

# ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМЫ «СОЛЕННЫЕ ВОДЫ-ДОННЫЕ ОСАДКИ» В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

Пшеникова Н.А., Бычинский В.А.

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск,  
e-mail: pshennikova@igc.irk.ru

Наилучший путь к пониманию эволюции озер – это междисциплинарный подход к их изучению. Соленые озера подобны океанам, только меньших размеров, что делает их более уязвимыми к внешним воздействиям, включая климатические изменения. Но это, в свою очередь, играет положительную роль в их изучении. За непродолжительный период существования озер можно наблюдать всю историю развития озера, самые разнообразные процессы, изменяющие и состав озерных вод, и состав донных осадков.

Озера существуют неравномерно. Особенно много встречаются в северной части, к югу – реже. Встречаются озера на любых высотах, бывают любых размеров. Объектом наших исследований являются озера Баргузинской впадины. Баргузинская впадина отделена от Байкальской котловины Баргузинским хребтом, с юго-востока – Икатским хребтом, на юго-западе – Шаманским, а на северо-востоке – соединением Баргузинского, Икатского, Северо- и Южно-Муйского хребтов, расположена в республике Бурятия между  $53^{\circ}27'$  и  $54^{\circ}52'$  с.ш.,  $109^{\circ}41'$  и  $111^{\circ}00'$  в.д. Впадина входит в бассейн реки Баргузин. На ее территории насчитывается более 1000 озер. Озера Баргузинской долины отличаются довольно большим разнообразием по химическому составу воды – пресные, содовые и соленые [Замана, 1979; 1988].

Основная задача данной работы – определить с помощью физико-химической модели, как влияют сезонные периоды (зима-лето) на изменение состава вод и минералогии донных отложений соленых озер Баргузинской впадины на примере озера Большое Алгинское [Исаев, 2006; Обожин и др., 1984; Склярова, 2004]. Расчет равновесного состава вод и донных отложений соленых озер выполнен с помощью программного комплекса «Селектор» [Карпов и др., 2001]. Результаты термодинамического моделирования гидрогеохимических процессов позволят дать корректное объяснение эволюции озер Баргузинской долины, что и является научной задачей нашей работы.

Для решения поставленной задачи сформирована динамическая модель, представленная тремя взаимодействующими системами – резервуарами (рис. 1).

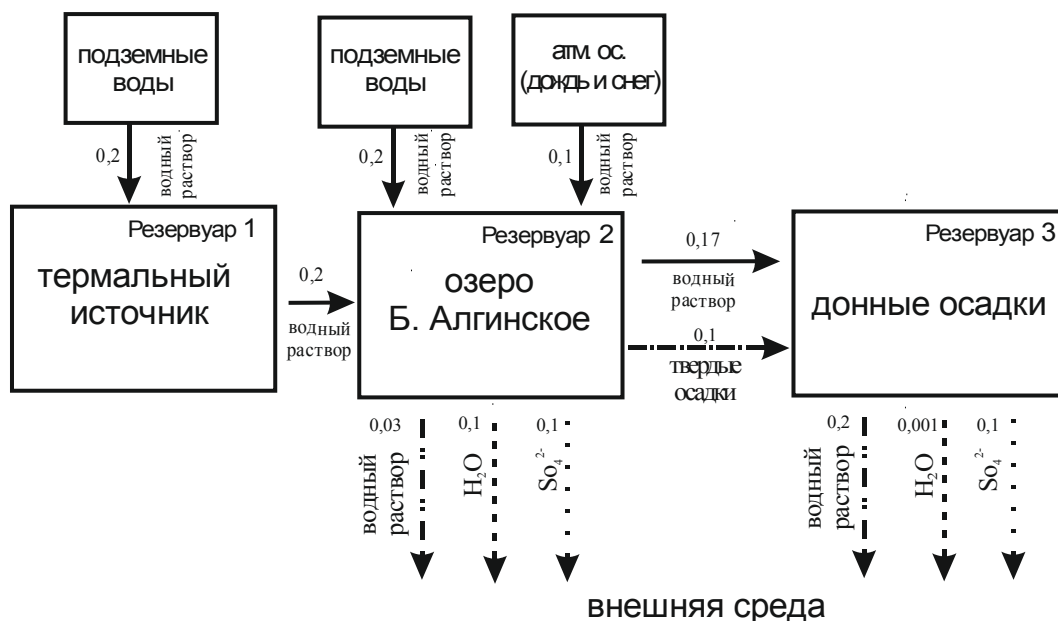


Рис. 1. Блок-схема физико-химической модели «подземные воды – соленые озера» (цифрами показана массовая доля фазы)

Первый резервуар – это источник подземных вод, питающий второй резервуар – озеро Большое Алгинское. Из второго резервуара озерные воды, поступают в третий резервуар – донные отложения, насыщенные поровыми водами.

