

ОТЗЫВ

официального оппонента Плюснина Алексея Максимовича, доктора геолого-минералогических наук, старшего научного сотрудника, заместителя директора по науке, заведующего лабораторией гидрогеологии и геоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6а, plyusnin@ginst.ru, р.т. 8(3012)434708, м. 8(983)6310669 на диссертацию Гусевой Натальи Владимировны «Механизмы формирования химического состава природных вод в различных ландшафтно-климатических зонах горно-складчатых областей Центральной Евразии», представленной на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – Гидрогеология.

Диссертационная работа посвящена выявлению особенностей механизмов взаимодействия вод с горными породами в различных ландшафтно-климатических условиях горно-складчатых областей центральной Евразии и обоснованию роли внешних и внутренних факторов эволюционного развития системы вода-порода в рассеянии и концентрировании химических элементов. Работа состоит из введения, шести глав, заключения, список использованной литературы включает 333 наименования.

Актуальность выбранной темы для диссертационной работы заключается в том, что подземные воды по своему составу весьма разнообразны, и природа этого разнообразия до сих пор до конца не ясна. Весомость природных факторов оказывающих воздействие на миграцию химических элементов в различных природно-климатических зонах еще до конца не оценена. Механизм концентрирования многих элементов, источники их поступления, масштабы явления еще недостаточно изучены. Между тем постоянно возрастает роль подземных вод в различных областях хозяйствования и уже чувствуется их дефицит в густо населенных районах Евразии.

Цель диссертационной работы - выявление особенностей механизмов взаимодействия вод с горными породами в различных ландшафтно-климатических условиях горно-складчатых областей центральной Евразии и обоснование роли внешних и внутренних факторов эволюционного развития системы вода-порода в рассеянии и концентрировании химических элементов.

Задачи исследований:

- Изучить химический состав природных вод в районах исследования и выявить его особенности.
- Оценить состояние насыщенности вод алюмосиликатными, карбонатными, сульфатными минералами.
- Установить для каждого рассматриваемого объекта этап эволюционного развития системы вода-порода и обосновать геохимический тип вод.
- Выявить особенности рассеяния и концентрирования химических элементов в системе вода-порода.
- Описать механизмы взаимодействия вод с горными породами в различных условиях геохимической среды на разных этапах эволюционного развития системы вода-порода.

- Оценить роль климатических и геолого-структурных факторов в формировании состава геохимических типов вод.

Диссертантом использован комплекс современных методов анализа вещества, который позволил получить обширную достоверную информацию о химическом составе подземных вод, форм миграции химических элементов в растворе. Методом термодинамического моделирования рассчитаны физико-химические равновесия подземных вод с основными минералами горных пород.

В работе обобщен фактический материал гидрохимических исследований районов с гумидным климатом с положительной среднегодовой температурой на примере водосборной территории озера Поянху (Китай) и с отрицательной среднегодовой температурой на примере территории восточного склона Полярного Урала. Рассмотрены условия и механизмы формирования химического состава подземных вод в аридных условиях на примере Тувинской и Минусинской межгорных впадин. Рассмотрены механизмы формирования химического состава вод в зонах недавней тектономагматической активизации на примере Восточно-Тувинского вулканического поля. На основании приведенного фактического материала автор пришел к выводу, что, несмотря на имеющееся многообразие химического состава вод, для всех них существует общая основа, которая задает направленность трансформации их химического состава, это равновесно-неравновесный процесс взаимодействия воды с горными породами. Установленные закономерности формирования химического состава вод в рассматриваемых ландшафтно-климатических зонах выносятся на защиту в виде четырех научных положений.

Первое защищаемое положение: В природных водах гумидных областей на начальных этапах эволюции системы вода-порода происходит активное растворение горных пород и переход максимального количества элементов в раствор, в том числе и таких элементов-гидролизатов как Fe, Al, Mn, а также РЗЭ и кремния. Формирование химического состава вод обусловлено взаимным влиянием процессов растворения минералов горных пород и комплексообразования, при определяющей роли геохимической среды. В условиях многолетней мерзлоты геохимическая среда способствует накоплению указанных элементов в водном растворе, а в условиях субтропического климата геохимическая среда подземных вод способствует удалению указанных элементов из раствора и их накоплению во вторичной минеральной фазе.

