

УДК 656.555.8

**ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОЗЕР АЛАКОЛЬСКОЙ  
ВПАДИНЫ\***

Доктор геогр. наук	Н.А. Амиргалиев
Канд. геогр. наук	Т.Я. Лопарева
	Л.А. Гоголь
	Ш.Ч. Канагатова

*В статье рассмотрена многолетняя динамика гидрохимических показателей озер Алакольской межгорной впадины. Выявлены основные природные и антропогенные факторы формирования гидрохимического режима и характерные особенности метаморфизации ионного состава вод озер в зависимости от изменения минерализации.*

Озера Алакольской межгорной впадины среди водных объектов страны занимают особое место как своеобразный географический объект и источники обеспечения водой множества населенных пунктов и сельскохозяйственных объектов. Данная озерно-речная система имеет важное значение в рыбном хозяйстве. В 1965...1970 гг. уловы ценных промысловых рыб на озерах достигали 4,0...4,5 тыс. т в год [10]. За последнее десятилетие по ряду объективных и субъективных причин годовые объемы добычи рыбы снизились до 2,5...0,8 тыс. т. Богатейшие водно-болотные угодья с разнообразием водных и прибрежных растений являются местом обитания и размножения многих реликтовых видов птиц.

Географические и гидролого-гидрохимические аспекты озер Алакольской впадины изучались эпизодически. Более подробные научные данные получены в 1960...1965 гг. Они освещены на страницах сборников [1, 6]. В этих и некоторых других изданиях были опубликованы сведения о гидрохимическом режиме озер [4, 8, 9, 14].

Начиная с 1967 г. в течение многих лет с некоторыми перерывами КазНИИ рыбного хозяйства (ныне Научно-производственный центр рыбного хозяйства Минсельхоза РК) проводил на этой системе значительные по

---

\* По вине редакции в статье авторов в журнале №4 2003 г. не были опубликованы табличные материалы. Редакция приносит свои извинения и перепечатывает статью в полном объеме.

масштабу гидрохимические и токсикологические исследования. По 1987 год изучался в основном гидрохимический режим озер. В 1987...1993 гг. наряду с гидрохимическими выполнены довольно обширные токсикологические исследования, которые нашли свое продолжение с 2002 г. Однако, результаты этих многолетних исследований в силу ряда причин практически не опубликованы, за исключением единичных сведений, относящихся к начальным годам указанного периода исследований [3, 5, 17, 18].

Как показали исследования, за прошедший многолетний период происходят существенные гидроэкологические изменения в функционировании озер данной системы. В зависимости от ряда природных и антропогенных факторов колеблется их уровеньный режим. На гидрологический режим водоемов и водотоков, а также на их экотоксикологическое состояние, оказывает влияние интенсивность сельскохозяйственного освоения прилегающей территории с использованием различных удобрений и ядохимикатов. Регистрируются некоторые изменения в биоэкологических параметрах озер как среды обитания ценных промысловых рыб и других гидробионтов. Эти и некоторые другие обстоятельства определяют необходимость анализа и обобщения накопленных многолетних сведений по гидрохимическому режиму и токсикологическим параметрам водной экосистемы озер. Целесообразность публикации имеющейся научной информации вызвана и тем обстоятельством, что за ряд лет на водоемах данной системы отсутствуют режимные наблюдения сети Казгидромета.

#### **Краткая характеристика водоемов и факторы, влияющие на их режим**

Морфометрические параметры озер весьма динамичны в зависимости от их уровня, водности впадающих рек, количества зимних осадков и т.д. В разных литературных источниках эти показатели водоемов характеризуются разными значениями, в табл. 1 приведены данные П.П. Филонца [18] по состоянию 1962 г.

Таблица 1

Морфометрические показатели Алакольских озер

Озеро	Площадь зеркала воды, км <sup>2</sup>	Объем воды, км <sup>3</sup>	Глубина, м	
			средняя	максимальная
Алаколь	2650,0	58,56	22,1	54,0
Сасыкколь	736,7	2,43	3,3	4,7
Кошкарколь	120,0	0,49	4,1	5,8

Эти три основные озера соединены между собой протоками. Сасыкколь и Кошкарколь – проточные озера, из первого во второе вода по-

ступает по р. Жинишкесу, а из Кошкарколя вода через сеть небольших озер и водотоков поступает в устье р. Урджар, впадающей в оз. Алаколь. Озера принимают стоки множества рек и временных водотоков (рис. 1). В озеро Сасыкколь с юга впадает р. Тентек, а с севера р. Каракол, приносящая свои воды в многоводные годы. В Алаколь впадают реки Урджар, Хатынсу, Эмель, Жаманты, а также целый ряд временных водотоков. В многоводные годы оз. Алаколь получает воду непосредственно из р. Тентек. Таким образом, это самое крупное в системе озеро, расположенное в наиболее низкой части впадины, аккумулирует воды не только собственных притоков, но и воды из других озер данной группы [12]. По имеющимся сведениям, водотоки, питающие эти водоемы, различны по химическому составу вод и они существенно оказывают влияние на гидрохимию озер.

