

УДК 546.212; 556.531

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КАРБОНАТНО-КАЛЬЦИЕВОГО РАВНОВЕСИЯ ВОДЫ РЕК СЕВЕРНОГО СКЛОНА ИЛЕ АЛАТАУ

Доктор геогр. наук С.М. Романова

Дана характеристика основных компонентов карбонатно-кальциевого равновесия в водах рек Северного Склона Иле Алатау.

Из числа равновесий, которые устанавливаются в природных водах, важнейшим является карбонатно-кальциевое, основными компонентами которого являются: CO_2 , H_2CO_3 , ионы HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} и H^+ .

Карбонатная система в водоёмах и водотоках имеет исключительное значение для протекающих в них физико-химических, биологических и других процессов. Состоянием карбонатно-кальциевого равновесия определяются условия растворения или осаждения карбонатов, в частности, карбоната кальция. Изучение равновесия имеет большое значение для практических целей, например, для характеристики воздействия воды на строительные сооружения из бетона.

Довольно сложным является вопрос о том, как достигается равновесие между указанными компонентами. Большая часть CO_2 находится в воде в виде молекул растворённого газа и только около 1 % реагирует с водой, образуя угольную кислоту. При растворении солей угольной кислоты, происходящем под действием CO_2 , в воде появляются ионы CO_3^{2-} и HCO_3^- .

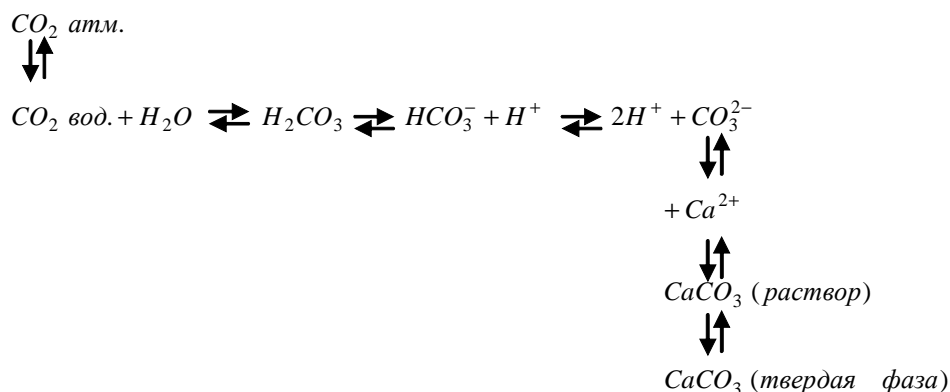
От количественных соотношений между HCO_3^- , CO_3^{2-} и CO_2 зависит концентрация водородных ионов. Содержание карбонатных ионов в воде лимитируется содержанием ионов Ca^{2+} , образующих с ионами CO_3^{2-} труднорастворимый осадок $CaCO_3$, растворимость которого определяется произведением активностей входящих в состав соли ионов.

Другим важным компонентом карбонатно-кальциевого равновесия, влияющим на его состояние, является диоксид углерода. Изменение содержания CO_2 в воде вызывает сдвиг равновесия в ту или иную сторону. Таким образом, карбонатно-кальциевая система включает ряд равновесий, составляющих общее подвижное равновесие. Каждое из отдельных равновесий с количественной стороны характеризуется соответствующей

константой, определяющей соотношение между концентрациями компонентов при данных условиях.

Изменение в одной части общего равновесия вызывает соответствующее изменение во всей цепи. Например, увеличение в воде CO_2 понижает значение pH, уменьшает содержание CO_3^{2-} , поэтому вода становится ненасыщенной карбонатом кальция. В присутствии избытка CO_2 в раствор переходят ионы HCO_3^- и CO_3^{2-} до установления нового равновесия между этими ионами, а также между CO_3^{2-} и Ca^{2+} . Наоборот, при уменьшении концентрации CO_2 повышается значение pH и содержание CO_3^{2-} и создаётся пересыщение воды $CaCO_3$, которое способствует выделению последнего в осадок.

