

Из систем баз термодинамических данных использовались одни и те же TDB для обеих РТ-областей. Температурный интервал от 120 до 20 °С с шагом от 40 до 5 °С, чтобы отследить, как ведёт себя фазовое соотношение при более высоком давлении и при низких температурах, а также для выявления миграции компонентов между фазами в пределах системы.

Результаты моделирования показали, что при взаимодействии андезита с раствором происходит выщелачивание породы, что приводит к понижению кислотности раствора. Электрохимический потенциал возрастает. Процентное соотношение фаз в системах показывает практически полное отсутствие газа для $P=10$ бар, что объясняется невозможностью существования конденсата при таких условиях согласно фазовой диаграмме. Для нормального давления (1 бар) напротив наблюдается накопление газа в системах вплоть до $T=120-100$ °С. Ниже этой температурной границы происходит фазовый переход газа в раствор и как следствие увеличение процентного содержания раствора в резервуарах относительно газа.

Поскольку вмещающая порода содержит достаточное количество свободного кремнезёма, вынос именно этого компонента с последующим переотложением происходит интенсивней остальных. Процентное соотношение равновесных минералов твёрдой фазы при давлении 1 бар демонстрирует большое количество кварца. При давлении 10 бар явного доминирования оксида кремния над другими минеральными фазами не наблюдается. При таком давлении для систем характерно присутствие в достаточном количестве сразу нескольких групп минералов: иллиты, цеолиты, альбит. Были выявлены пути миграции компонентов во флюиде, установлен характер обмена веществом между фазами внутри систем, изучено поведение ионов «редких» элементов:

1. IA (щелочные элементы) – Li
2. IIA (щелочноземельные элементы) – Sr, Ba
3. IIIA – B
4. VA – As
5. 3d-элементы – Ti, V, Mn, Co, Cu, Zn.

В целом, в независимости от кислотности среды, наличие основных минеральных фаз неизменно. Меняется лишь их процентное соотношение между собой, а также формы переноса некоторых элементов.

Литература

1. Бортникова С.Б., Бессонова Е.П., Гора М.П. и др., Газогидротермы активных вулканов Камчатки и Курильских островов: состав, строение, генезис / отв. ред. О.Л. Гасьева; А.К. Манштейн. Новосибирск : ИНГ СО РАН, 2013. - 282 с.
2. Карпов И.К., Чудненко К.В., Бычинский В.А. ПК «СЕЛЕКТОР» 1960
3. Чудненко К.В. Термодинамическое моделирование в геохимии: теория, алгоритмы, программное обеспечение, приложения. – Новосибирское академическое издательство «ГЕО», 2010г.
4. Артименко М.В., Чудненко К.В., Королёва Г.П. Физико-химическое моделирование потока гидротермального флюида в зонах гидротермально-магматической системы, Наука о Земле, Т. 5, 2012. № 1. – С. 64-82,

МЕТОДИКА ПАЛЕОГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ОБЬ В ГОЛОЦЕНЕ

Ю.А. Моисеева

Научный руководитель профессор О.Г. Савичев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Атмосферные осадки – это важнейший фактор формирования речного стока, который, является одной из причин формирования гидрогенных месторождений полезных ископаемых. Изучение атмосферного увлажнения играет важную роль в построении теории формирования геохимических аномалий и поисков гидрогенных месторождений полезных ископаемых, что определяет актуальность палеогидрологических реконструкций.

Целью данной работы является разработка методики восстановления атмосферного увлажнения в бассейне реки Обь в голоцене как фактора формирования гидрогеохимических условий.