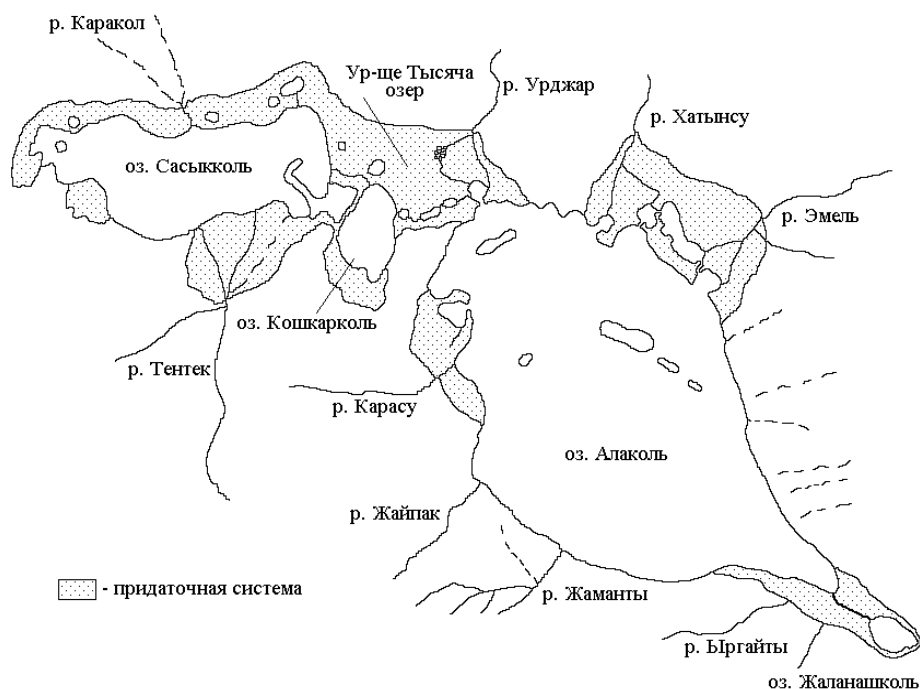


Рис. 1. Схема Алакольской системы озер.

Отличительной особенностью данной системы озер является наличие болот и заболоченных территорий. Общая их площадь составляет ориентировочно 96,3 тыс. га [18]. Глубина болот от 0,3 до 1,3 м, в них аккумулирован большой объем речных и озерных вод, т.е. воды большинства рек в озера попадают через эти болота, покрытые зарослями тростника. Таким образом, влияние заболоченной придачной системы на гидрохимический режим озер существенно.

Бассейны Алакольских озер и впадающих рек являются территорией активного земледелия. Об этом свидетельствует характер распределения водных ресурсов в данном бассейне по отраслям экономики (табл. 2).

Как следует из данных табл. 2, основная масса воды, забираемая из естественных водных источников бассейна, идет на орошение. Причем объем расходованных на орошение вод в 2000 г. вырос по сравнению с 1990 г., на 5 %.

Таблица 2

Доля орошаемого земледелия в общем водопотреблении в бассейне Алакольской системы [12]

Год	Водозабор из источников			Водопотребление экономики		
	всего, млн м <sup>3</sup>	в т.ч. на орошение		всего, млн м <sup>3</sup>	в т.ч. на орошение	
		млн м <sup>3</sup>	%		млн м <sup>3</sup>	%
1990	359	304	84,6	352	298	84,6
2000	105	94	89,5	85	76	89,4

В бассейне этих озер для целей орошения создана сеть оросительных, осушительно-дренажных и коллекторно-сбросных каналов. Общее их количество более десяти. Интенсивный забор воды из рек и других источников и коллекторно-дренажные стоки из орошаемых массивов оказывают существенное влияние на гидрохимический режим и качество воды в озерах и реках данного бассейна, о чем более подробно будет сказано ниже.

Одним из значительных факторов, влияющих на гидрохимический режим водоемов, являются климатические особенности территории. Расположение впадины в глубине Евразийского материка определяет резкую континентальность и засушливость климата. Зимний период продолжителен с морозами, достигающими 48...51 °С, лето засушливое с дневными температурами воздуха порядка 40...42 °С [15]. О засушливости территории свидетельствует невысокое количество среднегодовых значений осадков в пределах 165...521 мм и большое испарение 933мм с поверхности озер [16]. Для территории Алакольской впадины характерны сильные ветры «Эби» и «Сайкан». Число дней с ветрами, имеющими скорость > 15 м/сек колеблется в пределах 19...75. Таким образом, континентальность климата, почти постоянное ветровое перемешивание водных масс озер и др. особенности территории оказывают воздействие на гидродинамические, биологические и продукционно-деструкционные процессы в озерах. Все это, в конечном счете, влияет на формирование гидрохимического и экотоксикологического состояния озер.

Наиболее определяющим фактором гидрохимического режима изучаемых озер, естественно, является их уровенный режим. В полной за-

висимости от этого показателя формируется режим минерализации воды и ее составляющих. От уровня осолонения и динамики минеральных солей, особенно в солоноватом бессточном озере Алаколь, зависят биоэкологическое состояние водной флоры и фауны, а также уровень биологической продуктивности и направление, интенсивность процессов садки солей.

Согласно данным В.И. Коровина и Р.Д. Курдина [7], до 1948 г. достоверных сведений об уровненом режиме оз. Алаколь нет. В 1949...1963 гг. уровень озера непрерывно поднимался: с 1949 по 1956 г. в среднем на 26 см в год, с 1958 по 1961 г. – подъем был интенсивным в среднем по 70 см в год. В 1962 г. подъем замедлился до 7 см, а в 1963 г. произошло снижение уровня на 5 см, по сравнению с 1962 г. В целом 1949...1961 гг. уровень оз. Алаколь повысился на 4 м, составив в среднем 11,66 м при отметке нуля графика 335,72 м БС, т.е. 347,38 м БС.

Углубленный анализ уровненого режима озер, естественно, не входит в задачу данной работы. Однако, характеристика многолетней динамики химического состава озерных вод затруднена без увязки с водным, в частности с уровненым режимом водоемов. Поэтому ниже, на рис.2 представлена динамика уровненого режима озер данной системы по собранным нами сведениям из разных источников [11, 13] в основном за те же периоды, в которые нами проводились гидрохимические и токсикологические исследования.

