

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
на диссертацию ГУСЕВОЙ Натальи Владимировны на тему:  
**«МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ПРИРОДНЫХ ВОД В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТНО-  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ ГОРНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЕВРАЗИИ»**, представленную на соискание ученой  
степени доктора геолого-минералогических наук по специальности  
**25.00.07 — Гидрогеология**

Диссертационная работа Н.В.Гусевой посвящена исследованию важной научной проблемы, связанной с выявлением закономерностей взаимодействия вод с горными породами в различных ландшафтно-климатических условиях и влияния факторов эволюционного развития системы вода-порода на поведение химических элементов.

Актуальность избранной диссертантом темы не вызывает сомнений и определяется важностью изучения детальных механизмов и направленности эволюции системы вода - порода, а также исследования следствия эволюционных процессов.

В основу диссертации положены результаты многолетних исследований, полученные при личном участии Н.В.Гусевой. Диссертационная работа выполнена на основании систематизации и обобщения большого объема гидрогеохимических данных по нескольким регионам, анализа результатов, полученных при проведении физико-химических расчетов и моделирования процессов, происходящих в системе вода-порода в различных ландшафтно-климатических условиях.

Для решения поставленных задач Н.В.Гусева использовала комплексный подход, включающий анализ климатических, геологических и гидрогеологических условий, изучение состава вод и вторичной минеральной фазы, термодинамические расчеты, выявление особенностей химического состава природных вод в конкретных условиях и обоснование процессов его формирования. Методы исследования и подходы основаны на выдвинутом С.Л.Шварцевым научном положении о геологической эволюции системы «вода-порода-газ» с позиции ее «равновесно-неравновесного» состояния.

Исследования проводились в районах, характеризующих различные ландшафтно-климатические условия. Условия гумидного климата изучены на примере водосборной территории озера Поянху и восточного склона Полярного Урала, условия аридного климата – на примере Тувинской межгорной впадины и её горного обрамления и Минусинских межгорных впадин, условиях тектоно-магматической активизации в зонах разрывных нарушений - на примере углекислых родников, разгружающихся в Восточном Саяне (природный комплекс Чойган) и расположенных в районе Восточно-Тувинского вулканического поля.

*Достоверность научных результатов* обеспечивается применением современных теоретических подходов к обоснованию механизмов

формирования химического состава природных вод, значительным объемом фактического материала, полученного лично автором, использованием современных высокочувствительных методов при проведении аналитических исследований, обсуждением результатов работы на российских и международных конференциях, публикациями в рецензируемых российских и зарубежных изданиях.

Выводы, сделанные автором по результатам проведенных работ, полностью обосновываются теоретическими и натурными исследованиями и отражают суть работы.

Диссертационная работа изложена на 300 страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, количество таблиц – 56, рисунков – 78. Список литературы включает 333 наименования.

Построение работы логически обосновано, структура работы направлена на решение поставленных задач.

Во *введении* диссертационной работы достаточно четко сформулированы цель и основные задачи работы, обоснована актуальность проведенных исследований, рассмотрены новизна и практическая значимость полученных результатов, отражен личный вклад автора, представлены защищаемые положения и сведения об апробации диссертации.

В *первой главе* «Постановка фундаментальной проблемы» Н.В.Гусева анализирует современное состояние исследований различных аспектов проблемы взаимодействия вод с горными породами. Автором с достаточной степенью детальности рассмотрены такие важные для решения поставленных задач вопросы как эволюционное развитие системы вода–порода и формирования различных геохимических типов вод.

В обзоре нашли отражение вопросы изученности гидрогеохимии районов с гумидным и аридным климатом, а также районов тектоно-магматической активизации. В частности, диссертантом критически проанализированы основные подходы к исследованию эволюции химического состава природных вод в условиях испарительного концентрирования районов с аридным климатом (изучение изотопного состава воды и растворенных в ней элементов и физико-химическое моделирование) и обоснован вывод о частом игнорировании роли процессов взаимодействия вод с горными породами.

