

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

6 (426)

ҚАРАША – ЖЕЛТОҚСАН 2017 ж.
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 г.
NOVEMBER – DECEMBER 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА академигі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., академик (Қазақстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Қазақстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.К. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., академик (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д. э. н., профессор, академик НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., академик (Казахстан)
Агабеков В.Е. академик (Беларусь)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., академик (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.К. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожамметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., академик (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, academician of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., academician (Kazakhstan)
Agabekov V.Ye. academician (Belarus)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., academician (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.K. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., academician (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 6, Number 426 (2017), 139 – 149

S. M. Romanova¹, E. G. Krupa²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan,

²Institute of Zoology, Ministry of Education and Science, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sofya.Romanova@kaznu.kz.; elena_krupa@mail.ru

CONDITION OF CARBONATE-CALCIUM EQUILIBRIUM OF WATER IN LAKES OF STATE NATIONAL NATURAL PARK "KOLSAI KOLDERI"

Abstract. The carbonate system is an important system of chemical equilibria in natural waters, its state is determined by the direction and intensity of the chemical, physical-chemical, chemical, biological and other processes occurring in the lake, the river waters. Study of calcium-carbonate equilibrium is of great importance for practical purposes, as determined by the state of aggressive properties of water, it has the ability to destroy the carbonate rocks and concrete hydraulic structures. Based on the results of the experimental field and laboratory studies conducted hydrochemical calculations of the main components of carbonate-calcium equilibrium water Lakes State National Natural Park "Kolsai Kolderi" for summer 2015: CO_2 , H_2CO_3 , H^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} .

It was established that in summer 2015 free dissolved CO_2 content is in the range of 0.30-2.26 mg/dm^3 . The equilibrium concentration of CO_2 is much lower (0.002-0.46 mg/dm^3) than the amount of free dissolved carbon dioxide. For this reason, the calcium carbonate supersaturation water quantity is less than 1 (0.006-0.61), aggressive water contains carbon dioxide in an amount of 0.8-1.2 mg/dm^3 . Such aggressive concentration of carbon dioxide in accordance with existing standards (more than 15 mg/dm^3) is not harmful to concrete constructions based on Portland cement.

For all components of carbonate equilibrium tendency to their decrease with increasing altitude. The lowest concentrations of carbon dioxide, the product quantities activities Ca^{2+} and CO_3^{2-} , water supersaturation of calcium carbonate found in the lake below the pass Sarybulak having ultrafresh water (26.62 mg/dm^3), the minimum content of calcium ions (3.01 mg/dm^3) and bicarbonate ions (12.2 mg/dm^3). In addition, the water of the lakes has aggressive leaching, i.e. being able to dissolve the calcium carbonate in the concrete and wash unbound lime concrete body $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Keywords: natural waters, chemical composition, mineralization, calcium-carbonate equilibrium, the quantity of water supersaturation of calcium carbonate, aggressive carbon dioxide.

С. М. Романова¹, Е. Г. Крупа²

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби Комитета науки
Министерства образования и науки Республики Казахстан, Алматы, Казахстан,

²Институт зоологии Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан,
Алматы, Казахстан

СОСТОЯНИЕ КАРБОНАТНО-КАЛЬЦИЕВОГО РАВНОВЕСИЯ ВОДЫ ОЗЕР ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА "КӨЛСАЙ КӨЛДЕРІ"

Аннотация. Карбонатная система является важнейшей системой химических равновесий в природных водах. Ее состоянием определяется направленность и интенсивность химических, физико-химических, химико-биологических и других процессов, протекающих в озерных и речных водах. Карбонатно-кальциевое равновесие определяет агрессивные свойства воды, то есть способность разрушать карбонатные породы и бетон гидротехнических сооружений, в связи с чем его изучение имеет теоретическое и практическое значение. На основании результатов полевых и лабораторных гидрохимических исследований проведены расчеты основных компонентов карбонатно-кальциевого равновесия воды (CO_2 , H_2CO_3 , H^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+}) четырех озер государственного национального природного парка "Көлсай Көлдері". Установлено, что в летний период 2015 г. содержание свободной растворенной CO_2 в воде озер изменялось в пределах 0,30–2,26 мг/дм³. Равновесная концентрация CO_2 была значительно ниже (0,002–0,46 мг/дм³), чем содержание свободного растворенного диоксида углерода. Величина пересыщения воды карбонатом кальция не превышала единицы (0,006–0,61), что соответствовало содержанию агрессивного диоксида углерода в количестве 0,8–1,2 мг/дм³. Такая концентрация агрессивного диоксида углерода, согласно существующим нормам (больше 15 мг/дм³), не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе. Для всех компонентов карбонатного равновесия прослеживалась тенденция к их уменьшению при возрастании высоты расположения озера над уровнем моря. Самые низкие концентрации диоксида углерода, а также значения произведения активностей Ca^{2+} и CO_3^{2-} , пересыщения воды карбонатом кальция выявлены в озере Сарыбулак, имеющем ультрапресную воду (26,62 мг/дм³), минимальные содержания ионов кальция (3,01 мг/дм³) и гидрокарбонатных ионов (12,2 мг/дм³). Вода всех озер обладала выщелачивающей агрессивностью, т.е. способна растворять находящийся в бетоне карбонат кальция и вымывать из тела бетона несвязанную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Ключевые слова: природные воды, химический состав, минерализация, карбонатно-кальциевое равновесие, пересыщение воды карбонатом кальция, агрессивный диоксид углерода.

Введение. Кольсайские озера расположены в горах Кунгей Алатау (Юго-Восточный Казахстан) (рисунок 1). Озера Нижний, Средний и Верхний Кольсай находятся в еловом поясе на высотах 1829–2642 м. над ур.м. Река Кольсай, питающая озера, имеет протяженность 24 км и берет начало на северных и западных склонах Кунгей Алатау. Она относится к бассейну реки Шелек (правый приток р. Иле). Озера завального типа, с резким нарастанием глубин от берега. Площадь озер достигает 0,20–0,58 км², максимальная глубина – 30,0–36,6 м, прозрачность воды – 8,0–9,0 м. Озеро Сарыбулак расположено в субальпийском поясе на высоте 3170 м. Оно имеет площадь 0,02 км², при глубине 2,5 м и прозрачности воды до дна. Питание осуществляется за счет родниковых вод и атмосферных осадков.