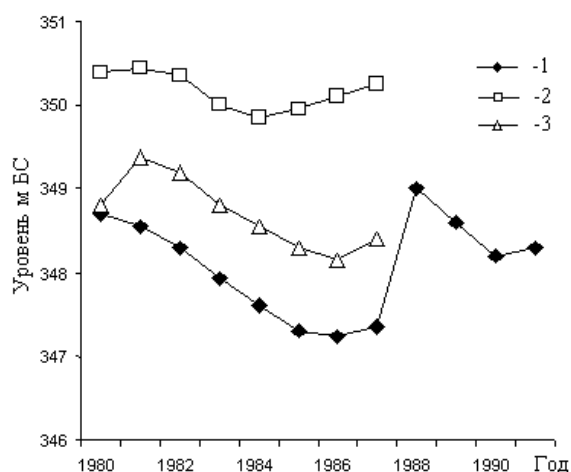


Рис. 2. Ход среднегодового уровня воды в озерах Алакольской системы. 1 – Алаколь, 2 – Сасыкколь, 3 – Кошкарколь.

Как видно на рис. 2, более сходен ход среднегодовых уровней для озер Алаколь и Кошкарколь. Сначала 80-ых годов вплоть до 1986 г. в них

наблюдалось непрерывное падение уровня. В Сасыкколе после минимума в 1984 г. уровень постепенно повышался. Наиболее высокий уровень в оз. Алаколь зарегистрирован в 1988 г. и в последующие годы уровень воды в нем остался на достаточно высоких отметках. Согласно отчетным данным [16], 1993 год в озерах также был многоводным и сток р. Тентек у села Тункуруз составил 2 км<sup>3</sup>. Также отмечено, что после 17-летнего перерыва (1970...1986 гг.) такое высокое половодье на р. Тентек наблюдалось четыре раза – в 1987, 1988, 1990 и 1993 гг.

За последний десятилетний период нам не удалось встретить каких-либо достоверных сведений об уровненом режиме озер. Имеется лишь визуальная оценка того, что в 2002 и 2003 гг. наблюдается подъем уровня воды в озерах.

### **Гидрохимический режим озер**

Озеро Сасыкколь является наиболее пресным и проточным водоемом в данной озерной системе. Оно получает основную массу стока р. Тентек и этот фактор является определяющим в формировании его гидрохимического режима.

Вода озера характеризуется слабощелочной реакцией, значения рН воды за ряд лет наблюдений изменялись в интервале от 7,03 до 8,30 (табл. 3). Содержание кислорода в вегетационный период колеблется в основном от 7,64 до 11,25 мг/дм<sup>3</sup>, средние значения в отдельные годы составили от 7,45 до 9,3 мг/дм<sup>3</sup>. В воде более заболоченных прибрежных акватории концентрация его иногда снижается до 5,32...6,45 мг/дм<sup>3</sup>.

Перманганатная окисляемость по акваториям озера колеблется в целом незначительно. Средние ее величины составили в 1987...1993 гг. 8,0...11,6 мгО/дм<sup>3</sup>, а максимальные достигали 12,3...13,1 мгО/дм<sup>3</sup>. Сопоставление этих значений с ранее полученными данными показывает постепенный рост концентрации органических веществ в озерной воде в течение многолетнего периода. В 1967...1968 гг. величина этого показателя составила 4,5...6,0 мгО/дм<sup>3</sup> в среднем 4,7 мгО/дм<sup>3</sup> [5]. При исследовании в 1981...1982 гг. [22] перманганатная окисляемость была зарегистрирована уже на уровне 7,5...10,0 мгО/дм<sup>3</sup>.

Тенденция роста концентрации за многолетний период характерна и для биогенных элементов. По исследованиям 1967...1968 гг., содержание аммонийного азота и фосфора отмечалось на уровне 0,02 и 0,005 мг/дм<sup>3</sup> соответственно, а нитриты в воде не были обнаружены.

## Химический состав воды оз. Сасыкколь (пределы/среднее)

Компоненты	Единицы измерения	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.		1992 г.	1993 г.	2002 г.
					весна	осень			
pH		<u>8,03...8,20</u> 8,17	<u>7,03...8,30</u> 8,0	8,03	<u>8,03...8,20</u> 8,17	<u>8,20...8,30</u> 8,23	<u>8,20...8,30</u> 8,25	8,2	-
O <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	<u>7,92...10,09</u> 9,3	<u>6,45...10,93</u> 8,84	10,41	<u>7,64...11,25</u> 9,9	-	<u>5,32...8,44</u> 7,45	<u>8,4...10,3</u> 9,3	-
Окисл. перманг.	мгО/дм <sup>3</sup>	<u>7,2...12,8</u> 9,5	<u>7,3...9,4</u> 8,01	10,4	<u>9,6...11,8</u> 10,4	<u>10,4...13,1</u> 11,6	<u>5,3...12,3</u> 9,6	<u>6,8...9,9</u> 8,3	-
NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,09...0,19</u> 0,13	<u>0,06...0,14</u> 0,09	0,06	<u>0,06...0,20</u> 0,12	<u>0,03...0,26</u> 0,15	<u>0,06...0,12</u> 0,08	<u>0,07...0,28</u> 0,14	-
NO <sub>2</sub>	-«-	<u>0,002...0,005</u> 0,003	<u>0,003...0,016</u> 0,006	0,008	<u>0,005...0,012</u> 0,008	<u>0,002...0,005</u> 0,003	<u>0,002...0,100</u> 0,019	<u>0,001...0,004</u> 0,002	-
NO <sub>3</sub>	-«-	<u>0,03...0,08</u> 0,04	<u>0,25...1,77</u> 0,74	0,17	<u>0,25...0,43</u> 0,33	<u>0,36...0,97</u> 0,61	<u>0,58...2,24</u> 1,03	<u>0,40...2,38</u> 1,01	-
PO <sub>4</sub>	-«-	<u>0,008...0,014</u> 0,011	<u>0,008...0,011</u> 0,009	0,014	<u>0,007...0,010</u> 0,008	<u>0,007...0,012</u> 0,010	<u>0,003...0,006</u> 0,005	<u>0,002...0,004</u> 0,003	-
Ca	-«-	<u>8,0...19,2</u> 14,1	<u>32,1...40,1</u> 37,0	39,0	<u>24,0...40,1</u> 34,4	<u>35,7...40,1</u> 37,7	<u>27,2...43,3</u> 35,2	<u>29,7...51,3</u> 38,5	<u>44,7...57,6</u> 51,1
Mg	-«-	<u>23,3...27,5</u> 31,8	<u>10,2...26,5</u> 18,6	24,1	<u>15,1...33,1</u> 24,5	<u>21,6...27,0</u> 24,6	<u>16,1...24,3</u> 20,8	<u>26,2...34,0</u> 30,1	<u>26,2...34,0</u> 30,1
Na+K	-«-	<u>36,5...80,9</u> 66,7	<u>43,2...99,2</u> 76,5	61,6	<u>49,2...70,0</u> 62,7	<u>63,0...73,2</u> 68,8	<u>65,0...84,2</u> 80,3	<u>67,0...110</u> 84,2	<u>61,8...63,5</u> 62,6