В доказательство этого положения приводится большой фактический материал, характеризующий климатические, гидрологические, геологические, гидрогеологические и геоморфологические особенности рассматриваемых территорий. Внешнее питание подземных вод в районе оз. Поянху происходит за счет окружающих эту территорию гидрогеологических массивах Хуайюшань, Уишань, Дагэнлин, Цзюляньшань и др., которые представлены древними, в основном, протерозойскими, реже палеозойскими, в основном, алюмосиликатными породами. Внутренние области питания связаны с рыхлыми и пористыми толщами песчано-глинистых и эффузивных пород мезозойского, палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Мощность мезозойских и кайнозойских отложений в Наньчанском артезианском бассейне достигает несколько километров. Четвертичные отложения представлены глинами, суглинками, песками, гравием и красноцветными корами выветривания. Территория характеризуется высокой интенсивностью водообмена, модуль подземного стока составляет $20 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$.

Установлено, что подземные воды района оз. Поянху являются ультрапресными (минерализация до 200 мг/л) и умеренно пресными (200-500 мг/л). pH изменяется от 4,5 до 7,7, в среднем составляет 6,2. В анионном составе доминирует гидрокарбонат-ион в катионном составе кальций, натрий и магний. Отмечается значительное содержание соединений азота – нитрата, нитритов, аммония. Особенностью рассматриваемых вод является низкое содержание органических веществ ($C_{орг} = 0,3-7,6$ мг/л), несмотря на высокую биологическую продуктивность ландшафта ($2000-2500$ т/год*км³), что связано с интенсивной минерализацией органического вещества. Парциальное давление углекислого газа составляет $10^{-1,5} - 10^{-2,5}$ атм., что в 100 раз выше, чем в атмосфере. Это способствует формированию кислой среды в подземных водах.

Микроэлементы мигрируют в растворенной и взвешенной форме. В восстановительной среде в растворенном состоянии накапливается железо (до 56,04 мг/л), в окислительных условиях его концентрация падает в 10,7 раз. Как показали исследования с использованием равновесного диализа, большинство микроэлементов мигрирует в истинно растворенной форме, исключение составляют алюминий, редкоземельные элементы, иногда железо, галлий и вольфрам, которые мигрируют в коллоидной форме. В работе с помощью программы HydroGeo рассчитаны формы нахождения микроэлементов в виде комплексных соединений. С ростом pH возрастает количество комплексных соединений марганца. Среди них доминируют карбонатные комплексы, в местах с повышенным содержанием сульфат-иона велика роль сульфатных комплексов. Велика роль комплексных соединений в миграции алюминия, лантана, лютеция. Для алюминия характерны комплексы с гидроксид-ионом, для лантана и лютеция важную роль в миграции имеют карбонатные и сульфатные комплексные соединения.

В естественных ландшафтах подземные воды насыщены каолинитом, гидроксидами железа, в агроландшафтах они насыщены монтмориллонитом, иллитом, здесь также в отдельных точках достигается насыщение относительно кальцита. Делается вывод, что подземные воды находятся на начальной стадии взаимодействия воды с породой, когда достигается равновесие с гидроксидами алюминия, железа, каолинитом.

Для доказательства положения в диссертации рассмотрена также геохимия природных вод восточного склона Полярного Урала. В этом районе диссертантом отобрано и проанализировано 700 проб воды деятельного слоя, рек, озер и карьеров на площади 170 км². Исследуемая территория характеризуется выравненным и выположенным рельефом, что отражается на замедлении водообмена. На этой территории распространены трещинные, трещинно-карстовые и трещинно-жильные подземные воды. Воды деятельного слоя пользуются повсеместным распространением в различных по генезису и возрасту породах. Разгрузка происходит в бортах долин. Наиболее распространены слабо кислые воды с pH 5,0-6,7, на заболоченных участках pH достигает 3,3 – 4,9. В озерах вода становится щелочной (pH 8,5-9,2), чему способствуют расположенные в пределах водосбора карбонатные породы. В районе наибольшим распространением пользуются воды с минерализацией до 100 мг/л. Воды с минерализацией более 100 мг/л появляются на участках со сложным составом водовмещающих пород и при контакте вод с карбонатными породами. Все воды относятся к гидрокарбонатному типу со сложным катионным составом, который зависит от того какие породы являются водовмещающими – карбонатные или алюмосиликатные. В составе органических веществ доминируют фульвовые кислоты, средние содержания