В силу труднодоступности озера остаются весьма плохо изученными в гидрохимическом отношении. Подробная гидрохимическая и токсикологическая характеристика Кольсайских озер приведена в работе [1], однако сведений о состоянии карбонатно-кальциевого равновесия в их водах научной литературе нет. Данная работа направлена на восполнение этого пробела.

Состояние карбонатно-кальциевого равновесия представляет теоретический и практический интерес для гидрохимии, гидробиологии, геохимии, почвоведения, галургии и других наук, так как определяет направленность и интенсивность химических, физико-химических, химико-биологических процессов, протекающих в природных водах. Карбонатно-кальциевой системой в большинстве случаев обуславливаются такие процессы, как древнее и современное осадкообразование

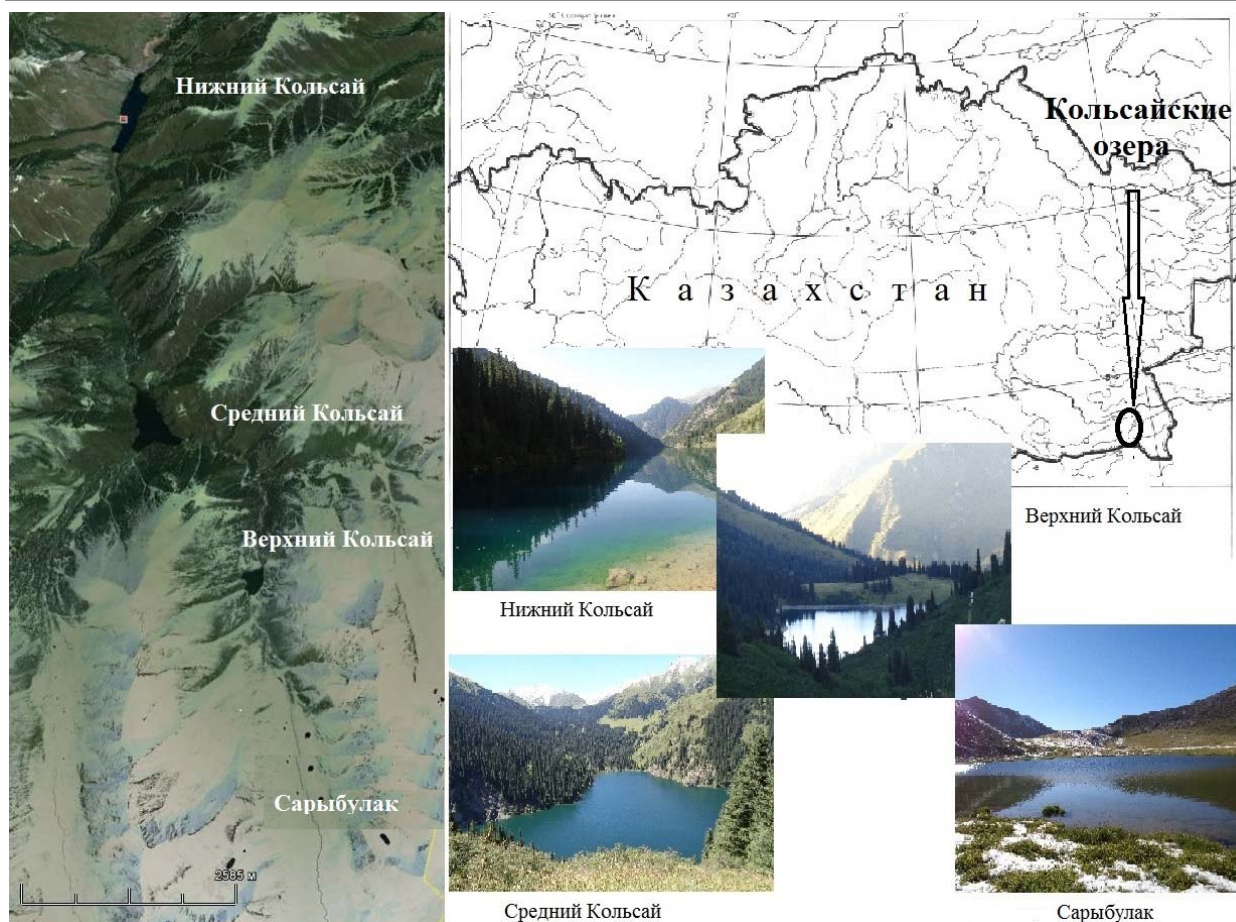


Рисунок 1 – Карта – схема расположения Кольсайских озер, август 2015 г.

Figure 1– Map – layout of Kolsai Lakes, August 2015.

(5% пород, образующих земную кору, составляют карбонатные породы [2]); сорбция образующимися кристаллами CaCO_3 микроэлементов, биогенных элементов и органических веществ [3, 4]; разрушающее действие воды на бетон [5]; образование накипи в системах технического и питьевого водоснабжения [6], а также в значительной степени интенсивность и направление биологических процессов в водоёмах [7]. Так, И. С. Захарченков [8] отмечает, что при слабой проточности водоёма воздействие зарослей макрофитов в процессе фотосинтеза на гидрокарбонатную систему может быть весьма велико. Например, в мелководных озерах Полесской низменности в зоне зарослей макрофитов летом значение рН достигает 9,2-9,8, а в чистых зонах – 8,2-8,6 [8]. При этом наблюдались отложения извести среди зарослей хары.

Наиболее крупные и разносторонние исследования в области изучения карбонатно-кальциевого равновесия в природных водах стран СНГ проведены О.А. Алекиным и Н.П. Моричевой [2, 9], М.В. Левченко [10], а в более ранний период – Н.М. Страховым с соавторами [11]. Исследования состояния карбонатно-кальциевого равновесия в речных водах Казахстана выполнены: для р. Урал – Н.А. Амиргалиевым [12], для рек Балхашского бассейна – М.А. Ибрагимовой [13], С.М. Романовой [14], для Сыр-Дарьинского бассейна – А.И. Ибрагимовым [15], для рек Северного склона Иле Алатау – С.М. Романовой [16], рек и водоемов Иртышского бассейна – В.Я. Пильгук [17].

Страхов Н.М., изучая *Иртышский бассейн* [11], пришел к выводу, что р. Иртыш образует естественную гидрохимическую группу с реками Енисей, Лена, Ока, Печора и имеет с ними общие черты карбонатного режима. Для рек этой группы характерны более низкие концентрации углекислородной соли по сравнению с реками волжской группы – Волгой, Доном, Днепром, Иле, Сыр-Дарьей. Постоянно наблюдаемое в течение года состояние недосыщения объясняется малой концентрацией карбонатных ионов, низкими годовыми температурами воды и обилием свободной CO_2 .