Компоненты	Единицы измерения	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.		1992 г.	1993 г.	2002 г.
					весна	осень			
HCO <sub>3</sub>	-«-	<u>181...244</u> 225	<u>177...268</u> 224	225	<u>173...232</u> 212	<u>222...227</u> 224	<u>239...256</u> 250	<u>201...244</u> 226	217,8
SO <sub>4</sub>	-«-	<u>43,2...114</u> 87,8	<u>38,4...96,0</u> 69,6	81,2	<u>87,0...94,1</u> 91,7	<u>85,6...96,0</u> 90,8	<u>74,9...100</u> 83,7	<u>86,4...144</u> 111	<u>116...129</u> 123
Cl	-«-	<u>25,2...69,9</u> 49,9	<u>22,3...58,6</u> 42,9	36,1	<u>20,2...38,4</u> 30,4	<u>42,7...44,5</u> 43,5	<u>45...51</u> 48	<u>27,4...47,9</u> 35,1	<u>46,8...53,2</u> 50,0
Сумма ионов	-«-	<u>323...539</u> 476	<u>326...583</u> 473	467	<u>393...494</u> 456	<u>481...500</u> 490	<u>469...559</u> 512	<u>452...595</u> 516	<u>528...540</u> 534



Таблица 4

## Химический состав воды оз. Кошкарколь (пределы/среднее)

Компоненты	Единицы измерения	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990г.	1992 г.	1993 г.	2003 г.
pH		8,38	<u>8,25..8,35</u>	<u>8,05..8,25</u>	<u>8,25..8,30</u>	<u>8,30..8,40</u>	<u>6,01-8,20</u>	-
O <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	<u>9,01..9,47</u>	<u>7,3..9,6</u>	9,72	<u>7,88..9,12</u>	<u>7,4..9,0</u>	<u>6,92-9,33</u>	-
		9,24	8,6		8,45	8,5	8,75	
Окисл. перманг.	мгО/дм <sup>3</sup>	<u>10,9..13,4</u>	<u>11,7..25,0</u>	<u>9,9..10,6</u>	<u>12,1..13,2</u>	<u>9,7..11,7</u>	<u>15,3-23,7</u>	-
		12,5	16,7	10,3	12,7	11	18,8	
NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,08..0,13</u>	<u>0,06..0,11</u>	<u>0,05..0,15</u>	<u>0,02..0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,02-0,13</u>	-
NO <sub>2</sub>	-«-	0,1	0,08	0,1	0,04	0,06	0,04	
		<u>0,003..0,006</u>	<u>0,006..0,090</u>	<u>0,001..0,004</u>	<u>0,002..0,007</u>	<u>0,20..0,30</u>	<u>0,005-0,019</u>	-
NO <sub>3</sub>	-«-	0,004	0,034	0,003	0,008	0,24	0,008	
		<u>0,04..0,05</u>	<u>0..0,90</u>	<u>0,23..0,45</u>	<u>0,34..1,04</u>	<u>0,002..0,003</u>	<u>0,59-1,00</u>	-
PO <sub>4</sub>	-«-	0,05	0,59	0,34	0,6	0,002	0,71	
		<u>0,010..0,013</u>	<u>0,010..0,020</u>	<u>0,014..0,018</u>	<u>0,007..0,03</u>	<u>0,007..0,014</u>	<u>0,004-0,011</u>	-
Ca	-«-	0,011	0,016	0,016	0,013	0,01	0,006	
		<u>32,1..47,1</u>	<u>28,8..34,7</u>	<u>30,5..31,6</u>	<u>29,7..36,9</u>	<u>28,9..35,1</u>	<u>18,4..47,3</u>	<u>29,8..52,9</u>
Mg	-«-	39,8	32,1	31,0	34,0	32,4	34,8	44,5
		<u>51,3..59,3</u>	<u>51,9..64,7</u>	<u>58,9..62,1</u>	<u>55,4..60,3</u>	<u>55,6..62,3</u>	<u>28,7..55,0</u>	<u>22,1..55,9</u>
		54,4	58,9	60,5	58	59,3	39,5	35,4

