

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Климовой Екатерины Владимировны на тему: «Геохимия дренажных растворов при формировании кор выветривания раннего докембрия Фенноскандинавского щита», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых

Диссертационная работа Климовой Екатерины Владимировны посвящена теме реконструкции условий формирования палеопротерозойских кор выветривания по гранитоидам Фенноскандинавского щита. Работа представляется вполне актуальной – она вносит свой вклад в изучение взаимодействий в системе “вода – порода”; полученные результаты дают новую информацию о составе и закономерностях изменений не только литосферы, но и гидросферы, и атмосферы.

Работа обладает новизной, т.к. в ней представлены результаты оригинальных экспериментов, предложенных и проведенных автором. Следует особо отметить, что в диссертационном исследовании использован комплексный подход к изучению геологии, геохимии и минералогии древних кор выветривания и их современных аналогов, что дает возможность верификации результатов модельных лабораторных экспериментов.

В основу положен материал, собранный автором в ходе полевых работ 2006-2013 гг. на территории Карелии. Полевые исследования включали детальное геологическое картирование опорных участков и геохимическое опробование реперных объектов. Также в работе были исследованы образцы глинистых пород, отобранные в ходе спелеологических экспедиций в пещерах Урала, Кавказа и Крыма. Автор выполнила петрографическое описание около 250 шлифов и определение минерального состава около 50 образцов глинистой фракции. Ею проведено более 50 оригинальных экспериментов по выщелачиванию гранитоидов и современных аналогов аутигенной компоненты палеопротерозойских кор выветривания растворами в разных условиях (с переменными рН, Eh и временем выщелачивания).

Применение классических методов петрографических, минералогических и геохимических исследований, личное участие в полевых работах, проведение оригинальных модельных экспериментов – все это в комплексе подтверждает квалификацию автора и является, несомненным достоинством работы.

По результатам диссертационного исследования опубликованы 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в наукометрическую базу Scopus. Результаты неоднократно были представлены на научных конференциях различного уровня.

Тем не менее, при общем положительном впечатлении от работы при ее чтении возникают весьма многочисленные вопросы и замечания, которые удобно рассмотреть последовательно, по разделам диссертации.

Введение. Раздел “Актуальность” является довольно пространным; помимо изучения кор выветривания в нем говорится и о проблемах гидрогеохимии, и об эволюции состава атмосферы, и о K/Na биогеохимическом парадоксе. Соответственно формулируется и

актуальность диссертационного исследования: она “обусловлена выяснением механизмов взаимодействия, состояния равновесия и геологической эволюции в системе вода-порода, без знания которых невозможно полноценно решать многие вопросы гидрогеохимии, геохимии, минералогии, литологии, рудообразования и т.д.” Такая формулировка представляется излишне масштабной и недостаточно конкретной.

Глава 1, которая называется “Строение, состав, геохимические особенности докембрийских кор выветривания Карелии”, начинается с серии определений (термины “гипергенез”, “дренажный раствор” и т.д.). Было бы правильно привести ссылки на источники, из которых взяты эти определения. В разделе 1.1 говорится об “обширном эмпирическом материале по палеопочвам и корам выветривания”, однако ссылок приведено очень мало, что тем более странно для начальной главы диссертации, которая обычно представляет собой литературный обзор.

Глава 2 посвящена геологическому строению района исследований. В ней, в частности, приведены схемы геологического строения двух детальных участков, составленные при участии автора, однако нигде не указаны точки отбора проб.

В **Главе 3** кратко рассматриваются особенности химического состава палеопротерозойских кор выветривания Карелии на примере профилей выветривания Янисъярвинской и Лехтинской структур. В строении каждого профиля выделены две зоны химического изменения, охарактеризовано поведение различных элементов, однако в дальнейших разделах работы эти результаты не находят своего развития.

