

УДК 543.3.31.32 + 628.1.113

Ш.А. Утепбаева ¹

А.А. Мукаатай ¹

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ
ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОЗЕРА АЛАКОЛЬ В
ПОЛНОВОДНЫЙ ПЕРИОД**

Ключевые слова: минерализация, биогенные соединения, перманганатная окисляемость, гидрохимический режим, газовый режим, загрязнение, органическое вещество

Представлены результаты исследования гидрохимического режима оз. Алаколь за 2017 г. Выявлены сезонные изменения ионно-солевого состава и минерализации, биогенных веществ и окисляемости воды. Полученные результаты гидрохимических показателей за 2017 г. анализировались относительно данных предыдущих лет.

На формирование химического состава водоема значительное влияние оказывает гидрологический режим, что в свою очередь зависит от физико-географических и климатических условий. В 2017 г. регистрировался повышенный уровень воды, что отражено на рис. 1. Данные об уровне воды получены от РГП «Казгидромет».

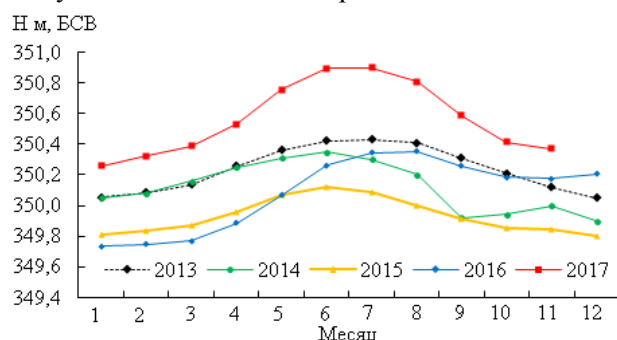


Рис. 1. Динамика уровня воды в оз. Алаколь за 5 лет (2013...2017 гг.) (данные взяты из отчета о НИР «Определение продуктивности рыбохозяйственных водоёмов и /или их участков, разработка биологических обоснований предельно-допустимых объемов изъятия рыбных ресурсов ... Балхаш-Алакольского бассейна». Раздел: Алакольская система озер –Алматы, 2017 – С. 13-15. – Отв. исполн. С.Ж. Асылбекова, О.К. Данько).

¹ КазНИИРХ, Казахстан

Авторы проанализировали динамику гидрохимических показателей по 4 основным рыбопромысловым районам оз. Алаколь (Северная часть, Западная, Восточная, Южная) [3, 4, 5].

Северная часть. Среднее значение температуры водной среды в начале и конце лета было в диапазоне 21,3...25,9 °С. Водородный показатель указывает на слабощелочную среду и колеблется от нейтральной до слабощелочной реакции (табл. 1).

Таблица 1
Гидрохимические показатели воды Северной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	рН	Биогенные элементы, мг/дм ³				Органическое вещество, мгО/дм ³	Кислород	
		НН ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄		мг/дм ³	%
май – июнь								
АС-2	8,3	0,01	0,013	0,1	0,19	4,0	6,13	73,2
АС-3	7,3	0,01	0,009	0,1	0,09	4,9	5,28	64,0
АС-6	8,2	0,04	0,002	0,2	0,01	7,8	6,92	81,0
июль – август								
АС-2	7,9	0,01	0,100	0,8	0,01	10,95	6,1	78,3
АС-3	7,1	0,06	0,003	0,2	0,80	11,75	5,65	65,4
АС-6	7,0	0,01	0,006	1,9	0,17	10,87	6,00	75,0

Прозрачность воды имела средние значения и амплитуду от 0,8 до 1,5 м. В конце лета наблюдается повышение окисляемости в 2 раза. По эколого-санитарным (трофо-сапробиологическим) показателям в начальный период вода относится ко 2, 3 классу, 2б, 3а разрядам, характеризуется как вполне чистая и достаточно чистая. К концу лета качество воды немного ухудшается и переходит к 4 классу, 4а разряду, становится умеренно загрязненной. Изменения показателей содержания растворенного кислорода и насыщения воды кислородом не наблюдаются. По ионно-солевому составу на протяжении лета отмечается изменение классов, групп и типов, в зависимости от содержания доминирующих ионов (табл. 2).

В начале лета районы станций АС-2 и АС-6 относятся к солоноватоводным, в которых доминирующим ионом является хлорид ион. Станция АС-3 по минерализации относится к пресным водам, где преобладающим ионом является гидрокарбонат. К концу лета регистрируется опреснение воды на станциях АС-2 и АС-3 за счет влияния притока пресных вод р. Урджар (50 % поверхностного притока в озеро), р. Эмель (27,4 %) и р. Бескопа [8]. По комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши Северная часть по степени минерализа-

ции меняется от β -олигогалинной (пресные) до α -мезогалинной (солончаковые) [2].