Компоненты	Единицы измерения	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990г.	1992 г.	1993 г.	2003 г.
Na+K	-«-	<u>355...361</u> 358	<u>271...332</u> 300	<u>237,0...238,0</u> 237,5	<u>232...256</u> 245	<u>227...255</u> 247	<u>71...226</u> 188	<u>30,2...136,3</u> 67,0
HCO <sub>3</sub>	-«-	<u>515...518</u> 517	<u>439...482</u> 457	<u>415...426</u> 421	<u>412...429</u> 422	<u>417...444</u> 429	<u>281...390</u> 362	<u>221,8...299,4</u> 245,2
SO <sub>4</sub>	-«-	<u>380...384</u> 381	<u>261...292</u> 177	<u>254...261</u> 257	<u>246...266</u> 256	<u>217...246</u> 237	<u>58...221</u> 189	<u>54,6...158,2</u> 93,7
Cl	-«-	<u>216...220</u> 218	<u>170...202</u> 183	<u>129...138</u> 134	<u>119...163</u> 140	<u>152...159</u> 156	<u>26...124</u> 99	<u>37,8...118,2</u> 65,4
Сумма ионов	-«-	<u>1565...1580</u> 1568	<u>1255...1397</u> 1308	<u>1132...1148</u> 1140	<u>1124...1184</u> 1156	<u>1104...1192</u> 1160	<u>470-1039</u> 892	<u>435...798</u> 551

Таблица 5

## Химический состав воды оз. Алаколь (пределы/среднее)

Компоненты	Единицы измерения	1988 г.	1989 г.	1990 г.	2002 г.	2003 г.
pH		7,7	7,7	<u>8,1...8,7</u> 8,3	-	-
O <sub>2</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	-	8,1	<u>8,9...14,6</u> 12,4	-	-
Окисл. перманг.	мгО/дм <sup>3</sup>	<u>10,1...26,0</u> 18,4	10,7	<u>8,4...12,9</u> 10,6	-	-
NH <sub>4</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	<u>0,03...1,04</u> 0,54	0,09	<u>0,08...0,28</u> 0,18	-	-
NO <sub>2</sub>	-«-	<u>0,003...0,035</u> 0,019	0,003	<u>0,004...0,023</u> 0,012	-	-
NO <sub>3</sub>	-«-	<u>0...2,30</u> 1,15	2,10	<u>0,86...2,84</u> 1,39	-	-
PO <sub>4</sub>	-«-	<u>0,008...0,296</u> 0,152	0,008	<u>0,006...0,098</u> 0,051	-	-
Ca	-«-	<u>16,0...44,1</u> 30,0	16	<u>20,0...177</u> 72	<u>4,8...34,2</u> 15,5	<u>3,3...44,6</u> 7,6
Mg	-«-	<u>158...244</u> 201	244	<u>249...359</u> 303	<u>184,5...332,5</u> 309	<u>148...332</u> 281

Компоненты	Единицы измерения	1988 г.	1989 г.	1990 г.	2002 г.	2003 г
Na+K	-«-	<u>1430...1702</u> 1566	1430	<u>1882...2246</u> 2044	<u>1212...2335</u> 2136	<u>964...2435</u> 2064
HCO <sub>3</sub>	-«-	<u>866...1049</u> 958	1049	<u>989...1110</u> 1069	<u>621...1065</u> 983	<u>565...1073</u> 919
SO <sub>4</sub>	-«-	<u>1152...1810</u> 1481	1152	<u>2120...2920</u> 2509	<u>1698...3153</u> 2857	<u>1255...3219</u> 2726
Cl	-«-	<u>1113...1311</u> 1212	1311	<u>1276...1420</u> 1324	<u>703,6...1388</u> 1277	<u>567...1395</u> 1216
Сумма ионов	-«-	<u>5202...5693</u> 5448	5202	<u>6460...7730</u> 7130	<u>4453...8302</u> 7578	<u>3512...8516</u> 7214

*Примечание:* в 2002 и 2003 гг. пробы воды на озерах отбирали с/с НПЦ РХ Р. Аветисян и В. Скакун.

В 1981...1982 гг. концентрация их выросла на порядок, составляя соответственно 0,30 и 0,010...0,023 мг/дм<sup>3</sup>. Аналогичные повышенные концентрации этих соединений отмечались и в последующие годы (см. табл. 3). Данные за последнее десятилетие свидетельствуют о постоянном присутствии в озерной воде нитритов и рост концентрации нитратов до 2,24...2,38 мг/дм<sup>3</sup>.

Главной причиной увеличения концентрации в озерной воде соединений азота и фосфора является поступление их в составе возвратных вод из орошаемых массивов. Существенный рост количества органических веществ в воде обусловлен в свою очередь усилением биопродукционных процессов в озере под влиянием повышенных концентрации биогенных соединений. Это привело, по отчетным данным А.С. Фокиной, к увеличению биомассы фитопланктона, т.е. к развитию первичных звеньев пищевой цепи. А при недостатке пищи массовое развитие в озере получили ветвистые рачки, что в итоге привело к повышению биомассы зоопланктона [19].

Минерализация воды оз. Сасыкколь подвергается значительным колебаниям как по сезонам, так и на отдельных участках его акватории. В 1987...1988 гг. минимальные значения минерализации воды составляли 323...326 мг/дм<sup>3</sup>. В последующие годы она несколько повысилась, однако максимальные величины за все эти годы были близки между собой. В целом в многолетнем аспекте минерализация воды в озере остается относительно стабильной: в 1962...1963 гг. она изменялась в пределах 256...511 мг/дм<sup>3</sup> [8], летом 1967...1968 гг. в среднем 390 мг/дм<sup>3</sup> [5], в 1972...1974 гг. – от 365 до 540 мг/дм<sup>3</sup> [17]. По ионному составу вода принадлежит к гидрокарбонатному классу, при сравнительно низких значениях минерализации среди катионов преобладает кальций, а с ее повышением состав воды соответствует индексам  $C_1^{Ca}$   $Mg$  и  $C_1^{Na}$ .