На основе более поздних комплексных физико-химических исследований рек и водоемов Иртышского бассейна В.Я.Пильгук [17] пришел к выводу, что полученные им показатели не следует рассматривать как абсолютные, поскольку входящие в равновесие углекислые соли и свободный диоксид углерода должны быть отнесены к числу наименее устойчивых составных частей воды, содержание которых непрерывно меняется не только в годичном цикле, но и в течение суток. Однако при всей вариабельности показателей карбонатной системы рек, пределы их изменчивости характерны для каждой отдельной реки, что дает возможность проводить сопоставление при условии использования для расчетов единых констант. Выявлено, что наибольшая изменчивость карбонатно-кальциевого равновесия свойственна малым рекам – притокам Иртыша. Среди притоков Иртышского бассейна имеются реки, вода которых ненасыщена CaCO_3 (Бухтарма, Ульба, Малая Ульба и др.), в других она имеет нормальное насыщение (река Уба). Большинство более мелких рек (Чар, Карасу, Кызылсу, Уланка, Песчанка, Аблайкеткен) вносят в Иртыш воду, значительно пересыщенную карбонатом кальция. Величина пересыщения $a\text{Ca}^{2+} \cdot a\text{CO}_3^{2-} / S_{\text{CaCO}_3}(t)$ воды этих отдельных притоков в летнее время года достигает 4,0-16,0, а весной 1,06-3,41. В то же время показана значительная общность карбонатной характеристики реки Иртыш с другими крупными артериями – реками Лена, Обь, Енисей, Яна, Индигирка, Северная Двина.

Отмеченные выше в общих чертах различия в состоянии равновесия в воде рек Иртышского бассейна обусловлены рядом причин, основными из которых являются различия в температурном режиме, химическом составе и минерализации. Последние определяются особенностями питания и режима рек, т.е. местными климатическими и литологическими факторами.

Обычно природные воды насыщены и пересыщены карбонатом кальция. Так, вода отдельных прудов засушливой зоны Приазовья пересыщена карбонатом кальция в 19 раз [18], озер Алаколь-Сасыкольского бассейна – 9 раз [19], озера Иссык-Куль – в 5 раз [20], Рыбинского водохранилища – в 58 раз [21].

Результаты расчетов, выполненных по единой методике для каждого гидрохимического района озера Балхаш за период 1956-1994 гг. [22-25] обработаны математически. Вода оз. Балхаш всегда сильно пересыщена карбонатом кальция, но зона карбонатообразования непостоянна, меняет свое положение и глубину распространения в зависимости от сдвига равновесия. Пересыщение растет в восточном направлении в летний период от 6,9 до 28,6 в 1985 г., от 12,8 до 32,7 в 1986 г., от 4,8 до 18,3 в разные сезоны 1987 г., от 3,8 до 14,7 в 1994 г. Снижение величины пересыщения воды карбонатом кальция в средний по водности 1987 г. и многоводные 1988 г. и 1994 г., по сравнению с маловодными 1985-1986 гг., было обусловлено более низкими значениями температуры воды, pH, концентраций Ca^{2+} , CO_3^{2-} , влияющими на смещение карбонатно-кальциевого равновесия.

Характер кривых зависимости произведения растворимости CaCO_3 (S/S_1) от минерализации, полученными за годы исследований, идентичен. Наибольшее пересыщение наблюдается в поверхностных слоях в период интенсивного фотосинтеза фитопланктона, способствующего уменьшению концентрации CO_2 и увеличению содержания CO_3^{2-} . В периоды состояния озера, близкого к гомотермии, разница в насыщенности CaCO_3 по вертикали выравнивается. Выявлена достаточно тесная связь между величиной S/S_1 и концентрацией HCO_3^- и CO_3^{2-} для наиболее характерных значений pH воды озера (от 8,3 до 9,2).

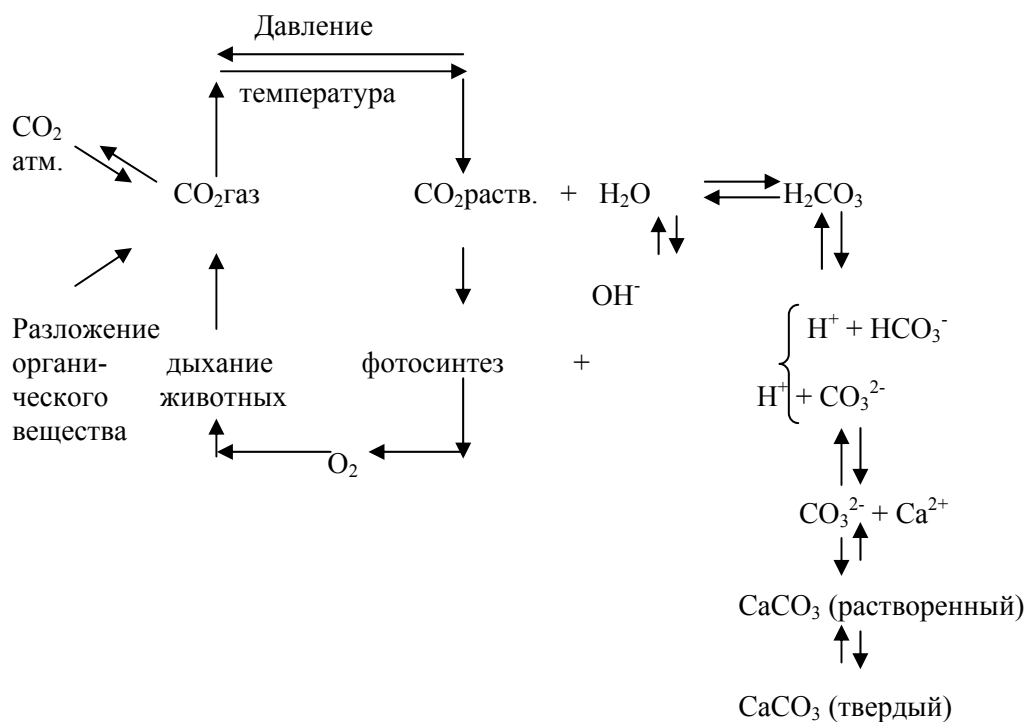
Реки северного склона Иле Алатау в 2009-2010 гг. имели воду, ненасыщенную карбонатом кальция [16]. Величина пересыщения (S/S_1) изменялась в среднем от 0,17 в р. Есик до 0,44 в р. Каскелен. Установлено наличие значительных колебаний основных компонентов карбонатного равновесного состояния в течение года в воде этих рек [16, 22]. Показано, что в речных водах содержание свободного CO_2 превышало его равновесную концентрацию в 1,3-39,2 раза. Это обуславливает образованию агрессивного диоксида углерода в количестве от $<1,0$ до $7,7 \text{ мг/дм}^3$. Такое обстоятельство весьма характерно для рек горного типа и связано с преобладанием в их питании снежно-ледниковой составляющей. В зимний период в результате образования ледяного покрова у береговой полосы, подо льдом происходит скопление свободного CO_2 , на фоне незначительного снижения величины pH и резкого понижения температуры. Все это способствует образованию вод, ненасыщенных карбонатом кальция. Согласно существующим нормам, такая вода не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе.