Во *второй главе диссертации* представлена методика полевых и камеральных исследований. Методика отбора и обработки проб, по мнению оппонента, описана излишне подробно, однако нельзя не отметить, что такая тщательность подготовительных работ свидетельствует об ответственном отношении автора к получению достоверного материала для последующего анализа. Достоинством исследования является всестороннее изучение состава природных вод, а также минералогического состава продуктов выветривания горных пород и химического состава вторичной минеральной фазы.

Для изучения геохимических процессов в системе вода-порода автором использованы современные методы, в том числе методы равновесной термодинамики. Физико-химические расчеты, необходимые для выявления

форм миграции химических элементов и расчета равновесий воды с основными минералами, выполнялись с использованием программного комплекса HG32, разработанного в ТПУ М.Б. Букаты (2002), и PHREEEQ3. Интерпретация и обобщение результатов исследований проводилось с применением основных положений теории геологической эволюции и самоорганизации системы вода-порода.

В следующих главах диссертации обосновываются выдвинутые Н.В.Гусевой защищаемые положения.

Обоснование первого защищаемого положения, заключающегося в выявлении этапов эволюционного развития системы вода-порода и особенностей формирования химического состава природных водах гумидных областей, содержится в *третьей главе диссертации* «Механизмы формирования химического состава природных вод районов с гумидным климатом». Автором очень детально представлены природные условия районов исследований, рассмотрен химический состав вод, формы миграции химических элементов, состояние равновесия природных вод с минералами горных пород. Также обстоятельно описаны условия формирования геохимических типов вод гумидных районов на примере водосборной территории озера Поянху (Китай), характеризующейся субтропическим климатом, и восточного склона Полярного Урала, где преобладает резко континентальный климат с отрицательной среднегодовой температурой. В целом данное защищаемое положение хорошо аргументировано. Автором достаточно убедительно обоснованы механизмы формирования геохимической среды и ее влияние на процессы взаимодействия вод с горными породами, и показано, что геохимическая среда рассматриваемых вод формируется в условиях малого времени взаимодействия в системе вода-порода, при этом в районах многолетней мерзлоты восточного склона Полярного Урала специфика определяется поступлением органических кислот, а в районах субтропического климата водосборной территории озера Поянху – обогащением продуктами минерализации органического вещества.

Второе защищаемое положение, заключающееся в определении особенностей формирования состава вод в аридных условиях на территории межгорных впадин, роли состава вмещающих отложений и процессов испарительного концентрирования, обосновывается в *четвертой главе диссертации* «Механизмы формирования химического состава природных вод районов с аридным климатом». Автором подробно описаны природные условия районов исследований – Тувинской межгорной впадины и ее обрамления, а также Минусинских межгорных впадин, приводится характеристика химического состава вод, проанализированы результаты определения равновесия подземных вод с горными породами, обоснованы геохимические типы вод. На основании анализа результатов проведенных исследований автор обосновывает выводы об определяющих факторах формирования разнообразных по химическому составу и солености вод, а именно: *испарительном концентрировании* для вод континентального засоления,

*взаимодействии в системе вода-алюмосиликатные минералы и окислении сульфидов* - для вод растворения и окисления рудных минералов, *растворении эвапоритовых минералов* - для вод выщелачивания солей. Автором обоснован вывод, что под влиянием испарительного концентрирования происходит трансформация анионного состава вод, повышается соленость и изменяется геохимический тип вод, но этап эволюционного развития системы вода-порода не изменяется.

Обоснование третьего защищаемого положения, заключающегося в выявлении особенностей формирования состава термальных и холодных углекислых подземных вод и этапов эволюционного развития системы вода-порода в условиях тектоно-магматической активизации в зонах разрывных нарушений, приводится в *пятой главе диссертационной работы*. Также, как и в предыдущих главах, автором детально описываются природные условия района исследований, рассматривается химический состав подземных вод, результаты определения равновесия подземных вод с горными породами, приводится обоснование геохимических типов вод. В пределах рассматриваемой территории автором изучены углекислые термальные и углекислые холодные грунтовые воды.