Озеро Кошкарколь занимает промежуточное положение в данной системе озер по месту расположения, степени проточности и по минерализации воды. Сведения о химическом составе воды за рассматриваемый период представлены в табл. 4.

Значения рН в воде оз. Кошкарколь более равномерны по акватории, сезонам года и несколько выше, чем в воде оз. Сасыкколь. Вода так-

же отличается оптимальным для водных животных уровнем кислорода, со средними значениями концентрации от 8,5 до 9,2 мг/дм<sup>3</sup>. Перманганатная окисляемость характеризуется повышенными значениями, достигающими в единичных случаях 23,7...25,0 мгО/дм<sup>3</sup>. Наиболее высокая величина ее характерна для юго-западного побережья озера, куда поступают воды из заболоченной придаточной системы, принимающей в свою очередь и возвратные воды с полей орошения. В основной акватории озера интервал колебания окисляемости воды составляет от 9,9 до 13,4 мгО/дм<sup>3</sup>. Согласно исследованиям 1967...1968 гг., осенью и зимой окисляемость озерной воды различна на уровне 9,8...15,1 и 7,7...9,6 мгО/дм<sup>3</sup> соответственно [3].

Концентрация аммонийного азота в целом невысока (см. табл.4). Такие же значения зарегистрированы в 1967...1968 гг. Однако исследования в 1987...1993 гг. указывают на существенное накопление в озерной воде нитритного азота, концентрация которого в отдельные годы достигала 0,090...0,300 мг/дм<sup>3</sup>. В 1967...1968 гг. нитриты в озерной воде практически отсутствовали, отмечаясь лишь в единичных случаях в количестве 0,001...0,002 мг/дм<sup>3</sup>. И это обстоятельство можно объяснить поступлением в водоем азотных удобрений в составе возвратных вод. Нитраты присутствуют в озерной воде повсеместно с максимальной концентрацией до 1,04 мг/дм<sup>3</sup>, что несколько ниже, чем в воде оз. Сасыкколь. Наиболее повышенные концентрации фосфора в воде зарегистрированы в 1987...1990 гг., а в последующие годы они несколько снизились. Такой межгодовой режим характерен и для оз. Сасыкколь (см. табл.3). Это, очевидно, результат некоторого сокращения количества используемых минеральных удобрений на прилегающей территории в связи с частичной переориентацией в 1992...1993 гг. сельскохозяйственного производства, о чем было упомянуто выше.

Анализ имеющей информации свидетельствует о большой межгодовой изменчивости минерализации воды оз. Кошкарколь, зависящий, очевидно, от состояния гидрологического режима т.е. от уровня воды, водообмена и т.д. Так, в маловодные 1962 и 1963 гг.[7] сумма ионов зимой и летом составила соответственно 1875 и 1018 мг/дм<sup>3</sup> [8], в октябре 1967 г. и феврале 1968 г. минерализация воды изменялась в пределах 1152...1260 мг/дм<sup>3</sup> [17] и 1347...1469 мг/дм<sup>3</sup> соответственно [3], в 1972...1974 гг. она изменялась в интервале 754...1095 мг/дм<sup>3</sup> [8]. За рассматриваемые в табл. 4 годы максимум минерализации зарегистрирован в 1987 г., а начиная с 1988 г. по 1993 г., когда наблюдался многоводный период для данной системы озер (см. рис.2), в целом она снижалась после некоторой стабилизации в

1989...1992 гг. В мае и июне 2003 г. отмечалась самая минимальная минерализация воды за все годы наблюдения – 551 мг/дм<sup>3</sup> в среднем по всей акватории озера. При этом наиболее низкие ее значения зарегистрированы в южной и юго-западной оконечности озера.





Это опреснение также можно объяснить увеличением водности рек и усилением перетока в Кошкарколь более опресненных вод из оз. Сасыкколь. По ионному составу вода озера при любой величине ее минерализации принадлежит гидрокарбонатному классу кальциевой иногда смешанной группы.

Озеро Алаколь - крупный и глубоководный водоем и поэтому натурное его исследование связано с определенными техническими трудностями, в частности, отсутствием соответствующих плавсредств. Вследствие этого имеющиеся научные сведения весьма отрывочные, особенно по центральной глубоководной части водоема.

В озерной воде значения рН находится в области слабощелочной реакции от 7,7 до 8,7 (табл. 5). По литературным данным [8], величина этого показателя в 1962...1963 г. колебалась в интервале от 7,6 до 9,1. Насыщение воды кислородом характеризуется достаточно высокими значениями до 14,6 мг/дм<sup>3</sup>. В 1962...1963 гг. содержание его отмечалось от 7,3 до 15,6 мг/дм<sup>3</sup>, причем наиболее высокие значения зарегистрированы зимой [8]. Опубликованных сведений по режиму биогенных и органических веществ практически нет. Согласно полученным нами данным, окисляемость воды открытой части озера составляет от 8,4 до 12,9 мгО/дм<sup>3</sup>, а в более заболоченной южной оконечности она достигала 26, мгО/дм<sup>3</sup>. Концентрация соединений азотной группы и фосфора в воде данного озера несколько выше, чем в воде Сасыкколя и Кошкарколя. Это, очевидно, обусловлено накоплением этих соединений за счет их поступления с речным стоком, из расположенных выше озер, а также из заболоченных приточных систем, через которые в него впадают реки Урджар, Хатынсу, Эмель и др. Кроме того, в данном водоеме с достаточно высокой минерализацией воды слабо развит фитопланктон, следовательно, недостаточно полно осваиваются биогенные вещества. Согласно данным А.С. Фокиной [17], средняя биомасса фитопланктона составляет для Сасыкколя 4,0 мг/дм<sup>3</sup>, Кошкарколя – 2,8 мг/дм<sup>3</sup>, а для Алаколя – 0,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Максимальная минерализация воды за ряд последних лет зарегистрирована на уровне 8302...8516 мг/дм<sup>3</sup>. Аналогичные величины данного показателя отмечены в 1972...1974 гг. [17]. На участках, подверженных влиянию речных вод, естественно, минерализация снижается. Наиболее высокие значения минерализа-

ции воды 9200...9950 мг/дм<sup>3</sup> зарегистрированы в 1954...1962 гг. в центральной части акватории озера [8, 9, 14]. Анализ имеющихся литературных сведений в целом свидетельствует о том, что в последнее десятилетие минерализация воды остается стабильной и значения ее в целом по водоему ниже, чем в 1958...1960 гг.