Таким образом, имея сведения по состоянию карбонатно-кальциевого равновесия в воде основных водных источников Казахстана, можно провести сопоставление с соответствующими данными по Кольсайским озерам, выявив общие черты и особенности поведения основных компонентов равновесия.

Материал и методы. Озера Государственного национального природного парка "Көлсай Көлдері" были обследованы в августе 2015 г. На каждом озере по сетке станций измеряли величину pH, электропроводность и температуру воды с помощью портативных влагонепроницаемых приборов марки Hanna HI 98129. Отбирали пробы воды для определения минерализации и ионного состава воды. Каждая проба состояла из субпроб, отобранных как минимум в трех различных частях водоема. Субпробы смешивались, и затем отбиралась одна интегрированная проба.

Гидрохимический анализ воды выполнен в лаборатории «Химия природных вод» КазНУ им. аль-Фараби после консервирования образцов соответствующими реагентами [26-28]. Применяли общепринятые методики выполнения измерений [27, 28]. В ходе анализа процент ошибок не превышал допустимых значений их погрешности. Все пробы воды анализировались минимум в трех – четырехкратной повторности.

Согласно современным представлениям [22], схема карбонатно-кальциевого равновесия имеет вид (рисунок 2).



Линия, соответствующая давлению, направлена по часовой стрелке, температуре – против часовой стрелки.

Рисунок 2 – Схема карбонатно-кальциевого равновесия [22]

Figure 2 – Chart of carbonate-calcium equilibrium

Основными компонентами равновесия являются CO_2 , H_2CO_3 , H^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} . Изменение концентрации любого из них неизбежно влечет изменение содержания других и сдвиг равновесного состояния. Нарушение определенного равновесного состояния, установление нового равновесия происходит за счет многих факторов (климат, характер почв, водного режима, солевого состава, содержания органических и биогенных веществ, металлов и др.). Основными условиями устойчивости карбонатной системы являются, во-первых, равновесие CO_2 , растворенной в воде, с CO_2 , находящейся над раствором, во-вторых, соответствие содержания ионов CO_3^{2-} и Ca^{2+} с величиной произведения активности при данных физических условиях и ионной силе раствора.

Для характеристики отклонений данной системы от устойчивого равновесия могут быть использованы две взаимосвязанные величины: содержание CO_2 , избыточное против равновесного, и степень насыщенности воды карбонатом кальция. Для характеристики отклонения CO_2 принята величина агрессивного диоксида углерода (часть избыточного против равновесного содержания CO_2 , способного вступить во взаимодействие с CaCO_3).

Основные компоненты равновесия в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное) находятся между собой в определенных количественных соотношениях. При уменьшении концентрации CO_2 , например, в процессе фотосинтеза или выделения в атмосферу, повышается значение pH, содержание ионов CO_3^{2-} и создаются условия для пересыщения воды карбонатом кальция. Все это способствует сдвигу равновесия в сторону образования и осаждения карбоната кальция. Напротив, избыточная равновесная CO_2 растворяет образующийся CaCO_3 , и ионы Ca^{2+} и HCO_3^- переходят в воду. В свою очередь CO_2 направляет процесс в обратную сторону. Таким образом, осаждение и растворение CaCO_3 представляет собой два непрерывно и одновременно протекающих разнонаправленных процесса. Кроме того, состояние карбонатно-кальциевого равновесия природных вод и процессы формирования их химического состава тесно взаимосвязаны.

Изучить состояние равновесия это значит:

- 1) определить концентрации отдельных компонентов, входящих в уравнение равновесия;
- 2) установить количественные соотношения между его компонентами;
- 3) рассмотреть возможность перехода одного компонента в другой;
- 4) выявить растворимость CaCO_3 ;
- 5) выявить возможность перехода компонентов в твердую фазу.

Методика определения компонентов карбонатно-кальциевого равновесия подробно изложена в руководстве [29]. Расчет компонентов карбонатно-кальциевого равновесия производили по методике и рекомендациям О. А. Алекина и Н. П. Моричевой [30] без учета образования ионных пар и комплексов.

Результаты и их обсуждение

Расположение Кольсайских озера на различных высотах (таблица 1) обуславливает низкие температуры воды, не превышающие 14°C . Величина показателя снижалась в направлении от верхнего к нижнему озеру. Вода во всех озерах щелочная, при величине pH от 8,4 до 9,4. Вода имела очень низкую минерализацию, с минимальной величиной показателя в оз. Сарыбулак.

Таблица 1 – Высота расположения над уровнем моря и координаты Кольсайских озер, август 2015 г.

Table 1 – The height of the location above sea level and coordinates of Kolsai Lakes, August 2015

Водоем	Высота над ур. м.	Координаты	
Кольсай Нижний	1829	42°58'53.38	078°19'21.23
Кольсай Средний	2242	42°56'21.2	078°19'33.1
Кольсай Верхний	2642	42°54'46.6	078°20'41.8
Сары-Булак	3170	42°51'28.3	078°20'24.5

Данные, характеризующие карбонатно-кальциевое равновесие в воде Кольсайских озер, приведены в таблицах 2 и 3. Относительно низкая температура и слабая минерализация воды создают благоприятные условия для растворения диоксида углерода. В период исследований содержание свободной растворенной CO_2 изменялось в пределах от 0,30 до 2,26 мг/дм³. В соответствии с проведенными расчетами, равновесная концентрация CO_2 была значительно ниже (0,002-0,46 мг/дм³), чем содержание свободной растворенной CO_2 . По этой причине величина пересыщения воды карбонатом кальция не превышала единицу (0,006-0,61). Вода содержала агрессивный диоксид углерода в количестве 0,8-1,2 мг/дм³, что, согласно существующим нормам (больше 15 мг/дм³), не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе. В настоящее время небольшая бетонная плотина есть только на Нижнем Кольсае, однако данные по состоянию карбонатно-кальциевого равновесия необходимо знать при возможном сооружении гидротехнических конструкций на других озерах.