составляют 7,4 мг/л (максимальные 20 мг/л). Установлено, что в водах накапливаются такие элементы-гидролизаты как скандий, железо, марганец и редкоземельные элементы. Наиболее высокие концентрации редких земель характерны для вод деятельного слоя, суммарное содержание достигает 230 мкг/л. Ведущими формами миграции редких земель являются трехвалентный катион, гидрокарбонатный комплекс, фторидный комплекс. Определяющее влияние на миграционную способность редких земель оказывают органические вещества, которые задают кислую среду и участвуют в формировании органоминеральных комплексов. Кроме них в растворе накапливаются марганец, кобальт, цинк, олово, железо.

В работе рассмотрены факторы, которые оказывают влияние на формирование химического состава озер. Среди них рельеф, стоковая функция, площадь водного зеркала, глубина озера, принадлежность к областям местного питания и разгрузки. Делается вывод, что на возрастание содержания химических элементов оказывает влияние разгрузка в озера подземных вод.

Установлено, что содержание практически всех макрокомпонентов возрастает от рек первого порядка к рекам четвертого порядка, за исключением сульфат-иона. По-другому ведут себя микроэлементы, их содержание выше в реках первого порядка по сравнению с реками четвертого порядка, превышение составляет от 1,5 до 4 раз. Определяющим фактором в таком поведении микроэлементов является рН растворов, который возрастает в реках четвертого порядка. Также по мере увеличения порядка речных долин возрастает атмосферная составляющая, что приводит к закономерному снижению содержаний большинства микроэлементов.

Делается вывод, что относительно малое время взаимодействия воды с вмещающими породами в пределах деятельного слоя многолетней мерзлоты предопределяет развитие системы вода-порода преимущественно до начальных стадий – достижения равновесия с минералами группы оксидов, гидроксидов и каолинита.

На основании изменения степени взаимодействия воды с горными породами диссертант выделяет пять геохимических типов вод. Они различаются по минерализации, рН, концентрациями алюминия, железа, кремния, кальция. В этих типах вод наблюдается рост доли кальция от первого типа к пятому, где он достигает 75%-экв. В этой классификации достойное место отведено органическому веществу, среди которых преобладают фульвокислоты, содержание их достигает более 10% от общей минерализации. В результате повышается агрессивность вод по отношению к породам и способствует переходу многих химических элементов в раствор. В каждом выделенном геохимическом типе вод достигается равновесие с разными минералами: органогенный кислый железисто-алюминиевый тип – с гидроксидами железа, алюминия; кислый кремнисто-органогенный и алюминиево-кремнистый типы – с каолинитом; кремнистый кальциевый тип – с Са-монтмориллонитом; кремнистый карбонатно-кальциевый тип – с кальцитом.

Второе защищаемое положение. В аридных условиях на территории межгорных впадин распространены разнообразные по составу и минерализации воды. Специфика вод в этих условиях определяется особенностями состава вмещающих отложений – наличием вкраплений сульфидных минералов и эвапоритов, а также процессами испарительного концентрирования, наиболее ярко проявляющимися в формировании состава соленых озер. Под влиянием испарительного концентрирования происходит трансформация

анионного состава вод, повышается соленость и изменяется геохимический тип вод, но неизменным остается этап эволюционного развития системы вода-порода.

Обоснованию этого положения посвящается глава 4, где рассматриваются особенности формирования химического состава на примере двух районов: Тувинской межгорной впадины и ее горного обрамления и Минусинских межгорных впадин.

В главе рассмотрены природные условия, физико-географические условия, геологическое строение, гидрогеологические условия района исследований. Регион имеет интересную своеобразную историю геологического развития, которая во многом определяет химический состав поверхностных и подземных вод. Район исследований располагается на значительных абсолютных отметках, в основном превышающих 1000 м, в пределах расчлененного рельефа с развитой гидрографической сетью.