В настоящее время достигнут большой прогресс в понимании причин и механизмов климатических изменений. Изменения в радиационном балансе Земли были основным фактором изменений климата в прошлом [12]. Изменения водного баланса различных территорий и земного шара в целом влекут за собой изменение уровня мирового океана. Глобальный уровень моря за несколько тысячелетий после последнего ледникового периода повысился приблизительно на 120 м и около 2-3 тыс. лет назад стабилизировался [12]. В XIX веке началось повышение уровня моря, а в XX век глобальный средний уровень моря повышался со скоростью около 1,7 мм/год. Голоцен в Западной Сибири ознаменовался морской трансгрессией, приведшей береговую линию к современному положению, и повышением средней температуры воздуха на 2-2,5° по сравнению с современной [10]. Около 4 тыс. лет назад в Западной Сибири на смену климатическому оптимуму пришло новое похолодание. Согласно [12], за последние 157 лет температура земной поверхности повысилась на всей планете в целом (приблизительно на 0,74°С), для ряда регионов выявлены вариации температуры за последние примерно 1200 лет.

Методика палеогидрологических реконструкций опирается в основном на методику воднобалансовых расчётов и инженерно-гидрометеорологических изысканий для строительства в современный период, либо представляет собой второстепенное приложение к методике климатических реконструкций, источниками

которой согласно [5, 6, 9,] являются: инструментальные данные, систематические и отрывочные, за период для отдельных станций до 250 лет; исторические свидетельства включающие различные летописные, архивные, дневниковые и другие сведения за последнее тысячелетие, фенологические журналы, ныне продолжающиеся или прошлые; и природные индикаторы климата, охватывающие весь исторический период и включающие гляциологические, палинологические, лимнологические, гидрологические, дендрологические данные.

Глубина проникновения в прошлое различных косвенных методов оценки климатических изменений неодинакова, наибольшая у ледовых кернов, болотных и озерных отложений. Возраст отложений может достигать десятков и даже сотен тысяч лет, будучи ограниченным лишь возрастом самих исследуемых объектов (озер, ледников, болот). Дендрологические данные о живых деревьях в условиях Русской равнины имеются не более чем на 300 лет, но деревья в постройках и мостовых позволяют проникнуть в прошлое до 1000 лет при условии составления единых дендрологических шкал, а стволы деревьев, захороненные в болотах и селевых отложениях, – еще глубже.

Одни те же источники привлекаются для восстановления одного из элементов климата (озерные отложения – для восстановления интенсивности стока, коррелируемого с осадками) или сразу многих (толщина ледниковых слоев и скорость их накопления свидетельствует о годовых и годовых осадках, их изотопный состав – о зимних температурах воздуха). Особенности строения торфяных залежей верхового и отчасти переходного типов, т.е. изменения с глубиной ботанического состава растительных остатков и степени разложения торфа могут рассматриваться как проявления вековых и внутривековых колебаний увлажнения.

Инструментальные измерения осадков ведутся около 100 лет. На таком интервале времени трудно выявить закономерности многолетних – свыше нескольких тысяч лет колебаний атмосферных осадков. Это вынуждает прибегать к принципиально иным по характеру источника информации об атмосферном увлажнении в прошлом, например, к колонкам годичных слоев илстых отложений в озерах, документированным сведениям о колебаниях водности рек и озер.

Авторами предложена методика палеогидрологических реконструкций с целью определения атмосферного увлажнения и характеристик поверхностного стока, методика которой будет основана на математической модели формирования годового водного стока, в свою очередь, построенной на уравнении среднесного водного баланса для условно однородного периода. Для этого будет использована концепция относительно резкого перехода гидрологической системы из одного состояния в другое и апробации модели будет проводится на основе опубликованных среднесного данных, полученных на территории бывшего СССР (прежде всего, в Сибири) за условно однородные периоды (либо за период 1930-1969 гг., либо за период с 1970 г. до 2000-х гг.). Граница однородного периода для данной территории является приближенной и принята с учетом выводов, приведенных [6, 11].

Для решения поставленной задачи будет использован методологический прием, изложенный в ряде работ [1, 6, 8, 9]. В случае восстановления данных о температуре приземных слоев атмосферного воздуха используются ряд способов, основывающихся на взаимосвязи термического режима атмосферы, зонального распределения элементов теплового баланса и характеристик почвенно-растительного покрова, болотных и некоторых экзогенных геологических процессов [6, 9].