Таблица 2– Показатели к расчету основных компонентов карбонатно-кальциевого равновесия в воде Кольсайских озер, август 2015 г.

Table 2– Indexes to the calculation of basic components of carbonate-calcium equilibrium in water of Kolsai Lakes, August 2015

Показатель	Нижний Кольсай	Средний Кольсай	Верхний Кольсай	Сарыбулак
t, °C	13,7	12,1	10,2	12,2
$\Sigma_{и}$, мг/л	123,9	116,04	102,19	26,62
$f(\text{Ca}^{2+})$	0,825	0,825	0,830	0,880
$f(\text{HCO}_3^-)$	0,950	0,950	0,950	0,975
$f(\text{CO}_3^{2-})$	0,800	0,800	0,820	0,880
РаН	8,21	7,79	8,26	7,90
$a\text{H} \cdot 10^{-8}$	0,62	1,22	0,55	1,26
μ	0,0025	0,0024	0,0020	0,0007
$K_1 \cdot 10^{-7}$	3,72	3,59	3,44	3,59
$K_2 \cdot 10^{-11}$	3,61	3,44	3,25	3,44
$S(\text{CaCO}_3) \cdot 10^{-9}$	5,42	5,50	5,70	5,50

Примечание: f – коэффициент активности иона; aH – активная концентрация ионов водорода; μ – ионная сила раствора (природной воды); K_1 , K_2 – первая и вторая константы диссоциации угольной кислоты при соответствующей температуре воды; $S(\text{CaCO}_3)$ – произведение растворимости карбоната кальция при соответствующей температуре воды.

Таблица 3 – Характеристика состояния карбонатно-кальциевого равновесия воды Кольсайских озер, август 2015 г.

Table 3 – Description of the state of carbonate-calcium equilibrium in water of Kolsai Lakes, August 2015

Показатель	Нижний Кольсай	Средний Кольсай	Верхний Кольсай	Сарыбулак
t, °C	13,7	12,1	10,2	12,2
$\Sigma_{и}$, мг/дм ³	123,9	116,04	102,19	26,62
Ca^{2+} , мг/дм ³	20,04	16,03	17,03	3,01
HCO_3^- , мг/дм ³	76,27	73,22	64,07	12,20
РаН	8,21	7,79	8,26	7,90
$a\text{H} \cdot 10^{-8}$	0,62	1,22	0,55	1,26
CO_2 своб., мг/дм ³	0,86	2,26	0,70	0,30
CO_2 равн., мг/дм ³	0,46	0,33	0,26	0,002
CO_2 агр., мг/дм ³	0,8	1,2	1,0	0,9
$\text{CO}_3^{2-} \cdot 10^{-6}$, моль/дм ³	10,10	3,99	7,00	0,60
$a\text{Ca}^{2+} \cdot a\text{CO}_3^{2-}$	3,33	1,05	2,02	0,035
S/S_t	0,61	0,19	0,35	0,006

Примечание: своб. – свободный; равн. – равновесный; агр. – агрессивный; S/S_t – величина пересыщения воды карбонатом кальция.

Абсолютные и расчетные значения всехкомпонентовкарбонатного равновесия снижались против градиента высоты.. Самые низкие концентрации диоксида углерода, значенияпроизведения активностей ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} , пересыщения воды карбонатом кальция выявлены в озере Сарыбулак, имеющем ультрапресную воду (26,62 мг/дм³), минимальное содержание ионов кальция (3,01 мг/дм³) и гидрокарбонатных ионов (12,2 мг/дм³).

Следует отметить тот факт, что в связи с относительно низкой концентрацией ионов HCO_3^- (меньше 2,0 ммоль/дм³ эквивалент), вода Кольсайских озер обладаетвыщелачивающей агрессивностью, т.е. способна растворять находящийся в бетоне карбонат кальция и вымывать из тела бетона несвязанную известь $\text{Ca}(\text{OH})_2$. По отношению к CaCO_3 вода Кольсайских озер ненасыщенна, особенно далека от насыщения вода озера Сарыбулак. Значение показателя насыщения здесь ($a\text{Ca}^{2+} \cdot a\text{CO}_3^{2-} / S(\text{CaCO}_3) = 0,006$).

Поскольку вода всех озер ненасыщенна карбонатом кальция, то в ней не создаются предпосылки для осаждения соли карбоната кальция из воды.

Сравнение с имеющимися литературными данными показало, что абсолютные и расчетные значения компонентов карбонатно-кальциевого равновесия в Кольсайских озерах были близки к таковым, полученным для пресных и ультрапресных вод верхних участков рек северного склона Иле Алатау и большинства горных притоков р. Иртыш (таблица 4). Содержание свободного диоксида углерода превышало его равновесную концентрацию, что приводит к состоянию недосыщения воды карбонатом кальция, наличия агрессивного диоксида углерода. В солоноватых и соленых бессточных озерах Балхаш и Иссыккуль создаются условия для сдвига равновесия в сторону образования твердой фазы в виде карбоната кальция и вода, наоборот, пересыщена карбонатом кальция, соответственно, в 3,8-32,7 и в 3-5 раз.

Таблица 4 – Величина пересыщения воды карбонатом кальция в реках северного склона Иле Алатау [16], притоках р. Иртыши Кольсайских озерах

Table 4 – The amount of calcium carbonate supersaturation of water in the rivers of northern slope of Ile Alatau [16], tributaries river Irtysh and lakes Kolsai

Объект	S/S _t		Объект	S/S _t	
	мин-макс	среднее		мин-макс	среднее
Киши Алматы	0,01-0,41	0,20	Ащибулак	0,001-0,86	0,33
Улькен Алматы	0,02-0,61	0,29	Есик	0,16-0,19	0,17
Есентай	0,01-0,53	0,29	Тургень	0,11-0,56	0,23
Мойка	0,09-0,41	0,26	Нижний Кольсай	–	0,61
Карасу	0,07-0,64	0,21	Средний Кольсай	–	0,19
Теренкара	0,02-0,73	0,25	Верхний Кольсай	–	0,35
Талгар	0,05-0,60	0,22	Сарыбулак	–	0,006
Каскелен	0,02-0,91	0,41	Правобережные притоки Иртыша: Уба, Ульба, Малая Ульба, Кальджир, Бухтарма, Курчум	0,12-0,58	0,35