Тем не менее гидрогеохимические исследования Тувинской межгорной впадины показали, что в химическом составе вод большую роль играют сульфат- и хлорид-ионы. Концентрация сульфат-иона и хлорид-иона изменяются в широких пределах от 6,3 до 670 и от 6,6 до 622 мг/л соответственно, их содержание коррелирует с минерализацией. Даже пресные воды, разгружающиеся в виде источников, характеризуются сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатным натриево-кальциевым составом. Отношение сульфат-иона к хлорид-иону составляет в среднем 0,9, а отношение хлорид-иона к натрию – 0,7. На участках развития трещинно-жильных вод в соленосных отложениях девона свойственны более низкие величины SO_4/Cl до 0,02, что свидетельствует о дополнительном источнике поступления хлорид-иона за счет растворения солей преимущественно хлоридно-натриевого состава. Эти воды приурочены к красноцветным терригенным отложениям девонского возраста. Отношение сульфат-иона к хлорид-иону в солоноватых водах зоны континентального засоления составляет в среднем 1,1. Подземные воды, формирующие химический состав под воздействием окисления рудной минерализации характеризуются максимальной величиной отношения сульфата к хлориду - от 2,3 до 412,6.

Диссертантом выделяется три геохимических типа вод в Тувинской впадине, в первом типе достигается насыщение относительно каолинита, во втором с кальцитом и в третьем с кальцитом и глинами.

Химический состав вод, заключенных в соленых озерах Минусинской котловины, формируется в результате взаимодействия воды с горной породой на водосборной территории и испарительного концентрирования в озерах, этот тезис убедительно доказывается диссертантом, приведенным фактическим материалом, графиками, расчетами термодинамических равновесий.

Третье защищаемое положение. В условиях тектоно-магматической активизации в зонах разрывных нарушений формируются термальные и холодные углекислые подземные воды. Обогащение подземных вод углекислотой влияет на геохимическую среду, соответственно, и на процессы взаимодействия их с горными породами. В условиях геохимической среды углекислых вод наблюдается смещение начала вторичного карбонатообразования, повышается агрессивность вод к вмещающим алюмосиликатным породам, усиливаются процессы гидролиза, что сопровождается накоплением химических элементов в водах и приводит к формированию солоноватых вод, а также способствует дальнейшему эволюционному развитию системы вода-порода.

Это положение обосновывается в главе 5, которая посвящена исследованиям углекислого минерального источника Чойган. Источник разгружается на северо-востоке

Республики Тыва. Диссертантом опробовано 33 родника, которые приурочены к зоне глубинного Азасско-Жомболойского разлома. По разлому заложено русло реки Аржан-Хем, разгрузка источника происходит на обоих берегах в виде горячих и холодных источников. Основная часть разгрузки происходит на абсолютных отметках 1560-1580 м, есть источники, разгружающиеся на 300-350 м выше.

Температура вод изменяется от 7,3 до 37°C, минерализация изменяется от 288 до 2646 мг/л. Воды насыщены углекислым газом, концентрация которого изменяется от 187 до 1488 мг/л. Основными факторами выщелачивания химических элементов из горных пород являются температура и свободная углекислота. Наличие углекислоты определяет слабокислый характер водной среды, pH 5,9- 6,5. Под воздействием углекислоты в водах формируется гидрокарбонатный анионный состав воды, с долей гидрокарбоната 89-99 %-экв. Минерализация термальных углекислых вод пятикратно превышает минерализацию грунтовых вод, а минерализацию холодных углекислых вод в 1,7 раз. Газовый состав холодных углекислых вод представлен азотом (55,3 об.%), углекислым газом (31%), кислородом (13,7%). Имеются родники и с преобладанием в газовом составе углекислого газа. Газовый состав термальных родников характеризуется преобладанием азота. Присутствие кислорода в родниках является указанием на инфильтрационный генезис воды.