Более сложным и неопределенным представляется вопрос реконструкции атмосферных осадков [6]. По мнению авторов, упрощенное решение этого вопроса может быть получено на основе трансформации методики О.А. Дроздова расчета коэффициента влагооборота K_{wc} [4]:

$$K_{wc} = \frac{X_{tr} + X_{lc}}{X_{tr}} \approx 1 + \frac{k_{lc} \cdot E \cdot L}{v_{a,1} \cdot a_{w,1}} \quad (1)$$

где X_{tr} – «внешние» атмосферные осадки, формирующиеся за счет водяного пара, принесенного извне; X_{lc} – «местные» атмосферные осадки; E_1 – испарение на единичном участке наветренного контура; L_1 – длина пути переноса; $v_{a,1}$ – средняя скорость воздушного потока; $a_{w,1}$ – среднее влагосодержание воздуха на наветренной стороне участка; k_{lc} – коэффициент, принимающий значения в диапазоне от 0,5 до 1,0 (если испарение равномерно распределено по периметру участка, то $k_{lc}=0,5$).

Длина пути переноса L_1 рассматривалась как расстояние между точками, взятыми на территории Западной Сибири и некоторыми точками на поверхности океана. В методике палеогидрологических реконструкций для бассейна реки Обь предполагается использовать данные для точек земной и водной поверхностей, то есть это точки на территории Западной Сибири, совпадающие с координатами современных пунктов гидроклиматической информации и точки районов мирового океана, откуда могут поступать воздушные массы на исследуемую территорию (трансформация воздушных масс учитывается через соответствующие расчетные коэффициенты). Для минимизации влияния суши, точки над океаном выбирались по срединной линии между материками с запада и востока через каждые 10° широты, далее по широте 80° через каждые 10° долготы, а с южной стороны – срединные части Черного, Каспийского и Аральского морей.

Интерпретируя (1) как уравнение баланса атмосферной влаги, для условий бассейна реки Обь с учетом данных в пределах условно однородного периода (1960-1990). В общем случае, можно предположить, что реконструкция рядов атмосферных осадков может быть проведена на основе зависимости:

$$X_y = \sum k_{o,y} \cdot E_{o,y} \cdot \xi_{o,L} \cdot K + E_{p,y} \cdot k_{p,y} \quad (2)$$

где $E_{o,y}$ – среднесноголетнее годовое испарение с поверхности Мирового океана в точках, положение которых указано выше; $\xi_{o,y}$ – доля свободной ото льда акватории; $E_{p,y}$ – среднесноголетнее (в пределах условно

однородного периода) годовое испарение с поверхности рассматриваемого водосбора; $k_{O,y}$ и $k_{p,y}$ – коэффициенты, учитывающие соотношение транзитных и местных атмосферных осадков.

Полученная для современных условий региональная зависимость с учетом того, что климат в период голоцена (5800-6900 л. н.) был близок к современному [2, 3, 7] может быть использована для палеогидроклиматической реконструкции.