На содержание в воде растворенного диоксида углерода влияет ряд факторов, главными из которых являются фотосинтез и разнообразные биохимические процессы, проходящие в воде и в донных отложениях. Источником CO₂ в озерах являются прежде всего процессы окисления органических веществ, сопровождающиеся выделением диоксида углерода. По нашим данным [1], содержание легкоокисляющихся органических веществ в воде Кольсайских озер находилось на невысоком уровне и достигало летом 2015 г. 1,20-2,14 мгО/дм³. Различные виды биохимического распада и окисления органических остатков, дыхание водных организмов сопровождаются выделением растворенной в воде CO₂. В водных экосистемах содержание CO₂ подвержено изменениям не только в течение годового цикла, сезона, но даже суток. Уменьшение диоксида углерода происходит при фотосинтезе. Углеводы, образованные в процессе фотосинтеза, снова окисляются в CO₂. Когда происходит полное потребление газообразного CO₂ при интенсивном фотосинтезе, он может быть выделен при сдвиге карбонатного равновесия из ионов HCO₃⁻ с образованием ионов CO₃²⁻.

Концентрация карбонатных ионов находится в обратной зависимости от концентрации ионов водорода или в прямой от величины рН. С увеличением содержания CO₃²⁻ ионов возрастает и величина рН воды. Уменьшение концентрации CO₂ в воде наблюдается также при выделении ее в атмосферу, а обмен между CO₂ атмосферы и CO₂ воды происходит непрерывно, т.е., наблюдается динамическое равновесие. В зависимости от соотношения процессов потребления CO₂ и выделения его, а также изменений температуры воды может происходить выделение и поглощение диоксида углерода. Указанные факторы в основном определяют сезонную динамику CO₂ и величины рН.

Выводы. Летом 2015 г. впервые исследовано состояние карбонатно-кальциевого равновесия в воде четырех горных Кольсайских озер. Показано, что вода всех озер была ненасыщена карбонатом кальция и содержала растворенный диоксид углерода в количестве, превышающим его

равновесные концентрации. При общих источниках питания и территориальной близости, различия химического состава вод Кольсайских озер, в том числе, элементов карбонатно-кальциевого равновесия, связаны с высотно-климатическими факторами. Выявлено снижение величины пересыщения воды карбонатом кальция в направлении от Нижнего Кольсае к озеру Сарыбулак, т.е., против высотного градиента. В Нижнем Кольсае этот показатель был равен 0,61, Среднем Кольсае – 0,19, Верхнем Кольсае – 0,35, воз. Сарыбулак – 0,006. Вода Кольсайских озер содержала агрессивный диоксид углерода в количестве, не представляющем опасности для бетонных сооружений на портландцементе, но при этом обладала выщелачивающей агрессивностью для бетона, содержащего известь. Полученные нами результаты необходимо учитывать при планировании гидротехнических конструкций на озерах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Крупа Е.Г., Романова С.М., Иментай А.К. Гидрохимическая и токсикологическая характеристика озер государственного национального природного парка «Көлсай көлдері» (Кунгей Алатау, юго-восточный Казахстан) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – Саранск, 2016. – № 1(1). – С. 2-10.
- [2] Алекин О.А., Моричева Н.П. Изменение насыщенности карбонатом кальция речной воды при смешении ее с морской водой // Гидрохимические материалы. – Л., 1961. – Т. 31. – С. 95-107.
- [3] Попова Т.П. О совместном осаждении некоторых микрокомпонентов природных вод с карбонатом кальция // Геохимия. – 1961. – Т. 12. – С. 14-21.
- [4] Романова С.М. Кинетика поглощения ионов тяжелых металлов неорганическими сорбентами // Вестник КазНУ. Сер. хим.: матер. межд. научн. конф. «Коллоиды и поверхности», посвящ. 70-летию К. Б. Мусабекова. – 2010. – № 3(59). – С. 398-403.
- [5] Словарь по гидрогеологии инженерной геологии / Составитель: А. А. Маккавеев, редактор О. К. Ланге. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 356 с.
- [6] Романова С.М. Бессточные водоемы Казахстана. – Т. 2: Качество воды: Учебное пособие. – Алматы: Казак университеті, 2012. – 165 с.
- [7] Хатчинсон Д. Лимнология. – М.: Прогресс, 1969. – 400 с.
- [8] Захарченков И.С. О влиянии макрофитов на гидрокарбонатную систему природных вод // Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии. – Минск: Изд-во Мин-ва высш., сред., спец. и проф. образ. – БССР, 1962.
- [9] Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 442 с.
- [10] Левченко В.М., Ешимбаев Д. Карбонатно-кальциевое равновесие в водоемах низовьев и дельты р. Амударья // Гидрохимические материалы. – Л.: Гидрометеоздат, 1969. – Т. 51.
- [11] Страхов Н.М., Бродская Н.Г., Князева Л.И. и др. Образование осадков в современных водоемах. – М.: Изд. АН СССР, 1954. – 791 с.
- [12] Амиргалиев Н.А. Гидрохимия канала Иртыш-Караганда. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 199 с.
- [13] Ибрагимов А.И. Физико-химическая характеристика воды рек бассейна оз. Балхаш: Автореф. ... дис. канд. хим. наук. – Алма-Ата: КазГУ, 1969. – 24 с.
- [14] Романова С.М. Гидрохимия и гидроэкология оросительных систем в бассейне Республики Казахстан (бассейн р. Или). – Алматы: ДООИВА «Братство», 2003. – 181 с.
- [15] Ибрагимов А.И. Физико-химическая характеристика воды р. Сыр-Дарья: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Алма-Ата: КазГУ, 1973. – 33 с.
- [16] Романова С.М. Исследование состояния карбонатно-кальциевого равновесия воды рек Северного склона Иле Алатау // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 1(60). – С. 111-118.
- [17] Пильгук В.Я. Физико-химия реки Иртыш в условиях создания водохранилищ: Дис. ... кандидата химических наук. – Алма-Ата, 1975. – 130 с.
- [18] Тарасов М.Н. О формировании ионного состава воды прудов Северо-Восточного Приазовья // Гидрохимические материалы. – 1956. – Т. 25. – С. 154-169.
- [19] Снегирева Н.Е. Химия поверхностных вод Сасык-Алакольского бассейна. – Алма-Ата, 1970. – 256 с.
- [20] Кадыров В.К. Гидрохимия озера Иссык-куль и его бассейна. – Фрунзе: Илим, 1986. – 212 с.
- [21] Воронков П.П. Некоторые особенности формирования ионного состава воды водохранилища в зоне избыточного увлажнения // Труды ГГИ. – 1951. – Вып. 33(87). – С. 37-45.
- [22] Романова С.М., Пономаренко О.И. Химические равновесия в природных водах: Уч. пособие. – Алматы: Казак ун-ті, 2015. – 180 с.
- [23] Тарасов М.Н. К вопросу об изучении карбонатообразования в замкнутых водоемах аридной зоны на примере оз. Балхаш // Гидрохимические материалы. – 1961. – Т. 31. – С. 78-87.
- [24] Романова С.М., Казангапова Н.Б. Озеро Балхаш – уникальная гидроэкологическая система. – Алматы, 2003. – 175 с.
- [25] Позднякова Г.В. Динамика солевых запасов и минерализации воды оз. Балхаш // Круговорот веществ и энергии в водоемах. – Иркутск, 1981. – Вып. 5. – С. 117-119.
- [26] Romanova S.M., Preisner L. The theoretical bases and methodology of researches of antropogenic transformation of hydrochemical regime of reservoirs of arid zones // Polish Journal of Environmental Studies. – 2011. – Vol. 20, N 4A. – P. 277-281.