Схема равновесия:



Для изучения состояния равновесия необходимо, прежде всего:

- определить концентрации отдельных компонентов, входящих в уравнение равновесия;
- установить количественные соотношения между его компонентами;
- рассмотреть возможность перехода одного компонента в другой.

Затем выявить растворимость карбоната кальция и, наконец, исследовать возможность перехода компонентов в твёрдую фазу.

Карбонатная система обладает определенной устойчивостью. Основными условиями ее устойчивости являются, во-первых, равновесие CO_2 , растворённой в воде с CO_2 , находящейся над раствором (примером служит газированная вода), во-вторых, соответствие содержания ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} с величиной произведения активностей этих ионов ($SCaCO_3$) при данных физических условиях и ионной силе раствора.

Факторы, определяющие как первое, так и второе условие, в природе изменчивы, поэтому легко в природе создаются условия для сдвига равновесия в ту или иную сторону.

Для характеристики отклонения данной системы от устойчивого равновесия могут быть использованы две величины:

1. Содержание CO_2 избыточное против равновесного.

Для характеристики отклонения CO_2 избыточной против равновесной принята величина так называемая агрессивная CO_2 , получившая широкое применение в технике.

2. Степень насыщенности воды карбонатом кальция.

Для характеристики насыщенности воды $CaCO_3$ используется отношение из произведения активностей ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} , найденных анализом (при данной температуре и ионной силе) к произведению растворимости $CaCO_3$ (справочные данные) при данной температуре. Методика определения компонентов карбонатно-кальциевого равновесия подробно изложена в руководстве [1]. Расчет компонентов карбонатно-кальциевого равновесия производили по методике и рекомендациям О.А. Алекина и Н.П. Моричевой [2], С.М. Романовой [3] без учета образования ионных пар и комплексов.

Систематическое исследование карбонатно-кальциевого равновесия воды рек Северного склона Иле Алатау (далее ССИА): Есик, Тургень, Талгар, Каскелен – притоков р. Или) было проведено в период 1959...1967 гг. М.А Ибрагимовой [4]. После этого периода изучение состояния данного равновесия в воде рек ССИА, к сожалению, не проводилось. В связи с вышеизложенным, нами изучено состояние равновесия в воде рек ССИА в различные сезоны 2009 года, а в воде рек Киши Алматы, Улькен Алматы, Есентай по течению (рис. 1...8).

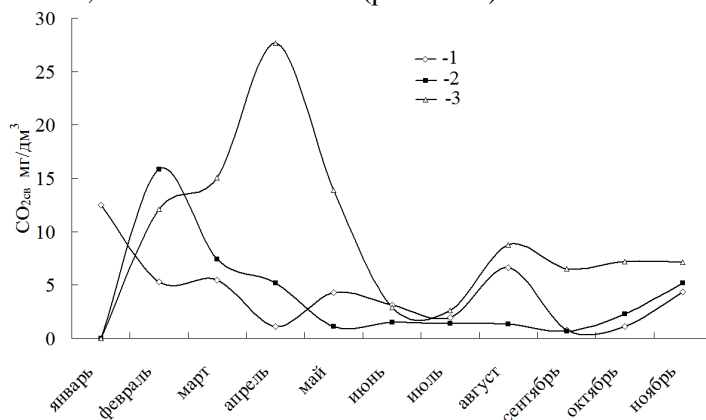


Рис. 1. Изменение содержания свободного диоксида углерода в воде р. Киши Алматы в 2009 г. 1 – верховье, 2 – пр. Рыскулова, 3 – ист. Альмерек.