Литература

1. Безрукова Е.В., Вершинин К.Е., Орлова Л.А., Летунова П.П., Крапивина С.М., Чепинова В.В., Верхозина А.В., Дударева Н.В., Абзаева А.А. Растительность и климат высокогорной зоны Восточного Саяна в позднем голоцене // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44, №4. – С. 380 – 384.
2. Борзенкова И.И. Изменение климата в кайнозое. /И.И. Борзенкова – СПб: Гидрометеиздат, 1992. – 247 с.
3. Величко А.А., Климанов В.А. Климатические условия Северного полушария 5-6 тысяч лет назад // Известия АН СССР. Сер. географ. 1990. – №5. – С.38-52.
4. Вопросы общей и сельскохозяйственной климатологии: Труды главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова / под общ. ред. О.А. Дроздова. – Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1954. – 72 с.
5. Дианский Н.А. Моделирование циркуляции в океане и исследование его реакции на короткопериодные и долгопериодные атмосферные воздействия. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 272 с.
6. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. – М.: МАИК Наука-Интерпериодика, 2001. – 347 с.
7. Клименко В.В. Климат: непрочитанная глава истории – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 408 с
8. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слукса З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. – Тула: Гриф и К, 2001. – 584 с.
9. Чернавская М.М., Золотокрылин А.Н., Кренке А.Н., Ляхов М.Е., Браздил Р., Раунер Ю.Л., Попова В.В., Карпавичюс И., Добры Я., Кынцл Й., Фогель Г.А., Пушин А.В., Тарусов А.В., Сурова Т.Г. Изменчивость климата Европы в историческом прошлом. – М.: Наука. 1995. – 218 с.
10. Шполянская Н.А. Плейстоцен-голоценовая история развития криолитозоны российской арктики «глазами» подземных льдов. – Москва: Издательство: Институт компьютерных исследований. – 2015. –331 с.
11. Hydrological Changes: Historical Analysis, Contemporary Status, and Future Projections. Ch. 4 / A.I. Shiklomanov, R.B. Lammers, D.P. Lettenmaier, Yu.M. Polischuk, O.G. Savichev, L.G. Smith // Environmental Changes in Siberia: Regional Changes and their Global Consequences / Eds. P. Ya. Groisman, G. Gutman. – Dordrecht: Springer, 2013. – P. 111–154.
12. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis et al. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 2007. – 996 pp.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОДАХ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

А.И. Нургалиева Г.А. Челноков, А.В. Асеева

Научный руководитель ведущий научный сотрудник Н.А. Харитонов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Вот уже около полувека редкоземельные элементы (РЗЭ) часто используются для выяснения условий образования и последующей эволюции природных вод. [1] Территория Дальнего Востока России в отношении распространённости и содержания РЗЭ изучена неоднородно: наибольший массив данных по концентрациям РЗЭ получен по поверхностным и техногенным водам южной части территории [6], в то время как в литературе имеются только единичные сведения о распределении РЗЭ в природных водах Камчатки [4]. В связи с этим, основной целью настоящей работы является определение содержания РЗЭ в различных геохимических типах природных вод полуострова Камчатка и выяснение их связи с основными компонентами вод.

Объектом исследования являлись природные воды полуострова Камчатка. Всего было проанализировано 9 объектов: термальные воды вулкана Мутновский (ВМ-Т-3, ВМ-Т-4, ВМ-Т-5)), термальные воды проявлений Начики (НЧ-Т-1), Карымшины (КМ-Т-2), Верхнепаратунские термальные источники (ВП-Т-6), термальные и холодные минеральные воды месторождения Малкинское (МЛ-Т-8, МЛ-Х-9), поверхностные воды реки Быстрой (РБ-П-7). Кроме того, было проведено определение РЗЭ в бутылированных водах (пресных и углекислых) для выяснения источника бутылированных вод.

Полученные результаты представлены в таблице. В целом, измеренные нами суммы РЗЭ в природных водах Камчатки находятся в диапазоне значений 0,0295 – 0,4632 мкг/л, что значительно меньше чем концентрации РЗЭ приведенные в работе. [3] Наивысшее значение характерно для термальных вод вулкана Мутновский (ВМ-Т-3) вод имеющих рН 5,1 и принадлежащих к Cl-SO₄/Si-Na типу. Минимальное значение РЗЭ зафиксировано в щелочных термальных водах проявления Карымшины с рН 8,53 и принадлежащих к HCO₃-SO₄/Si- Na –Ca типу.

Полученные результаты показывают, что повсеместно легкие РЗЭ резко преобладают над тяжелыми, а их соотношение примерно составляет 80% (легких) к 20% (тяжелых), однако абсолютные значения слегка различаются в зависимости от пробы. Отношение La/Yb* почти во всех пробах, за исключением РБ-П-7 и КМ-Т-2 намного меньше единиц. Во всех водах присутствует прямая зависимость общего количества РЗЭ от содержания в водах алюминия, марганца и железа.