Таблица 2
Ионно-солевой состав и общая минерализация воды северной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	Главные ионы, мг/дм ³						Индекс по Алейкину	Общая минерализация, мг/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N + K	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
май – июнь								
АС-2	32	120	487	549	326	539	Cl _{III} ^{Na}	2054
АС-3	43	35	148	244	211	99	HCO _{3I} ^{Mg}	781
АС-6	14	184	738	793	461	851	Cl _{III} ^{Na}	3041
июль – август								
АС-2	208	53	8	244	77	2	HCO _{3III} ^{Ca}	593
АС-3	154	16	100	110	486	1	HCO _{3III} ^{Ca}	866
АС-6	53	332	614	1098	2152	1174	Cl _{III} ^{Mg}	5424

Западная часть. Температура воды изменялась в диапазоне 16,7...25,2 °С. Прозрачность воды в среднем составила 0,7 м. Величина рН воды в оба периода наблюдений определена как слабощелочная. На протяжении лета наблюдалось повышение концентрации азотных соединений в 3,5 раза, но показатели не превышают ПДК для рыбного хозяйства (табл. 3).

Таблица 3
Гидрохимические показатели воды западной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	рН	Биогенные элементы, мг/дм ³				Органическое вещество, мгО/дм ³	Кислород	
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄		мг/дм ³	%
май – июнь								
АД-2	8,2	0,02	0,003	0,1	0,16	5,6	7,76	87,8
А-4	8,0	0,01	0,001	0,2	0,11	7,4	8,24	86,5
А-6	8,4	0,03	0,002	0,1	0,24	4,8	8,7	87,6
июль – август								
АД-2	8,3	0,11	0,008	1,3	0,27	10,79	10,41	134,4
А-4	8,1	0,06	0,008	1,4	0,07	11,99	10,78	141,2
А-6	8,4	0,07	0,009	1,6	0,08	11,99	9,91	125,2

Концентрация ионов фосфата в начале и конце лета близки по значению. Содержание органического вещества по перманганатной окисляемости характеризуется повышением показателя в 2 раза к концу лета. К концу лета содержание растворенного кислорода и насыщаемость кислородом увеличивается незначительно по сравнению с начальным периодом лета. Минерализация воды по акватории повысилась незначительно. Наблюдается переход по типам индексов на станциях АД-2 и А-6 (табл. 4).

Таблица 4

Ионно-солевой состав и общая минерализация воды западной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	Главные ионы, мг/дм ³						Индекс по Алекину	Общая минерализация, мг/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N + K	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
май – июнь								
АД-2	13	336	1428	2135	653	1390	Cl _I ^{Na}	5954
А-4	12	291	713	1055	38	1241	Cl _{III} ^{Na}	3350
А-6	19	14	1753	878	1152	1198	Cl _I ^{Na}	5014
июль – август								
АД-2	43	314	830	1110	240	1347	Cl _{III} ^{Na}	5899
А-4	29	322	790	1122	173	1333	Cl _{III} ^{Na}	5160
А-6	80	296	850	1171	230	1361	Cl _{III} ^{Na}	5938

По минерализации воды, Западную часть следует отнести к солоноватым водам.

Восточная часть. В начале и конце лета температура водной среды, в зависимости от прогрева воздуха была в диапазоне 22,6...26,3 °С. Водородный показатель – слабощелочной (8,0...8,4), что указывает на содержание гидрокарбонатов магния и кальция (табл. 5).

Прозрачность воды в среднем 0,55 м. В конце лета отмечается повышение окисляемости в 2 раза. По эколого-санитарным (трофосапробиологическим) показателям в начале лета вода относится ко 2 классу, 2б разряду, характеризуется как вполне чистая [1]. К концу лета качество воды значительно ухудшается и переходит к 3 и 4 классам, 3б, 4а, 4б разрядам, т.е. к слабо загрязненной, умеренно загрязненной и сильно загрязненной.