Такой режим может быть обусловлен увеличением водности впадающих рек и некоторым ростом поступления сравнительно маломинерализованных вод из оз. Кошкарколь, подверженного в последние годы значительному опреснению. В течение вегетационного периода минерализация воды повышается незначительно. Состав воды при любых значениях минерализации сульфатно-натриевый, второго типа.

Озеро Жаланашколь гидрохимическому исследованию подвергалось редко. Оно питается преимущественно грунтовыми водами, что обуславливает повышенную минерализацию воды. Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о большой изменчивости минерализации озерной воды в разные годы. В 1955...1959 гг. минерализация понизилась с 4,9 г/дм<sup>3</sup> до 3,2 г/дм<sup>3</sup> [4], в 1962...1963 гг. она была в интервале от 1688 до 2096 мг/дм<sup>3</sup> [8]. Согласно нашим исследованиям, средняя минерализация воды за вегетационный период 1989 составила 2346 мг/дм<sup>3</sup>. Вода при этом характеризовалась повышенной окисляемостью: перманганатная – 21,8 мгО/дм<sup>3</sup>, бихроматная - 115 мгО/дм<sup>3</sup>. Концентрация соединений азота невысока, а фосфора до 0,014 мг/дм<sup>3</sup>.

В 2002 г. на озере были отобраны 3 пробы воды. Результаты выполненных нами анализов показали достаточно равномерное распределение минерализации по его акватории. Значения ее изменялись в интервале от 2536 до 2712 мг/дм<sup>3</sup>. Состав воды сульфатно - натриевый и она принадлежит первому классу, что свидетельствует о несколько большем содержании гидрокарбонатов (в %-экв.), по сравнению с водой оз. Алаколь.

Озера Алакольской впадины различны не только по степени минерализации воды, но и по ионному ее составу и соотношению солеобразующих компонентов. Причем соотношение ионов меняется в зависимости от изменения минерализации воды. На рис.3 достаточно ясно иллюстрированы генетические особенности состава вод отдельных озер и характер его изменений за многолетний период наблюдений. Так, фигуративные точки анионного состава воды оз. Сасыкколь при ее минерализации от 452...590 мг/дм<sup>3</sup> сосредоточены в основном в гидрокарбонатном треугольнике, а точки катионного состава в смешанном треугольнике с переходом в натриевый. Наиболее изменчиво соотношение ионов в воде оз. Кошкарколь. При мине-

рализации воды в пределах 428...465 мг/дм<sup>3</sup> точки анионного состава располагаются в гидрокарбонатном треугольнике, а при ее росте до 700...8000мг/дм<sup>3</sup> – эти точки приближаются к границе центрального треугольника, в пределах которого вода характеризуется смешанным анионным составом. Более существенные изменения происходят в катионном составе. Концентрация щелочных металлов возрастает с 10...12 %-экв. До 23...24 %-экв., до 7...9 %-экв., уменьшается кальций, индекс воды переходит от  $C_{II}^{Ca}$  через  $C_{II}^{CaMg}$  в  $C_{II}^{MgNa}$ . Дальнейший рост минерализации до 1435...1470 мг/дм<sup>3</sup> приводит к формированию воды смешанного анионного состава, а в катионном составе происходит рост щелочных металлов с 23...24 %-экв. До 30...33 %-экв. и снижение эквивалентной концентрации магния до 15...12 %-экв., кальций остается без изменений (6...7 %-экв.). Ионный состав воды приобретает индекс  $CS_{II}^{NaMg}$ .

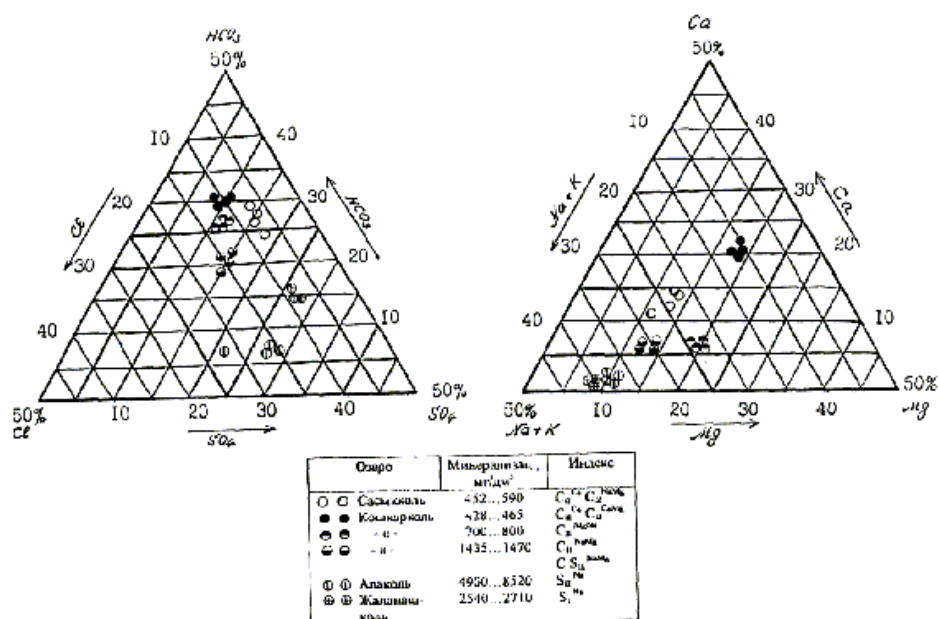


Рис. 3. Ионный состав вод (%-экв) отдельных озер и особенности его изменения в зависимости от минерализации.