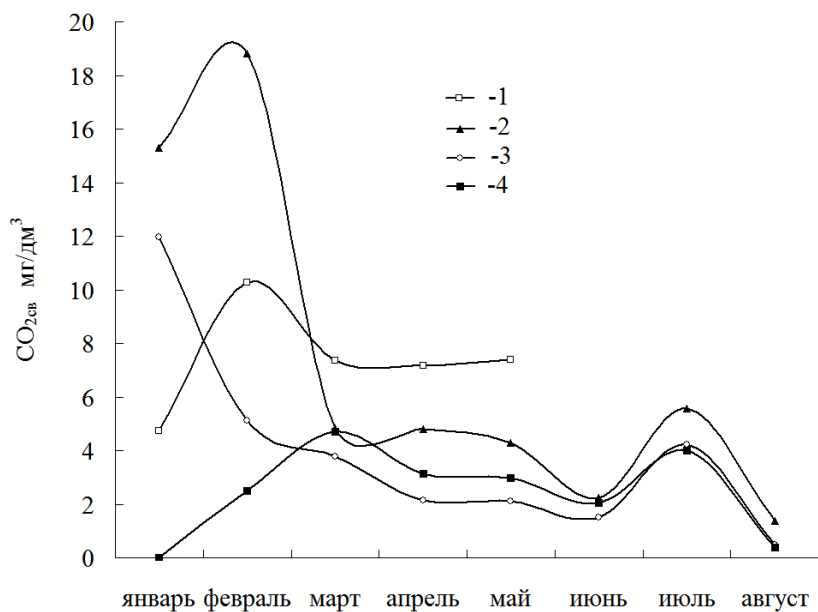


Рис. 2. Изменение содержания свободного диоксида углерода в воде р. Улкен Алматы и р. Есентай в 2009 г. 1 – р. Есентай, ул. Толе би, 2 – р. Есентай, м-н Айнабулак, 3 – р. Улкен Алматы, м-н Орбита, 4 – р. Улкен Алматы, с. Баралдай.

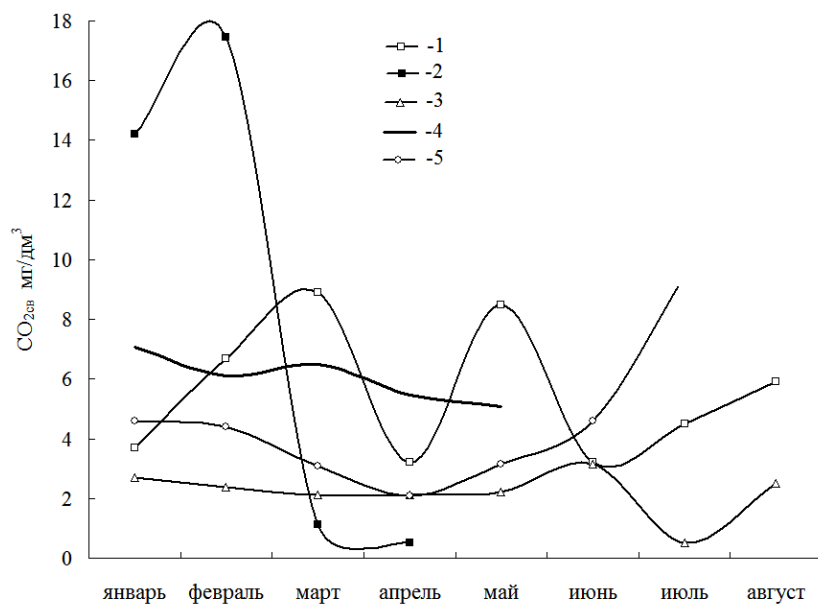


Рис. 3. Изменение содержания свободного диоксида углерода в воде рек 1 – Талгар; 2 – Каскелен, верховье; 3 – Каскелен, низовье; 4 – Есик; 5 – Тургень в 2009 г.