Таблица 5
Гидрохимические показатели воды Восточной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	рН	Биогенные элементы, мг/дм ³				Органическое вещество, мгО/дм ³	Кислород	
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄		мг/дм ³	%
май – июнь								
АВ-2	8,7	0,02	0,002	0,1	0,07	5,4	5,95	72,0
АВ-4	8,2	0,02	0,001	0,1	0,08	5,4	6,41	77,1
АВ-6	8,3	0,02	0,001	0,1	0,07	4,8	4,92	59,9
июль – август								
АВ-2	8,3	0,01	0,007	1,4	0,20	16,87	5,21	66,5
АВ-4	8,6	0,06	0,007	1,1	0,22	11,67	6,26	77,7
АВ-6	5,6	0,07	0,007	1,4	0,26	9,83	5,65	71,6

Изменения содержания растворенного кислорода и насыщенности воды в начале и конце лета не наблюдаются. Величина водородного показателя остается неизменной, кроме станции АВ-6, что указывает на кислую реакцию водной среды и объясняется увеличением ионов гидрокарбоната, наличием диоксида углерода, серной и прочих органических кислот [6]. Минерализация воды повысилась в 2 раза, так как содержание всех главных ионов увеличилось. В воде восточной части перехода по классам и типам не регистрируется, а по группам наблюдается переход на двух станциях (АВ-2 и АВ-6) от натриевой группы к магниевой. В соответствии с классификацией по О.А. Алекину, воды Восточной части оз. Алаколь относятся к солоноватым водам (табл. 6).

Таблица 6
Ионно-солевой состав и общая минерализация воды восточной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	Главные ионы, мг/дм ³						Индекс по Алекину	Общая минерализация, мг/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N + K	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
май – июнь								
АВ-2	21	111	391	525	269	411	Cl _I ^{Na}	1727
АВ-4	22	190	648	671	422	851	Cl _{III} ^{Na}	2805
АВ-6	50	67	275	378	250	269	Cl _{III} ^{Na}	1289

Станция	Главные ионы, мг/дм ³						Индекс по Алейкину	Общая минерализация, мг/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N + K	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
	июль – август							
АВ-2	128	194	310	915	1383	618	Cl _{III} ^{Mg}	3548
АВ-4	107	183	359	878	1940	599	Cl _{III} ^{Mg}	4066
АВ-6	138	164	407	903	1960	656	Cl _{III} ^{Na}	4227

Южная часть. Температура водной среды в начале и конце лета были средние и имели амплитуду от 16,7 до 27,1 °С. Полученные значения температуры незначительно ниже, чем в Северной части, что связано с увеличением глубины озера (глубина от 40 до 50 м) [7]. Величина водородного показателя колеблется незначительно, указывая на слабощелочной характер исследуемой воды. В конце лета наблюдается повышение окисляемости в 2 раза. Наблюдается увеличение концентрации азотных соединений, что влияет на повышение окисляемости по перманганату. Тем самым повышается загрязненность водоема и увеличивается содержание органических веществ в воде. Содержание биогенных соединений находится в целом на уровне, достаточном для развития водной флоры, концентрация их по всем станциям не превышает уровня ПДК для рыбного хозяйства [9]. Величина водородного показателя остается неизменной (табл. 7).

Таблица 7
Гидрохимические показатели воды южной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	рН	Биогенные элементы, мг/дм ³				Органическое вещество, мгО/дм ³	Кислород	
		NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄		мг/дм ³	%
		май – июнь						
АЮ-2	8,4	0,04	0,003	0,1	0,18	5,4	7,89	89,1
АЮ-5	8,6	0,01	0,003	0,1	0,16	7,4	7,77	84,5
АЮ-6	8,3	0,01	0,001	0,1	0,25	5,5	6,87	79,6
		июль – август						
АЮ-2	8,3	0,09	0,009	1,90	0,12	11,59	7,3	94,5
АЮ-5	8,5	0,07	0,004	1,30	0,11	10,47	6,45	82,1
АЮ-6	8,3	0,06	0,006	2,80	0,08	11,35	6,28	81,1

Наблюдается незначительное увеличение минерализации на станциях АЮ-2 и АЮ-5. По доминирующим ионам группы и типы воды оста-

ются без изменения, за исключением станции АЮ-6, где идет переход от магниевой группы к натриевой. Согласно классификации А.О. Алекина по степени минерализации, Южную часть озера следует отнести к солоноватым водам (табл. 8).

Таблица 8

Ионно-солевой состав и общая минерализация воды Южной части оз. Алаколь, 2017 г.

