—3 м, и они сильно зарастают водной растительностью (¹)).

Содержание аммонийного азота во льду всех обследованных озер несколько выше, чем в подледной воде. Так, на озерах Целиноградской обл. NH_4^+ в воде содержался в количестве 0,01—0,22 мг/л, во льду 0,07—0,27; в воде озер Кокчетавской обл. 0,07—0,37, во льду 0,04—0,42; в воде озер Северо-Казахстанской обл. 0,04—0,71, во льду 0,05—1,66 мг/л. На повышенное содержание аммонийного азота во льду водоемов указывает в своей работе И. М. Кореновская (²). Причина этого явления остается не вполне ясной.

В вертикальном направлении распределение аммонийного азота во льду озер незакономерно. Так, в оз. Коржинколь в верхнем слое льда его содержится 0,08 мг/л, а в нижнем 0,09, т. е. практически столько же. В оз. Айдабуль, напротив, в верхнем слое льда аммонийного азота больше, чем в нижнем (0,09 и 0,04 соответственно).

Концентрация нитритного азота во льду меньше, чем в подледной воде. В воде озер Целиноградской обл. его содержится 0,001—0,005 мг/л, во льду 0,001—0,002; в воде озер Кокчетавской обл. 0,005—0,024, тогда как во льду 0,001—0,044; в воде озер Северо-Казахстанской обл. 0,013—0,059, во льду 0,001—0,052 мг/л.

Следует указать, что нижние горизонты льда, как правило, обеднены нитритным азотом.

Значительных различий в содержании нитратного азота во льду и в воде озер не наблюдается. Концентрации его во льду лежат в пределах 0,05—1,00 мг/л, в подледной воде 0,05—0,75. Аналогичные данные получены Г. М. Сечным для оз. Балхаш (³).

В содержании растворенного минерального фосфора наблюдаются несколько повышенные концентрации во льду по сравнению с подледной водой. Например, в воде озер Северо-Казахстанской обл. концентрация фосфатного фосфора составляет 0,002—0,040 мг/л, а во льду 0,002—0,075. В верхних и нижних слоях льда содержание фосфатного фосфора по преимуществу близко.

Концентрация кремния в ледовой фазе всех обследованных озер была значительно меньше, нежели в подледной воде. Так, в воде озер Целиноградской обл. его содержание лежало в пределах 5,0—12,0 мг/л, тогда как во льду изменялось от 0,6 до 1,6. Количество кремния в воде озер Кокчетавской и Северо-Казахстанской обл. лежит в пределах соответственно 1,2—3,0 и 1,2—3,7 мг/л. Во льду содержание кремния изменяется соответственно от 0,7 до 2,7 и 0,9 до 1,9 мг/л. Содержание кремния в нижнем слое льда обычно выше, нежели в верхнем.

Общее количество железа во льду обследованных озер было несколько меньше, чем в подледной воде. В некоторых озерах разницы между содержанием железа в воде и во льду не отмечено.

Резюмируя изложенные выше материалы исследований химического состава льда озер Северного Казахстана, мы приходим к выводу, что процессы его формирования подчинены общим закономерностям, наблюдае-

мым и на других водоемах. Для большинства озер в процессе ледообразования химический состав ледовой фазы не претерпевает количественных преобразований: ледовая вода сохраняет свой класс и группу. Для некоторых озер, как, например, оз. Коржинколь, Тенгиз и Айдабуль, напротив, происходят глубокие процессы метаморфизации ледовой воды с переходом ее в другой класс, а иногда и с изменением группы. Примечательно, что метаморфизация в этом случае происходит первоначально именно с изменения класса воды. Дальнейшее изучение этого метаморфоза представляет важную задачу криологических исследований озер Казахстана.

Казахское отделение
Научно-исследовательского института
рыбного хозяйства
Лимнологический институт
Сибирского отделения Академии наук СССР
пос. Лиственничное

Поступило
15 III 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. Г. Рыбин, Очерки по физической географии Казахстана, Сб. статей, 1952. ² И. М. Кореновская, Характеристика и некоторые вопросы формирования химического состава льда поверхностных вод Северного Кавказа. Автореф. кандидатской диссертации, 1970. ³ Г. М. Сечной, Биологические основы рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана, Сб. статей, 1967.