[27] Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А. Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 541 с.

[28] Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: НПО «Альтернатива», 1995. – 618 с.

[29] Романова С.М., Кунанбаева Г.С. Карбонатно-кальциевое равновесие в природных водах: Методическое пособие для магистрантов по спецкурсу "Химия природных вод и солей Казахстана". – Алматы:Қазақ ун-ті, 2002. – 32 с.

[30] Алекин О.А., Моричева Н.П. Расчет характеристик карбонатного равновесия // В кн.: Современные методы анализа природных вод. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – С. 158-182.

REFERENCES

[1] Krupa E.G., Romanova S.M., Imentaj A.K. Gidrohimičeskajaitoksikologičeskajaharakteristikaozergosudarstvennogo nacionalnogoprirodnogoparka «Kølsáj-kølderí» (KungejAlatau, jugo-vostochnyjKazahstan).-*Nature Conservation Research. Zapednajanauka*.-Saransk, **2016**. - № 1 (1).-S.2-10. (inRuss.).

[2] Alekin O.A., Moricheva N.P. Izmenenienasyshhennostikarbonatomkalcijarečnojvodyprismesheniie s morskojvodoj // *Gidrohimičeskijematerialy*.-L., **1961**.- T.31.- S.95-107 (in Russ.).

[3] Popova T.P. O sovmeštnomosazhdeniinekotoryhmikrokomponentovprirodnihvod s karbonatomkalcija.- *Geohimija*.- Tom 12, **1961**.- S. 14-21. (in Russ.).

[4] Romanova S.M. Kinetikapogloshhenijaionovtjzhelyhmetallovneorganičeskimisorbentami.-*VestnikKazNU*. Ser. him.: mater. mezhd. nauchn. konf. «Kolloidyipoverhnosti», posvjashh.70-letiju K.B. Musabekova.– **2010**.- №3(59). - S.398-403 (in Russ.).

[5] Slovarpogidrogeologiiinžhenernojeologii. - М.: Gostoptehizdat. Sostavitel: A. A. Makkaveev, redaktor O. K. Lange. **1961**.- 356s. (in Russ.).

[6] Romanova S.M. Besstočnyevodoemy Kazahstana. Tom 2. Kachestvovody: učeбноeposobie.- Алматы: Қазақ университеті, **2012**.- 165s. (in Russ.).

[7] Hatchinson D. Limnologija.- М.: Progress, **1969**.- 400s. (in Russ.).

[8] Zaharchenkov I.S. O vlijaniimakrofitovnagidrokarbonatnujusistemuprirodnihvod // *Voprosy rybnogo hozjajstva Belorussii*. - Minsk: Izd-vo Min-vavyssh.,sred., spec. i prof. obraz. BSSR, **1962**. (in Russ.).

[9] Alekin O.A. Osnovygidrohimi.- L.:Gidrometeoizdat, **1970**.- 442s. (in Russ.).

[10] Levchenko V.M., Eshimbaev D. Karbonatno-kalcievoeravnovesie v vodoemahnizovevidel'ty r. Amudar'i // *Gidrohimičeskijematerialy*.- L.:Gidrometeoizdat, **1969**.- T. 51. (in Russ.).

[11] Strahov N.M., Brodskaja N.G., Knjazeva L.I. i dr. Obrazovanieosadkov v sovremennyhvodoemah.- М.: Izd. ANSSSR, **1954**.- 791 s. (in Russ.).

[12] Amirgaliev N.A. Gidrohimižakanala Irtysh-Karaganda. – L.: Gidrometeoizdat, **1981**. – 199 s. (in Russ.).

[13] Ibragimova M.A. Fiziko-himičeskajaharakteristikavodyrekbasejneoz.Balhash: avtoref. ... diss. kand. him. nauk. - Alma-Ata: KazGU, **1969**. – 24 s. (in Russ.).

[14] Romanova S.M. Gidrohimižajidrojekologijaorositelnyhsistem v bassejneRespublikiKazahstan (bassejnIli) - Алматы: DOIIVA «Bratstvo», **2003**. – 181 s. (in Russ.).

[15] Ibragimov A.I. Fiziko – himičeskajaharakteristikavody r. Syr – Dar'i. - avtoref. ... diss. kand. him. nauk. - Alma-Ata: KazGU, **1973**. – 33 s. (in Russ.).

[16]Romanova S.M. Issledovanieostožanijakarbonatno-kalcievoravnovesijavodyrekSevernogosklona Ile Alatau// *Gidrometeorologijajekologija*.-**2011**.- № 1(60).- S.111-118. (in Russ.).

[17] Pilguk V.Ja. Fiziko-himijareki Irtysh v uslovijahsozdanijavodohranilišh.-Dissertacija na soiskanieučenojstepeni kandidata himičeskikh nauk.- Alma-Ata, **1975**.- 130s. (in Russ.).

[18]TarasovM.N. OformirovaniionnosostavovodyprudovSevero-vostochnogopriazovja // *Gidrohimičeskijematerialy*, **1956**. - T.25. S.154-169. (in Russ.).