Проведен сравнительный анализ содержания широкого круга микроэлементов с водами зоны региональной трещиноватости, формирующими ресурсы в исследуемом районе. Установлено, что под действием углекислого газа активнее протекает взаимодействие с горными породами, в растворе накапливаются элементы, для которых благоприятна кислая среда: бериллий, редкие земли. Влияние повышенной температуры сказывается на микроэлементном составе еще в большей мере - достигается превышение фоновых концентраций в тысячу раз для брома, цезия; в сотни раз для рубидия, лития, марганца, иода.

В пределах весьма ограниченной территории углекислого минерального источника Чойган происходит разгрузка вод, находящихся на разных стадиях взаимодействия воды с горными породами, которые различаются минерализацией, pH, составом растворенных газов. Наименьшую степень взаимодействия с породой имеют воды родника 33, они имеют минерализацию 351,4 и, pH 8,3. По мере приближения к зоне разлома наблюдается обогащение вод углекислотой, поступающей по разломам. Происходит повышение минерализации до 1200-1545 мг/л и понижение pH до 5,9-6,7. На участке с аномальным тепловым потоком формируются термальные углекислые минеральные воды с максимальной степенью взаимодействия с горной породой. Минерализация их возрастает до 2570-2580 мг/л, pH составляет 6,1-6,5.

Среди вод источника Чойган выделены кислый железисто-алюминиевый, алюминиево-кремнистый и кремнистый кальциево-натриево-магниевые геохимические типы вод. Выделенные типы вод характеризуются различными условиями формирования, что отражается на особенностях накопления, миграции и удаления химических элементов.

Наиболее распространенным в рассматриваемых условиях является углекисло-кремнистый карбонатно-кальциевый геохимический тип, равновесный с кальцитом. К этому типу принадлежат все термальные и часть холодных углекислых вод. В родниках зафиксированы минеральные новообразования, которые, как показал рентгенофазовый анализ, на 100% состоят из кальцита, что подтверждается химическим анализом этих

новообразований. С позиций анализа эволюционного развития системы вода порода рассматриваемые воды находятся на стадии насыщения монтмориллонитами и кальцитом, что соответствует этапу содообразования. Поступающая с глубины углекислота нейтрализует щелочность, которая возникает при взаимодействии воды с алюмосиликатными горными породами, что способствует поддержанию неравновесности в системе вода-первичные алюмосиликаты и эволюционному развитию системы вода-порода.

Диссертантом рассчитаны минеральные равновесия исследованных вод, показано, что термальные углекислые воды равновесны с вторичными минералами группы монтмориллонита. Холодные углекислые воды характеризуются низкой степенью насыщенности карбонатными и сульфатными минералами. Вода в отдельных родниках насыщается кальцитом и доломитом. Термальные углекислые воды насыщены кальцитом, сидеритом и доломитом.

Четвертое защищаемое положение. В горно-складчатых областях центральной Евразии в одной ландшафтно-климатической зоне в результате эволюционного развития системы вода-порода формируются различные геохимические типы вод, соответствующие определенным стадиям их взаимодействия с горными породами и обусловленные влиянием зональных (климатических) и аazonальных (геолого-структурных) факторов. Особенности аazonальных геохимических типов природных вод определяются влиянием, прежде всего, геолого-структурных факторов.

Диссертантом показано, что геохимическая среда как внутренний фактор эволюции играет значительную роль в формировании гидрогенно-минеральных комплексов. Важное значение имеют и внешние факторы, которые могут быть разделены на две группы: зональные (климатические) и аazonальные (геолого-структурные). Каждая группа факторов характеризуется собственным механизмом воздействия на формирование геохимических типов вод. В диссертационной работе впервые в зависимости от определяющего влияния зональных или аazonальных факторов выделяются зональные и аazonальные геохимические типы вод. Стадия равновесия с каолинитом является наиболее типичной для природных вод районов с гумидным климатом – водосбора оз. Поянху и восточного склона Полярного Урала, также в отдельных точках этот тип вод встречается в горном обрамлении Тувинской впадины и природного комплекса Чойган. На стадии равновесия с каолинитом формируются алюминиево-кремнистый и кислый кремнисто-органогенный геохимические типы вод. В каждом районе соответствующей геохимической среды определяется влиянием зональных факторов (климатических). Формирование геохимической среды происходит при соподчиненном влиянии таких природных факторов как климат, биологическая продуктивность ландшафта, направленность преобразования органических веществ. Соответственно, алюминиево-кремнистый и кислый кремнисто-органогенный типы вод являются зональными для рассматриваемых условий.