На основании всестороннего анализа материалов, автором заключает, что в условиях поступления в воды  $\text{CO}_2$  по зонам разломов происходит обогащение вод углекислотой, которая в большинстве рассматриваемых источников нейтрализуется продуктами гидролиза алюмосиликатных минералов. Показано, что в исследуемых районах особенности химического состава вод определяются соотношением масштабов растворения первичных алюмосиликатов и поступления в воды  $\text{CO}_2$ , при этом в большинстве углекислых родников комплекса Чойган масштабы разрушения первичной породы превышают масштабы поступления  $\text{CO}_2$ .

Четвертое защищаемое положение обосновано в *шестой главе диссертационной работы* «Механизмы формирования геохимических типов природных вод» и заключается в том, что 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 азональных (геолого-структурных) факторов.

Данное защищаемое положение обосновывается изложенными в предыдущих трех главах результатами исследований особенностей состава природных вод рассматриваемых районов, приуроченных к горно-складчатым областям. Анализ и обобщение всех полученных данных позволили автору достаточно обоснованно определить механизмы взаимодействия вод с горными породами и провести систематизацию основных геохимических типов с целью выявления определяющего влияния внешних зональных и азональных факторов эволюционного развития системы вода-порода.

В результате сделанного обобщения автором охарактеризованы геохимические типы вод, формирующиеся на трех начальных этапах эволюционного развития системы вода-порода – равновесие с каолинитом, монтмориллонитами и кальцитом. Так, на *стадии равновесия с каолинитом* – наиболее типичной для природных вод районов с гумидным климатом – в условиях малого времени взаимодействия вод с горными породами формируются алюминиево-кремнистый и кислый кремнисто-органогенный геохимические типы вод. Влияние азональных – геолого-структурных факторов в гумидных районах – приводит к формированию вод кремнистого Ca-Mg-Na геохимического типа, равновесных с монтмориллонитами, которые проявляются локально и распространены на участках замедления водообмена.

На *стадии насыщения вод кальцитом* формируется значительное количество геохимических типов: кремнистый карбонатно-кальциевый тип вод (при наличии локально распространенных карбонатных отложений, выделен на восточном склоне Полярного Урала), углекисло-кремнистый карбонатно-кальциевый тип, формирующийся при обогащении углекислотой за счет поступления  $\text{CO}_2$  по зонам тектонических нарушений (на территории природного комплекса Чойган), кремнистый хлоридно-натриевый и кремнистый сульфатно-натриевый геохимические типы вод (выделены в межгорных впадинах в аридных условиях, формируются в процессах испарительного концентрирования, необходимое условие – наличие в водах высоких содержаний сульфат-иона и хлорид-иона, которые могут накапливаться в растворе в определенных климатических условиях в основном в процессе испарительного концентрирования).

Представленные в шести главах результаты завершает **заклучение по работе**, полностью отражающие основные результаты выполненных исследований.

**Научная новизна** диссертационной работы Н.В.Гусевой не вызывает сомнений, поскольку впервые для районов исследования обоснованы: 1) геохимические типы природных вод, соответствующие определенному этапу эволюционного развития системы вода-порода, 2) роль климатических и геолого-структурных факторов в формировании геохимических типов вод, 2) влияние геохимической среды на растворение первичных минералов и образование вторичной минеральной фазы, 3) механизмы взаимодействия вод с горными породами в разных природно-климатических зонах горно-складчатых областей, 3) влияние геохимической обстановки на миграцию РЗЭ в разных ландшафтно-климатических условиях.

**Практическая значимость.** Результаты исследований уже использовались для совершенствования технологии гидрогеохимических поисков месторождений полезных ископаемых (МПИ) и эколого-геохимических исследований, при обосновании геохимических показателей повышения нефтеотдачи. Выявленные автором механизмы формирования химического состава вод районов распространения многолетней мерзлоты могут быть использованы при поиске МПИ в арктических районах.