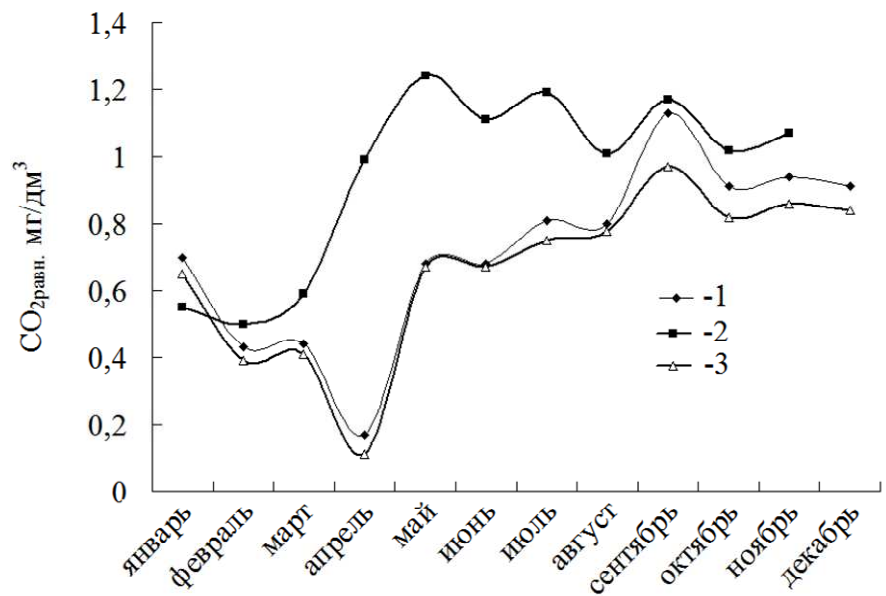


Рис. 4. Изменение содержания равновесного диоксида углерода в воде рек 1 – Мойка, 2 – Теренкара, 3 – Карасу в 2009 г.

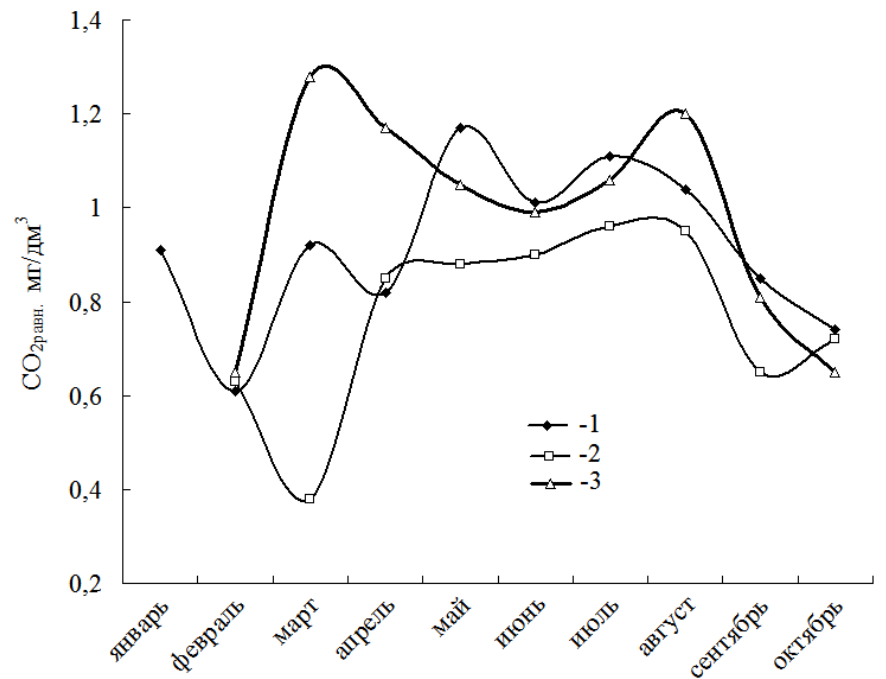


Рис. 5. Изменение содержания равновесного диоксида углерода в воде р. Кishi Алматы в 2009 г. 1 – верховье, 2 – пр. Рыскулова, 3 – ист. Альмерек.