Станция	Главные ионы, мг/дм ³						Индекс по Алекину	Общая минерализация, мг/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	N + K	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻		
май – июнь								
АЮ-2	11	301	1131	1037	653	1418	Cl _{III} ^{Na}	4551
АЮ-5	6	300	1093	1037	653	1418	Cl _{III} ^{Na}	4508
АЮ-6	11	343	1020	1025	730	1333	HCO _{3III} ^{Mg}	4461
июль – август								
АЮ-2	40	340	833	1232	217	1418	Cl _{III} ^{Na}	6034
АЮ-5	27	319	788	1122	194	1347	Cl _{III} ^{Na}	5431
АЮ-6	40	316	746	1135	157	1319	Cl _{III} ^{Na}	4976

Авторы провели анализ изменения перманганатной окисляемости воды за последние пять лет (2013...2017 гг.). В начальный период лета показатели перманганатной окисляемости близки по значению к средним многолетним. За рассматриваемый период самый высокий показатель за июль – август отмечался в 2017 г., а самый низкий в 2016 г. По трофосапробиологическим показателям вода оз. Алаколь в мае – июне относится к 3 классу и 3а разряду и характеризуется как достаточно чистая. К концу лета качество воды меняется и относится к 3 и 4 классам, 3а, 3б, 4а разрядам, т.е. вода достаточно чистая, слабо загрязненная и умеренно загрязненная. По значению окисляемости в 2017 г. видно, что наиболее высокая загрязненность органическими веществами (в конце лета) по сравнению со значениями предыдущих лет (рис. 2).

Помимо показателя окисляемости воды было проанализировано содержание биогенных веществ [9]. За исследуемые пять лет наблюдается высокие значения ионов нитрата и меньшие – ионов нитрита. Оптимальной активной реакцией водной среды для нитратных бактерии является рН от 7,0 до

9,3. Поэтому содержание ионов нитрата относительно других биогенных соединений сравнительно высокое. Самые высокие показатели по содержанию ионов фосфора наблюдаются в 2013 и 2017 гг. (рис. 3).

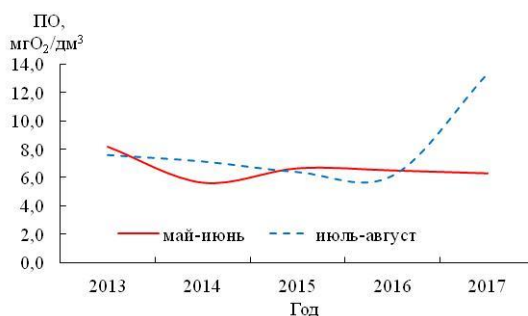


Рис. 2. Изменение перманганатной окисляемости (ПО) за 5 лет (2013...2017 гг.).

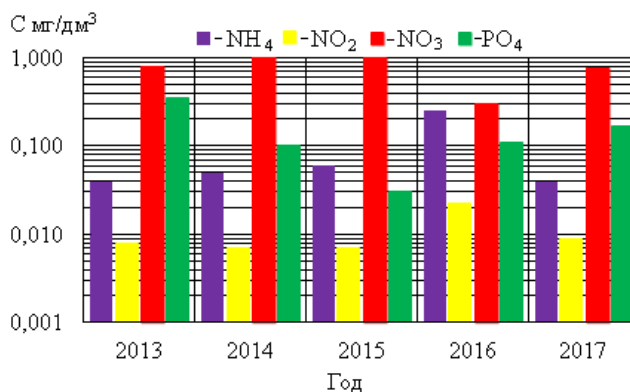


Рис. 3. Изменение биогенных веществ за 5 лет (2013...2017 гг.)

В 2017 г. на фоне увеличения ионов фосфата идёт снижение ионов нитрита и аммонийного азота. Также была проанализирована межгодовая изменчивость уровня минерализации озера за последние пять лет (2013...2017 гг.) по вышеуказанным районам (рис. 4).

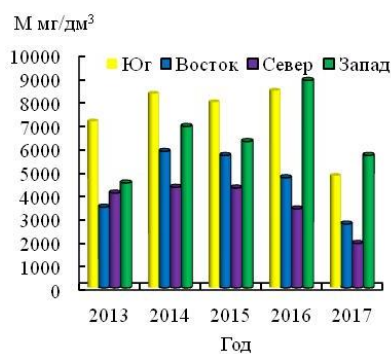


Рис. 4. Многолетняя динамика общей минерализации воды (2013...2017 гг.).

Для оз. Алаколь характерно значительное изменение минерализации по акватории, что обусловлено впадением в него ряда водотоков и наличием мелководных заливов со слабым водообменом [10]. Пространственно-временная неоднородность минерализации воды озера сохраняется при различном уровне режиме. Ионный состав воды оз. Алаколь характеризуется доминирующим положением ионов щелочных металлов и хлоридов, иногда частично гидрокарбонатов. Анализ показал значительное уменьшение минерализации воды в 2013 и 2017 гг. (из-за многоводности). Высокими показателями минерализации водной среды отличаются Южная и Восточная части озера, а самой низкой – Северный район.