Формирование в рассматриваемых природно-климатических условиях алюминиево-кремнистого и кислого кремнисто-органогенного геохимических типов определяется малым временем взаимодействия вод с горными породами. В условиях многолетней мерзлоты это связано с нахождением вод большую часть года в твердом состоянии, а в условиях субтропического климата – с активным водообменом за счет обильных осадков. Биомасса и ежегодная продукция в тундровом ландшафте

незначительна и близка по своим масштабам к степям и пустыням. Процессы минерализации органического вещества в данных условиях протекают весьма слабо, что способствует обогащению вод органическим веществом и формированию кислой и слабокислой среды за счет поступления в воды органических кислот.

В условиях провинции субтропического климата подземные воды также незначительное время взаимодействуют с горными породами, только этот факт определяется влиянием несколько иных факторов. Среднегодовое количество осадков в рассматриваемом районе может достигать 2400 мм, а температура воздуха составляет плюс 17 °С. В таких условиях биомасса и ежегодная продукция ландшафта очень высока и большое количество органических веществ должно было бы поступать в подземные воды. Однако этому препятствуют активно протекающие в рассматриваемых условиях процессы минерализации органического вещества, приводящие к обогащению вод не органическими кислотами, а $\text{CO}_{2\text{биог}}$, что также, как и в условиях многолетней мерзлоты, приводит к формированию кислой и слабокислой геохимической среды.

Воды кремнистого Ca-Mg-Na геохимического типа проявляются локально и распространены на участках замедления водообмена и, соответственно, этот тип вод рассматривается для данных условий как аazonальный.

Наибольшее количество геохимических типов формируется на стадии насыщения вод кальцитом. При этом большинство из них для рассматриваемых природно-климатических условий являются аazonальными. В пределах восточного склона Полярного Урала локально распространен кремнистый карбонатно-кальциевый тип вод, который является не типичным для рассматриваемых природно-климатических условий. Обычно он распространен в степных, лесостепных, горно-степных ландшафтах. Формирование этого геохимического типа вод в рассматриваемых условиях возможно только при наличии локально распространенных карбонатных отложений, наличие которых фиксируется в районе исследования в небольших количествах. Определяющим в формировании состава этого геохимического типа является влияние геолого-структурных факторов, а именно состав горных пород, следовательно, этот тип для рассматриваемых условий восточного склона Полярного Урала является аazonальным.

Влияние климатических факторов на формирование состава рассматриваемых геохимических типов вод проявляется в процессах испарительного концентрирования. В условиях высокого испарения кремнистый карбонатно-кальциевый тип в чистом виде формируются редко, т.к. происходит накопление в растворе сульфат-иона и хлорид-иона. Обогащение вод сульфат-ионом и хлорид-ионом может способствовать эволюционному развитию системы вода–порода до более высоких стадий – насыщение гипсом и галитом, соответственно. Насыщение гипсом выступает барьером на пути накопления сульфат-иона. С начала процесса осаждения гипса начинается трансформация вод в хлоридный натриевый химический тип. Поэтому на этом этапе эволюционного развития следует говорить о формировании сульфатно-кремнистого карбонатно-кальцевого геохимического типа, состав которого контролируется не только глинистыми минералами и кальцитом, но и гипсом. На более поздних этапах эволюционного развития системы вода–порода воды насыщаются галитом, и формируется хлоридно-кремнистый карбонатно-кальцевый геохимический тип вод.

Поставленные в диссертации задачи выполнены. Диссертантом показано, каким образом происходит взаимодействие вод с горными породами в различных ландшафтно-климатических условиях горно-складчатых областей центральной Евразии.