### **Апробация работы.**

Всего по теме диссертационной работы опубликовано 60 работ, в том числе 20 в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобразования РФ, а также 15 – в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus. Статьи написаны в соавторстве со специалистами, которые не имеют возражений против защиты данной работы.

Основные положения и результаты исследований были представлены многих международных и всероссийских конференциях, в том числе: на Международных симпозиумах по взаимодействию воды с горными породами в 2013 г. (WRI 13, г. Авиньон, Франция) и в 2016 г. (WRI 14 г. Эвора, Португалия), Всероссийских конференциях с участием иностранных ученых «Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами» в 2012 г. (г. Томск), в 2015 г. (г. Владивосток), в 2018 г. (г. Чита).

По работе имеется ряд замечаний, основными из которых являются следующие.

1. Описания природных условий исследуемых территорий в главах 3-5, а также методики отбора и обработки проб в главе 2 смотрятся излишне подробными для раскрытия сути поставленной проблемы и без особого ущерба могут быть сокращены.

2. При характеристике химического состава природных вод автор часто оперирует средними значениями показателей и содержаний компонентов. В диссертации следовало провести более детальную статистическую обработку данных и обосновать использование средних значений, так как среднее значение является адекватной мерой центральной тенденции в выборке только в случае нормального (гауссова) распределения признака. Также целесообразно было бы статистически оценить представительность натурального материала.

3. Автором впервые предпринято исследование зональных или азональных геохимических типов вод в зависимости от влияния соответствующих факторов, однако в работе данный аспект изложен излишне схематично.

4. В водах ряда исследованных районов (например, на восточном склоне Полярного Урала) присутствуют фульво- и гуминовые, влияние которых на миграционные способности элементов может быть неоднозначным. С одной стороны, они могут увеличивать подвижность химических элементов за счет образования органоминеральных комплексов. С другой стороны, малорастворимые гуминовые кислоты могут сорбироваться на поверхности твердой фазы и, в свою очередь, сорбировать металлы. В работе следовало проанализировать данный аспект влияния групп гумусовых кислот на состав вод.

5. В главе 6 диссертационной работы автором рассмотрена распространенность геохимических типов вод в районах исследования. Представляется, что следовало более детально проанализировать условия трансформации геохимических типов воды.

Отмеченные недостатки не снижают научной и практической значимости работы.

### Общая оценка диссертации.

Диссертация Н.В.Гусевой «Механизмы формирования химического состава природных вод в различных ландшафтно-климатических зонах горно-складчатых областей центральной Евразии» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, вносит большой вклад в исследование эволюции системы «вода-порода» и закономерностей формирования различных геохимических типов природных вод на этапах эволюционного развития системы, Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием большого объема данных, а также применением для обработки и анализа современных, хорошо апробированных методов.

Тема диссертационной работы соответствует специальности 25.00.07 — Гидрогеология. Основные результаты опубликованы в научных работах, указанных в диссертации. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Диссертационная работа хорошо изложена, достаточно полно проиллюстрирована рисунками и таблицами.

По актуальности темы, научной значимости решенной проблемы, новизне и фундаментальности выводов, диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Н.В.Гусева заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.07 — Гидрогеология.

Главный научный сотрудник лаборатории гидрогеоэкологии ИГЭ РАН

д.г.-м.н.

И.В.Галицкая

Галицкая Ирина Васильевна, адрес: 119634, г. Москва ул. Лукинская, д.11, кв. 57, тел. 89167468176, эл.почта [galgeoenv@mail.ru](mailto:galgeoenv@mail.ru), место работы - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), главный научный сотрудник.

ПОДПИСЬ  
ЗАВЕРЯЮ

УЧЁНЫЙ (

Подпись \_\_\_\_\_

*Галицкая И.В.*

ИГЭ РАН

мая

2018 г.