Заключение. В связи с тем, что 2017 г. на оз. Алаколь оказался полноводным, регистрируются изменения гидрохимических показателей 4 основных рыбопромысловых районов.

В целом солоноватые части Алакольской системы озер характеризуются оптимальным для гидробионтов газовым режимом. Концентрация биогенных и органических веществ в воде не превышает уровня рыбохозяйственного ПДК. По степени минерализации основная часть оз. Алаколь относится к солоноватым водам, за исключением районов Северной части (станции АС-2, АС-3, Бескопа). Минерализация воды и ионный состав исследованных районов оз. Алаколь заметно меняется по акватории водоёма. В конце лета наблюдается её повышение почти в 2 раза по сравнению с начальным периодом лета, так как растворимость солей увеличивается с ростом температуры воды. За последние пять лет 2017 г. отмечен значительным снижением минерализации районов Северной, Восточной и Южной частей Алакольской системы озер. В Западной части степень минерализации, относительно других 3-х районов, остается стабильной. Показатели общей минерализации 2013 и 2017 гг. близки по значению, что связано с многоводным периодом водоема.

Во всех частях Алаколя в конце лета наблюдается повышение окисляемости в 2 раза, что можно объяснить присутствием в водах загрязняющих веществ органического и минерального происхождения. В Северной и Восточной частях озера содержание растворенного кислорода и насыщаемость кислородом близки по значению. Величина водородного показателя по всем районам остается неизменной. Согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши вода оз. Алаколь по О.П. Окснюк и В.Н. Жукинскому, относится к пресным и солоноватым водам, в пределах от α -олигогалинной до α -мезогалинной.

На основании проведенных исследований можно констатировать, что при современном гидрологическом режиме вода оз. Алаколь по своему составу пригодна для жизнедеятельности гидробионтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алекин О.А. Химия природных вод. –Л.: Гидрометеиздат, 1948. – 206 с.
2. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А.. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер. – Алматы: 2007. – 247 с.
3. ГОСТ 26449.1-85 «Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод». – С. 58-101
4. ГОСТ 26449.2-85 «Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа при опреснении соленых вод». – С. 103-124
5. ГОСТ 26449.3-85 «Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод и дистиллята на содержание газов». – С. 126-137
6. Государственный контроль качества воды. Справочник технического комитета по стандартизации. – М.: ИПК издательство стандартов, 2003. – С. 127-176.
7. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 114 с.
8. Окснюк О.П., Жукинский В.Н. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. – 1993. – Т. 29. – Вып. 4. – С. 62-76
9. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Ю.Ю. Лурье – М.: Химия, 1973. – 376 с.
10. Филоновец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана. – Семипалатинск: 1976 – 28 с.

Поступила 2.03.2018

Ш.А. Утепбаева
А.А. Мукатай

АЛАКӨЛ КӨЛІНІҢ СУЫ МОЛ КЕЗЕҢДЕГІ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТ БІРЛІГІНДЕ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ РЕЖИМІНІҢ ӨЗГЕРУІ

Түйін сөздер: минералдану, биогенді заттар, судың перманганат бойынша тотығуы, гидрохимиялық режим, газ режимі, ластану, органикалық зат

Мақалада 2017 жыл бойынша Алакөл көлінің гидрохимиялық режимін зерттеу нәтижелері келтірілген. Минералдануы, қоректік заттар құрамы мен судың перманганат бойынша тотығуы, ионды-тұзды құрамының өзгерістері деген сияқты гидрохимиялық көрсеткіштер қарастырылған. 2017 жыл бойынша алынған гидрохимиялық көрсеткіштердің нәтижелері өткен жылдардағы нәтижелермен нақты талдалынды.

Утепбаяева С.А., Мукатай А.А.

SPATIAL-TIME CHANGE OF THE HYDROCHEMICAL REGIME OF ALAKOL LAKES IN THE FULL-YEAR PERIOD

Key words: mineralization, biogenic compounds, permanganate oxidizability, hydrochemical regime, gas regime, pollution, organic matter

The results of a study of the hydrochemical regime of the Lake Alakol for 2017 y. are presented. Changes in hydrochemical parameters, such as mineralization, nutrient content and water oxidation, changes in ion-salt composition are revealed. The results of hydrochemical indicators for 2017 y. were analyzed in relation to the data of previous years.