Все рассмотренные воды характеризуются начальными стадиями эволюционного развития системы вода–порода, что и определяет специфику формирования их состава, а именно процессов рассеяния и концентрирования химических элементов. В условиях субтропического климата в системе вода–вторичный минерал происходит перераспределение химических элементов, особенно элементов-гидролизатов, в сторону последней, а в условиях распространения многолетней мерзлоты – накопление элементов в водном растворе. Анализ химического состава природных вод межгорных котловин, характеризующихся преимущественно аридными условиями, и горного обрамления позволил установить специфику формирования их состава на основе ведущей роли процессов взаимодействия вод с горными породами в обогащении вод химическими элементами. При углекислотном и термальном выщелачивании складываются благоприятные условия растворения горных пород и перехода химических элементов в раствор. Специфика состава вод, а именно наличие свободной углекислоты оказывает значительное влияние на процесс их взаимодействия с горными породами, активизируя его. Это приводит к активному переходу химических элементов в раствор и формированию солоноватых вод. В горно-складчатых областях центральной Евразии в одной природно-климатической зоне могут быть распространены разнообразные геохимические типы вод, соответствующие определенным стадиям взаимодействия с горными породами. Формирование их состава происходит под влиянием зональных и азональных факторов, при определяющей роли одного из них.

Замечания

1. В работе приводятся результаты анализа более 50 микроэлементов, было бы удобно их рассматривать по группам, которые характеризовали бы их генетическую связь с выветриванием порообразующих минералов, рудных минералов, разложением органических веществ. К примеру, можно было выделить группы щелочных, щелочноземельных элементов; тяжелых металлов, редких земель, биогенных элементов и рассматривать их поведение в разных ландшафтных зонах.
2. В главе 4 рассматривается формирование химического состава вод под воздействием аридного климата. Мне представляется, что из рассмотренных здесь районов к аридным условиям относятся только Минусинские межгорные впадины. Здесь действительно на химический состав вод оказывают влияние процессы испарительного концентрирования. Что же касается Республики Тыва, то здесь в настоящее время и осадков больше и холоднее. Испарительное концентрирование не является главным фактором формирования химического состава вод. Установленные здесь хлоридные натриевые воды образуются за счет растворения галита, который накопился в вендских осадках. И соответственно подземные воды, которые формируют в настоящее время здесь свои ресурсы, не имеют ту большую степень взаимодействия с породой, которую предполагает хлоридный натриевый тип вод.

3. Четвертое защищаемое положение сформулировано не корректно. Почему только в центральной Азии в горно-складчатых областях формируются различные геохимические типы вод? Разве в других регионах этого не происходит? Вероятно, надо было написать на примере горно-складчатых областей центральной Азии...
4. Оледенения на пике Топографов нет, ледник в Восточном Саяне имеется только на Мунку Сардык (стр. 228).
5. В работе ни как не обосновано, что поток углекислого газа на источнике Чойган формируется за счет метаморфизации карбонатных пород. Зачем об этом говорить, если это не относится к теме диссертационной работы (стр. 254).
6. На рис. 4.3 эпицентры произошедших землетрясений выходят за рамки карты исследуемой территории, да и какое отношение они имеют к теме диссертации. На этой же карте приведены границы особо охраняемых природных территорий, которые также не имеют отношения к рассматриваемой теме.

Заключение

Несмотря на указанные замечания, представленные в диссертации научные положения, вносят значимый вклад в развитие науки. Научные положения, выводы, рекомендации обоснованы представленным фактическим материалом, полученным с применением современных методов исследования, достоверность полученных результатов обеспечена использованием данных, полученных в аккредитованных лабораториях.

Диссертация «Механизмы формирования химического состава природных вод в различных ландшафтно-климатических зонах горно-складчатых областей Центральной Азии» соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям «Положением о порядке присуждения ученых степеней», «Положением о совете по защите диссертаций...», требованиям установленным ВАК РФ, а ее автор Гусева Наталья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 – Гидрогеология.

Зам.директора ГИН СО РАН,
Д.г.-м.н.



А.М. Плюснин

23.11.2018 г.

Подпись Плюснина Алексея Максимовича автора отзыва заверяю.

Начальник отдела кадров Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук

Зангеева Светлана Альбертовна

« 23 » ноября 2018 г.

