УДК 553.7: 556.314.6 (571.17)

Н.В.ГУСЕВА
Томский государственный политехнический университет

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Рассмотрен химический состав природных вод восточного склона Полярного Урала. Выполнен анализ состояния равновесия природных вод относительно породообразующих минералов, на основе которого выделены геохимические типы вод. Описано поведение химических элементов в различных геохимических типах вод. На примере группы редкоземельных элементов проведен анализ изменения форм миграции в зависимости от внешних условий среды.

The article studies chemical composition of natural waters of the eastern slope of the Polar Urals. The balance condition of natural waters with rock-forming minerals is analyzed and geochemical types of waters are determined on its basis. Distribution of chemical elements in various geochemical types of water is considered. Changes in migration patterns depending on the environmental conditions are analyzed on the example of rare-earth elements.

Гидрогеологические исследования в районах Полярного Урала проводятся со второй половины прошлого века, преимущественно в составе поисково-разведочных работ. Сегодня эти исследования активизируются в связи со смещением в последнее время геолого-разведочных работ на север. Особую роль в этом процессе играют гидрогеохимические исследования, возможности использования которых возрастают с появлением новых высокочувствительных методов анализа природных вод, разработкой новых теоретических основ формирования состава вод.

Целью работы являлось изучение гидрогеохимических особенностей восточного склона Полярного Урала. Исследования проводились в пределах Сибилейской площади, располагающейся за полярным кругом на восточном склоне Полярного Урала в междуречье рек Ензорьяха и Юньяха. Административно площадь работ принадлежит к Ямало-Ненецкому автономному округу.

В основу работы положены материалы, собранные сотрудниками и студентами ТПУ с участием автора в составе полевого отряда ООО НПО «Геосфера» при проведении гидрогеохимических исследований летом 2005 г. В процессе полевых работ были опробованы реки, озера, заболоченные участки и карьеры, общее количество проб 697. На точке опробования измерялись быстроменяющиеся компоненты: температура, pH, Eh, удельная электропроводность. Анализ макрокомпонентов проводился в полевой лаборатории методами турбидиметрии, титриметрии, колориметрии. Микрокомпоненты (60 элементов) анализировались с использованием масс-спектрометрического метода с индуктивно связанной плазмой в ХАЦ «Плазма».

Особенностями рассматриваемой территории является широкое распространение многолетней мерзлоты и хорошая обводненность территории. Большое количество рек и озер, а также проявление надмерзлотных вод в форме небольших заболоченностей и малая мощность покровных отложений способствуют проведению гидрогеохимических исследований в районе.

В пределах Сибилейской площади широкое распространение получили палеозойские и мезозойские алюмосиликатные отложения вулканогенного, вулканогенно-осадочного, осадочного и плутонического генезиса с подчиненным распространением карбонатных отложений.

Воды рассматриваемого района характеризуются значениями Eh от -68 до 347 мВ при pH от 3,3 до 9,2, находящихся в обратной зависимости. В целом геохимические условия природных вод Сибилейской площади являются характерными для промежуточных сред (болотных и грунтовых вод). Минерализация природных вод Сибилейской площади изменяется от 20 до 500 мг/л. По составу рассматриваемые воды гидрокарбонатные магниево-кальциевые и кальциево-магниевые.

Столь разнообразный химический состав природных вод Сибилейской площади есть результат обогащения вод химическими элементами в процессе гидролиза алюмосиликатных минералов вмещающих пород. Выполненный термодинамический анализ состояния равновесия природных вод относительно породообразующих минералов показал, что все без исключения природные воды не равновесны с эндогенными алюмосиликатами, но находятся в состоянии равновесия с вторичными минералами (оксидами алюминия, каолинитом, монтмориллонитом, кальцитом). По составу образующихся вторичных минералов могут быть выделены геохимические типы вод[*]:

- кислый железисто-алюминиевый (равновесие с оксидами Al, Fe и др);
- алюминиево-кремнистый (равновесие с каолинитом);
- кислый кремнисто-органический (равновесие с каолинитом, вынос Al, Fe);
- кремнисто-кальциевый, кремнисто-магниевый, кремнисто-натриевый, кремнисто-калиевый и кремнисто-железистый (равновесие с монтмориллонитами);
- щелочной карбонатно-кальциевый (равновесие с кальцитом).