В первый резервуар на каждом этапе времени из внешней среды поступает заданное количество подземных вод. Количество поступающей воды определяется величиной стока во второй резервуар для того, чтобы общая масса и химический состав первого резервуара на всех этапах моделирования оставались постоянными. Во второй резервуар, дополнительно к растворам термального источника (первого резервуара), поступают подземные воды и атмосферные осадки. Количество атмосферных осадков определялось на основе региональных метеорологических данных. А количество подземных вод задано так, чтобы компенсировать сток в третий резервуар и испарение. Из второго резервуара во внешнюю среду, согласно сезонно-климатическим условиям, выносятся заданные количества растворенных веществ,  $H_2O$  в виде пара, сульфатов в виде растворенного  $SO_4^{2-}$  и минеральных фаз в виде твердого осадка. В третий резервуар поступают озерные воды из второго резервуара, которые частично захораниваются в донных отложениях, а частично поступают в подземные воды, что соответствует гидрогеологическим условиям.

С помощью этого приема имитируются процессы испарения и вымораживания. Температурный режим второго и третьего резервуаров отражает климатические условия региона: зима  $0^{\circ}C$ , лето  $12^{\circ}C$ .

В настоящей модели подвижные фазы разделены на 4 группы: 1 группа представлена водным раствором, 2 группа – твердыми фазами, 3 группа – компонентом  $H_2O$  (растворитель), 4 – ионом  $SO_4^{2-}$ . Модель максимально приближена к природным условиям, характерным для аридного климата Баргузинской впадины. Химический состав модели представлен следующими компонентами: Al–Ar–C–Ca–Cl–F–Fe–K–Mg–Mn–N–Na–P–S–Si–H–O, которые с необходимой полнотой отражают химический состав озерных и подземных вод Баргузинской впадины. Общее число вероятных компонентов, включенных в модель – 318, из них – 123 водных, 18 газов и 177 твердых фаз.

Число сезонов зима-лето, под которыми в модели мы понимаем циклы, определялось по достижению в резервуарах неизменного состояния, по которому можно определить направление гидрогеохимической эволюции исследуемого объекта. Например, каким образом будут накапливаться в донных отложениях минеральные фазы, маркирующие зимние и летние периоды.

Предварительный анализ результатов показывает, что в накоплении аутигенных минералов в донных отложениях соленых озер Баргузинской впадины существуют сезонные отличия. Главной причиной отличий являются особенности криогенной эвапоритизации. В условиях резкоконтинентального климата процесс испарения может преобладать над поступлением подземных и термальных вод, основным источником озерных вод как в летнее, так и в зимнее время.

Минеральный состав донных отложений, накапливаемых в летнее и зимнее время, отличается. В зимний период вследствие образования льда, минерализация раствора возрастает. Однако рассчитанная минерализация равновесного со льдом раствора оказывается ниже природной. Наряду с вымораживанием продолжается процесс испарения льда. Поэтому в модели из озерных вод удаляется как водный раствор в целом, так и отдельно компонент  $H_2O$ . Сезонное изменение минерализации озерных вод связано с тем, что в летний период образуются флюоропатит, флюорит, аморфный кремнезем, а в зимний – гипс, мирабилит, шенит. Образование отличных минеральных ассоциаций, отвечающих зимним и летним условиям, происходит главным образом за счет того, что в подземных водах, взаимодействующих с озерными водами, при различных температурах растворимость таких компонентов, как Ca, Na, F, S, C существенно изменяется. В зимний период минерализация водного раствора становится равновесной (неизменной) за меньшее число циклов обмена веществом между резервуарами, чем в летний.

## Литература

Замана Л.В. Формирование озер и болот Баргузинской впадины. – В кн.: История озер в СССР. Ч. 2 (материалы к 5-му Всесоюзному симпозиуму). Иркутск, 1979. – С. 116-119.

Замана Л.В. Мерзлотно-гидрогеологические и мелиоративные условия Баргузинской впадины. Новосибирск: Наука, 1988. – 126 с.

Исаев В.П. Природные газы Баргузинской впадины. – Иркутск: Иркутский ун-т, 2006. – 220 с.

Карпов И.К., Чудненко К.В., Кулик Д.А. и др. Минимизация энергии Гиббса в геохимических системах методом выпуклого программирования // Геохимия. 2001. Т. 42, №11. С. 1207-1219.

Обожин В.Н., Богданов В.Т., Кликунова О.Ф. Гидрохимия рек и озер Бурятии. – Новосибирск: Наука, 1984. – С. 81-92.

Склярова О.А. Геохимия и генезис озер Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Дисс. на соиск. уч. ст. канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 2004. – 121 с.