[19] Snegireva N.E. HimijapoverhnostnyhvodSasyk-Alakolskogobassejna. – Alma-Ata, **1970**. – 256 s. (in Russ.).

[20]Kadyrov V.K. GidrohimižaožeraIssyk-kuli ego bassejna.- Frunze: Ilim, **1986**.-212s. (in Russ.).

[21]Voronkov P.P. Nekotoryeosobnostiformirovanijaionnosostavovodyvodohranilišha v zone izbytočnogouvlazhnenija.- Trudy GGI, vyp.33(87), **1951**.- S.37-45. (in Russ.).

[22] Romanova S.M., Ponomarenko O.I. Himičeskieravnovesija v prirodnihvodah (uč.posobie).- Алматы: Қазақ ун-ті, **2015**.-180s. (in Russ.).

[23]Tarasov M.N. K voprosuobizučeniikarbonatoobrazovanija v zamknutyhvodoemaharidnojzonynaprimereoz.Balhash // *Gidrohimičeskijematerialy*.-**1961**.-T.31. -S.78-87. (in Russ.).

[24]Romanova S.M., Kazangapova N.B. OžeroBalhash - unikalnajagidrojekologičeskajasistema – Алматы, **2003**. – 175 s. (in Russ.).

[25]Pozdnjakova G.V. Dinamikasolevyhzapasovimineralizaciiivodyoz.Balhash // *Krugovorotvешhstvijenergii v vodoemah*. Irkutsk, **1981**.- Vyp.5. S.117-119. (in Russ.).

[26] RomanovaS.M., PreisnerL. The theoretical bases and methodology of reseaches of antropogenic transformation of hydrochemical regime of reservoirs of arid zones//*Polish Journal of Environmental Studies*.-**2011**.-Vol.20, No.4A.- P.277-281.(in Eng.).

[27] Rukovodstvopohimičeskomu analizupoverhnostnyhvod sushi/ Pod red. A.D. Semenova. Leningrad: Gidrometeoizdat, **1977**. - 541 s. (in Russ.).

[28] Fomin G.S. Voda. Kontrolhimičeskoj, bakteriálnojiradiacionnojbezopasnostipomezhdunarodnymstandartam. М.: NPO «Альтернатива», **1995**.-618 s. (in Russ.).

[29] Romanova S.M., Kunanbaeva G.S. Karbonatno-kalcievoeravnovesie v prirodnyh vodah. Metodicheskoe posobie dlja magistrantov pospeckursu "HimijaprirodnihvodisolejKazahstana". -Almaty:Қазақ un-ti, 2002. -32s. (in Russ.).

[30] Alekin O.A., Moricheva N.P. Raschetharakteristikkarbonatnogoravnovesija.-V kn. Sovremennyye metody analiza prirodnyhvod. - M.: Izd. AN SSSR, 1962. - S.158-182. (in Russ.).

С. М. Романова¹, Е. Г. Крупа²,

¹Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым Министрлігі Ғылым комитетінің
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым Министрлігі Ғылым комитетінің
ҚР ҒБМ зоология институты, Алматы, Қазақстан

"КӨЛСАЙ КӨЛДЕРІ" МЕМЛЕКЕТТІК ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ БАҒЫНДАҒЫ КӨЛ СУЫНЫҢ КАРБОНАТТЫ-КАЛЬЦИЙЛІ ТЕПЕ-ТЕҢДІК КҮЙІ

Аннотация. Карбонатты жүйе табиғи суларда химиялық тепе-теңдіктің маңызды жүйесі болып табылады. Оның күйімен көл және өзен суларында жүретін химиялық, физика-химиялық, химия-биологиялық және басқа процестердің бағыты және қарқындылығы анықталады. Карбонатты-кальцийлі тепе-теңдікті зерттеудің практикалық маңызы зор, себебі оның күйімен судың агрессивті қасиеттері, яғни карбонатты жыныстарды, сонымен қатар гидротехникалық құрылыстардың бетонын бүлдіру қабілеттілігі анықталады. Қазіргі уақытта шағын бетон бөгеті тек Төменгі Көлсайда ғана бар, дегенмен болашақта басқа көлдерде де гидротехникалық құрылыстар салуда карбонатты-кальцийлі тепе-теңдік күйі туралы мәліметтерді білу қажет.

Далалық және зертханалық гидрохимиялық зерттеулердің нәтижелері негізінде «Көлсай Көлдері» мемлекеттік ұлттық табиғи бағындағы төрт көлдің суының карбонатты-кальцийлі тепе-теңдігінің негізгі компоненттеріне (CO_2 , H_2CO_3 , H^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+}) есептеулер жүргізілді.

2015 жылдың жазғы мезгілінде бос еріген CO_2 мөлшері $0,30\text{-}2,26$ мг/дм³ шегінде ауытқитындығы анықталды. CO_2 -нің тепе-теңдік концентрациясы бос еріген көміртек диоксидінің мөлшеріне қарағанда біршама аз ($0,002\text{-}0,46$ мг/дм³). Сол себепті судың кальций карбонатымен аса қанығу мәні бірден аз ($0,006\text{-}0,61$), судың құрамындағы жемір көміртек диоксидінің мөлшері $0,8\text{-}1,2$ мг/дм³. Қолданыстағы нормаларға сәйкес (15 мг/дм³ көп) жемір көміртек диоксидінің мұндай концентрациясы портландцементтен жасалған бетонды құрылыстар үшін қауіптілік туғызбайды.

Карбонатты тепе-теңдіктің барлық компоненттері үшін теңіз деңгейінде биіктіктің артуымен олардың азаюының төмендеу үрдісі байқалады. Көміртек диоксиді концентрациясының ең төменгі мәндері, Ca^{2+} мен CO_3^{2-} белсенділігі туындыларының шамасы, судың кальций карбонатымен аса қанығуы Сарыбұлақ көлінде анықталды, оның суы ультрапресті ($26,62$ мг/дм³), кальций иондары ($3,01$ мг/дм³) мен гидрокарбонат иондарының ($12,2$ мг/дм³) мөлшері аз. Одан басқа, барлық көлдердің суы сілтісіздендіру агрессивтілікке ие, яғни бетондағы кальций карбонатын еріте алады және бетонға байланыспаған ізбесті $\text{Ca}(\text{OH})_2$ шая алады.

Түйін сөздер: табиғи сулар, химиялық құрам, минералдану, карбонатты-кальцийлі тепе-теңдік, судың кальций карбонатымен асақанығу шамасы, жемір көміртек диоксиді.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 08.12.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 6.