Геохимические особенности вод Сибилейской площади предопределили необходимость выделения среди вод, равновесных с каолинитом, водопунктов с повышенными концентрациями железа, алюминия и марганца. В смене выделенных геохимических типов вод проявляется этапность развития системы вода – порода: от минимального времени взаимодействия (равновесие с оксидами) к максимальному (равновесие с кальцитом). При этом выделенные геохимические типы характеризуются различной минерализацией, pH и концентрацией типоморфных элементов. Последний из выделенных геохимических типов вод – это наиболее щелочные, минерализованные воды с максимальным временем взаимодействия в системе вода – порода.

Анализ проявления геохимических типов вод на площади показывает, что с позиций взаимодействия системы вода – порода и формирования вторичных минералов достижение равновесности вод с каолинитом является характерной особенностью природного тундрового ландшафта. Лишь локально на их фоне выделяются воды равновесные с кальцитом, вероятнее всего, приуроченные к участкам разгрузки межмерзлотных вод, характеризующихся более длительным временем взаимодействия в системе вода – порода.

В выделенных пяти основных геохимических типах вод, находящихся на разных стадиях формирования состава, были прослежены закономерности концентрирования химических элементов посредством анализа изменения средних значений химических элементов в них. При этом отдельно рассмотрено поведение элементов в водах озер разных геохимических типов.

По характеру поведения химических элементов в различных геохимических типах вод можно выделить следующие основные группы элементов:

- элементы, концентрирующиеся в слабокислых водах, равновесных с каолинитом с повышенными концентрациями Fe, Mn, Al с последующим снижением в слабощелочных водах;
- элементы, имеющие повышенные концентрации в нейтральных водах равновесных с монтмориллонитом с последующим снижением в слабощелочных водах;
- элементы, имеющие повышенные концентрации в слабощелочных водах, равновесных с кальцитом;

[*] *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра, 1998. 366 с.

• элементы, характеризующиеся наряду с повышением концентраций в слабокислых водах, равновесных с каолинитом, высокими концентрациями Fe, Mn, Al и увеличением содержаний в водах, равновесных с кальцитом.

В каждом геохимическом типе вод складываются благоприятные условия для накопления в растворе тех или иных элементов, что выражается в их максимальных концентрациях, при изменении условий отмечается закономерное снижение содержаний этих элементов в растворе. Иное поведение элементов последней группы объясняется наряду с благоприятными условиями миграции наличием дополнительного источника обогащения вод химическими элементами. Одновременно с высокими концентрациями в слабокислых водах это ведет к повышению их концентраций в слабощелочных водах. Возможно, эту роль для озерных вод выполняют большие таликовые зоны, которые формируются под крупными озерами и способствуют дополнительному привносу химических элементов. Подобное поведение свойственно небольшой группе элементов, к которой принадлежат и редкоземельные элементы (РЗЭ), на примере которых рассмотрено изменение форм их миграции при смене кислотно-щелочных условий среды.

В кислых водах ведущими формами миграции РЗЭ являются формы трехвалентного катиона, гидрокарбонатных комплексов и комплексов с фтором $(РЗЭF)^{2+}$ и $(РЗЭF_2)^{+}$. Доля гидроксокомплексов $(РЗЭОН)^{+}$ в кислых водах невелика, но по мере увеличения pH их содержание растет и достигает максимума в нейтральных водах. В щелочных водах доля указанных комплексов уменьшается и повышается доля карбонатных комплексов $(РЗЭCO_3)^{+}$ и комплексов с кислородом $(РЗЭО)^{+}$. Доля комплексов с Cl^{-} и SO_4^{2-} зависит от наличия в растворе соответствующих комплексообразователей, но их доля остается незначительной.

Научный руководитель канд.геол.-минерал. наук *Ю.Г.Копылова*