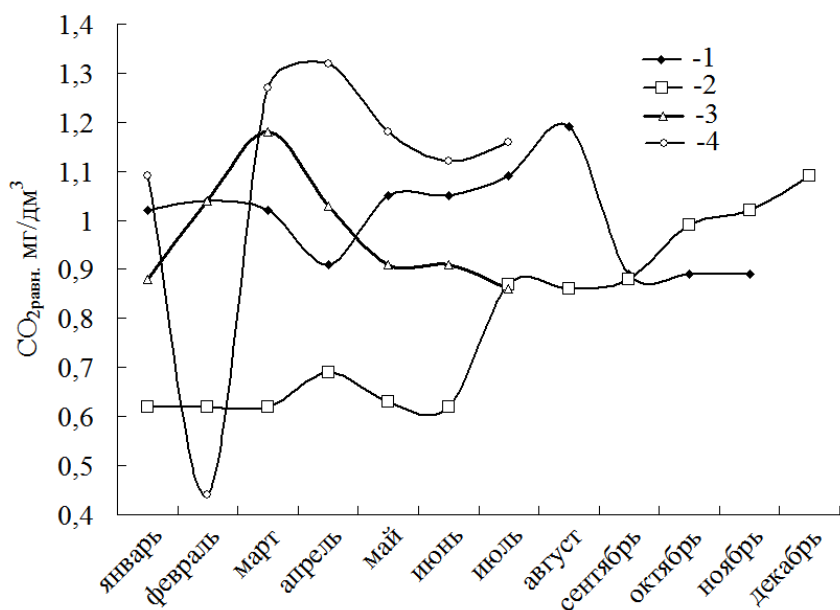


Рис. 6. Изменение содержания равновесного диоксида углерода в воде рек
1 – Ацыбулак; 2 – Талгар; 3 – Улькен Алматы, верховье; 4 – Улькен Алматы, низовье в 2009 г.

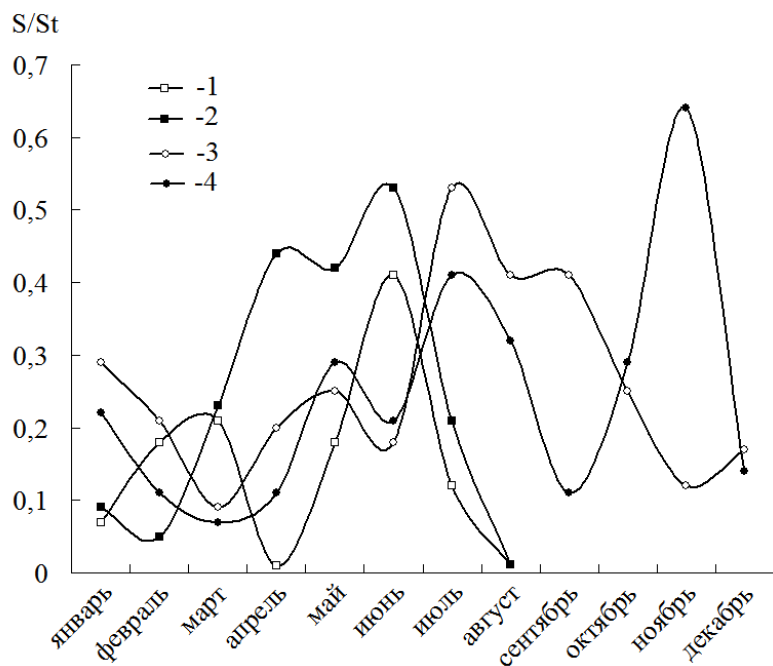


Рис. 7. Изменение величины пересыщения воды карбонатом кальция рек
1 – Киши Алматы, верховье; 2 – Есентай, м-н Айнабулак; 3 – Мойка, 4 – Карасу в 2009 г.