На рисунке видна генетическая близость состава вод озер Алаколь и Жаланашколь. Точки анионного состава их воды находятся в пределах сульфатного треугольника, а фигуративные точки катионного состава очень компактно располагаются в треугольнике щелочных металлов. На данных точках треугольника соотношение катионов в воде характеризуется для обоих озер резким преобладанием щелочных металлов (37...40% экв), око-

ло 10 %- экв - магния, а содержание кальция незначительно - 1...3 %- экв. Ионный состав воды, соответствует индексам  $S_{II}^{Na}$  для оз. Алаколь и  $S_I^{Na}$  – для оз. Жаланашколь.

В заключение отметим, что водоемы Алакольской впадины представляют собой сложную гидроэкологическую систему, где представлены различные по морфометрическим параметрам озера, обширные заболоченные массивы, множество рек и временных водотоков, ключей, а также оросительно-осушительные каналы и коллекторно-дренажная сеть, транспортирующая в озера загрязненные сельскохозяйственные стоки. Все это обуславливает формирование в озерах исключительно разнообразных по химическому составу вод. Ограниченность материала не позволяет пока углубленно анализировать ряд важнейших аспектов гидрохимии этой сложной водной системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алакольская впадина и ее озера.- Алматы.: Наука, 1965. - 309с.
2. Алекин О.А. Основы гидрохимии.- Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 442с.
3. Амиргалиев Н.А., Григорьева Э.Н. К характеристике химического состава воды озера Кошкарколь Алакольской системы озер // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана их использование.- Алма-Ата, 1972. - С.132-136.
4. Беремжанов Б.А., Снегирева Н.Е. Химическая характеристика озер и рек Алакольской впадины // Химия и химическая технология.- Алма-Ата, 1964. - С.38-44.
5. Григорьева Э.Н., Амиргалиев Н.А. Основные черты гидрохимического режима озера Сасыкколь Алакольской системы озер// Тезисы докладов конференции по вопросам рыбного хозяйства республик Средней Азии и Казахстана (Фрунзе, сентябрь 1968 г.). - Фрунзе, 1968. – С.44-45.
6. Засушливые зоны Казахстана.- Алматы.: Наука, 1966. – 233 с.
7. Коровин В.И., Курдин Р.Д. Уровенный режим Алакольских озер// Алакольская впадина и ее озера. - Алма-Ата, 1965. - С.122-140.
8. Курдин Р.Д., Шильниковская Л.С. Гидрохимический режим Алакольских озер // Алакольская впадина и ее озера.- Алма-Ата, 1965. – С.209-222.
9. Мордухович С.А., Омаров Т.Р. Краткая гидрохимическая характеристика озера Алаколь // Засушливые зоны Казахстана.- Алма-Ата, 1966. - С.182-186.
10. Некрашевич Н.Г. Материалы по ихтиологии Алакольских озер // Алакольская впадина и ее озера.- Алма-Ата, 1965. – С. 236-268.

11. Оценка состояния рыбных запасов водоемов Казахстана, разработать прогноз возможных уловов рыбы и производства товарной рыбы на 1993 год (промежуточный): Отчет о НИР КазНИИ рыбного хозяйства.- №ГР 01880047348. - Алма-Ата, 1992.
12. Проблемы гидроэкологической устойчивости в бассейне озера Балхаш.- Алматы: Каганат, 2003. - 584с.
13. Рациональное использование рыбных запасов в озерах Алакольской системы в условиях комплексного водопользования (заключительный): Отчет о НИР КазНИИ рыбного хозяйства. - № ГР 01860018358. - Алма-Ата, 1987.
14. Снегирева Н.Е. Химия поверхностных вод Сасык-Алакольского бассейна / Автореф. дисс...канд. хим. наук - Алма-Ата, 1970. -23с.
15. Трифонова Т.М. Климатическая характеристика Алакольской впадины // Алакольская впадина и ее озера. - Алма-Ата, 1965. - С.26-38.
16. Трифонова Т.М. Потери воды на испарение с поверхности озера Алаколь// Алакольская впадина и ее озера. - Алма-Ата, 1965. - С.172-181.
17. Фокина А.С. Высшая водная растительность и фитопланктон озер Алакольской системы / Автореф. дисс.... канд. биол. наук -Ашхабад, 1979. - 27с.
18. Филонец П.П. Морфометрия Алакольских озер // Алакольская впадина и ее озера. - Алма-Ата, 1965. - С.79-87.
19. Шарипова К.Ж., Лопарева Т.Я. Количественное развитие зоопланктона Алакольских озер и факторы его обуславливающие // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана (Мат.ХVIII научной конф. Ташкент, сентябрь 1983г.). - Ташкент, 1983. - С.145-146.

Научно-производственный центр рыбного хозяйства

#### **АЛАҚАЛ ОЙПАТЫ ҚАЛДЕРІНІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІ**

Геогр. ғылымд. докторы            Н.Е. Ємірғалиев

Геогр. ғылымд. канд.            Т.Я. Лопарева

Л.А. Гоголь

Ш.Ч. Қанағатова

*Мақалада Алақал ойпаты қалдерінің қыпжылдық гидрохимиялық қирсеткіштерінің мзгеру реті баяндалған. Судың химиялық к±рамына есер ететін негізгі табиғи және антропогендік к±былыстар анықталған.*