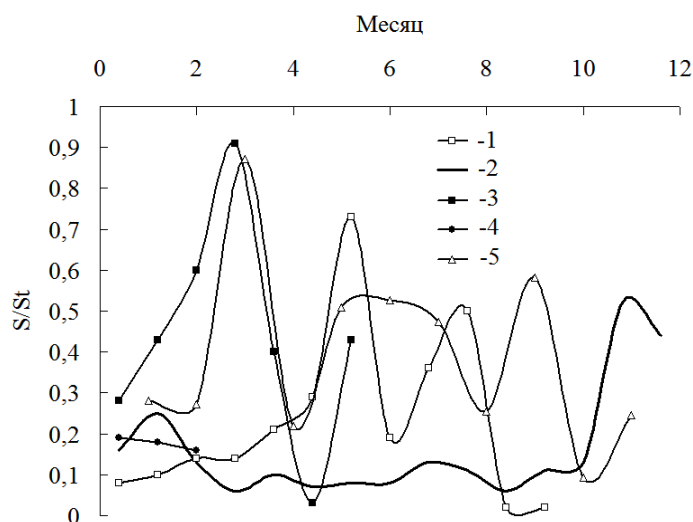


Рис. 8. Изменение величины пересыщения воды карбонатом кальция рек. 1 – Теренкара; 2 – Талгар; 3 – Каскелен, низовье; 4 – Есик; 5 – Ащыбулак в 2009 г.

Установлено наличие значительных колебаний основных компонентов карбонатного равновесного состояния в течение года. 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.

Все реки имеют воду ненасыщенную карбонатом кальция, величина пересыщения (S/St) колеблется в пределах: для р. Киши Алматы (0,01...0,41, среднегодовое значение 0,20); р. Улькен Алматы (0,02...0,64, среднегодовое значение 0,29), р. Есентай (0,01...0,53, среднегодовое 0,29), р. Мойка (0,09...0,41, среднегодовое значение 0,26), р. Карасу (0,07...0,64, среднегодовое значение 0,24), р. Теренкара (0,02...0,73, среднегодовое значение 0,25), р. Талгар (0,05...0,60, среднегодовое значение 0,22), р. Каскелен (0,02...0,91, среднегодовое значение 0,44), р. Ащыбулак (0,001...0,86, сред-

негодовое значение 0,33), р. Есик (0,16...0,19, среднегодовое значение 0,17), р. Тургень (0,11...0,56, среднегодовое значение 0,23).

В воде всех рек содержание свободной CO_2 превышает ее равновесную концентрацию в 1,3...39,2 раза. В связи с этим вода рек содержит агрессивную CO_2 в количестве от <1 до 7,7 мг/дм³. Это обстоятельство весьма характерно для рек горного типа и связано с преобладанием в общем питании рек снежно-ледниковой составляющей.

В зимний период в результате образования ледяного покрова у береговой полосы, подо льдом происходит скопление свободной CO_2 , незначительное снижение величины рН, резкое уменьшение температуры. Все это способствует образованию вод, ненасыщенных карбонатом кальция. Согласно существующим нормам такая вода не представляет опасности для бетонных сооружений на портландцементе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Семенова). – Л.: Гидрометеиздат, 1977 – 541 с.
2. Моричева Н.П., Алекин О.А. Временная инструкция по определению рН, CO_2 свободной, равновесной, агрессивной. – М.: Наука, 1965. – 18 с.
3. Романова С.М., Кунанбаева Г.С. Карбонатно-кальциевое равновесие природных вод (методическое пособие). – Алматы: Казак университеті, 2001. – 32 с.
4. Ибрагимова М.А. Физико-химическая характеристика воды рек бассейна оз. Балхаш: Афтореф. ... дисс. канд. хим. наук / Каз ГУ им. С.М. Кирова. – Алма-Ата, 1969. – 24 с.

КазНУ им. аль Фараби

ІЛЕ АЛАТАУЫНЫҢ СОЛТҮСТІК БЕТКЕЙІНДЕГІ ӨЗЕН СУЛАРЫНЫҢ КАРБОНАТТЫ-КАЛЬЦИЙЛІ ТЕПЕ-ТЕҢДІК ЖАҒДАЙЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

Геогр. ғылымд. докторы С.М. Романова

Мақалада табиғи сулардың маңызды негізгі компоненттері болып табылатын Іле Алатауының Солтүстік беткейіндегі өзен суларының карбонатты-кальцийлі тепе-теңдік жағдайларының сипаттамалары берілген.