В **Главе 4** довольно подробно излагаются детали проведенных модельных экспериментов. Из текста становится понятно, что для моделирования взаимодействия вещества субстрата и атмосферных осадков использовался образец гранито-гнейсов, отобранный на первом из исследованных участков, но какой именно образец и почему был выбран именно он? Время взаимодействия в окислительных условиях составляло 6 секунд, 1 минуту, 10 минут, 1 час, 1 сутки, 4 сутки, 1 месяц, 4 месяца, что, как указывает автор, “моделирует различия условий дренажа гипергенного профиля”. 10 минут соответствуют исключительно высокой влажности, 1 час – умеренной, а 4 суток отвечают засушливым условиям. Длительность 30 дней, 6 сек и 1 мин, как сказано в работе (с. 34), “не укладываются в рамки современных климатических характеристик земной поверхности и были выполнены для повышения надёжности выявленных зависимостей в изменении состава растворов”. Здесь хотелось бы более развернутых пояснений – как именно рассчитывалось это соответствие длительности эксперимента и характеристик влажности. И зачем проводился эксперимент в течение 4 месяцев, если даже 1 месяц не укладывается в указанные рамки?

Следующий вопрос, пожалуй, главный по этой главе. На рис. 14 представлена “модель условно-последовательного двухэтапного формирования коры выветривания”. Здесь же, на с. 32 в полном соответствии с рисунком сказано, что “в результате мобилизации атмосферные осадки превращаются в дренажные растворы, которые поступают на вход второго этапа формирования коры выветривания. Второй этап (рис. 14) моделирует перераспределение компонентов дренажного раствора при взаимодействии с аутигенным глинистым компонентом коры выветривания”. Но далее, при описании методики

экспериментов с аутигенной компонентой сказано, что “в качестве начальных были использованы искусственно приготовленные растворы на основе дистиллированной воды, серной кислоты и аммиака” (с. 36). То есть это не те модельные дренажные растворы, которые образовались на первом этапе? Но как это соотносится со схемой эксперимента на рис. 14?

В этой связи, в частности, возникает вопрос – как же в таком случае решалась одна из задач работы, сформулированная во введении, а именно “оценка сорбционной способности материала аналога аутигенной компоненты палеопротерозойских кор выветривания”?

Глава 5. Здесь, конечно, кажется несколько неожиданным то, что в качестве современных аналогов глинистой зоны древних кор выветривания выбраны глинистые отложения пещер Урала, Кавказа и Крыма. Автор пишет, что по химическому составу глинистая фракция пещерных отложений наиболее близка к выветренным горизонтам докембрийских кор выветривания, и иллюстрирует это утверждение классификационной диаграммой (рис. 15), отражающей содержание Al_2O_3 , SiO_2 и K_2O . Но будут ли эти отложения обладать сходством в содержании и поведении редких элементов?

Глава 6 является наиболее интересной, т.к. в ней представлены основные результаты проведения модельных экспериментов. Автор приходит к выводу, что только в кислых окислительных условиях суммарная концентрация катионов в растворах после взаимодействия с гранитоидами превышает величину в 20 мг/л, достигая в длительных экспериментах 115 мг/л, что способствует формированию коры выветривания.

На рис. 22-24 представлены графики, характеризующие кинетику выщелачивания различных химических элементов в этих условиях. Ход этих графиков меняется примерно после 10 суток взаимодействия образцов с растворами, и поэтому не очень понятно, как сравнивать результаты данной серии с результатами других серий, где длительность экспериментов составляла 10 суток.

Хотелось бы также видеть в таблицах наряду с концентрациями катионов в растворах при разной длительности эксперимента еще и результаты измерения pH. Возможно, это помогло бы в интерпретации понижения концентраций Al, Fe, P, Pb на рис. 24. Тем более, что такие измерения, видимо, проводились – ведь на с. 70 сказано, что “во всех экспериментах по выщелачиванию происходит изменение кислотности растворов после взаимодействия с формированием щелочных растворов, при этом pH их изменяется до 8.5 – 10.0 вне зависимости от первоначального состояния”. Как в таком случае изменялся (и изменялся ли?) pH модельных растворов, которые изначально были щелочными по приготовлению?

Следующий вопрос относится к экспериментам с глинистыми минералами. На с. 72 читаем: “В дренажных растворах при взаимодействии с аутигенной компонентой первоначальная концентрация лантаноидов уменьшается от 1 мг/л до 1 мкг/л”. И далее – “Таким образом, аутигенная компонента коры выветривания обогащается легкими РЗЭ в результате сорбции из дренажных растворов”. Но откуда взялась первоначальная концентрация 1 мг/л – ведь при описании проведения эксперимента в главе 4 было сказано, что и для этой серии были использованы искусственно приготовленные растворы на основе дистиллированной воды, серной кислоты и аммиака, а не дренажные растворы после

взаимодействия с гранитоидами? Если речь идет просто о сравнении суммарной концентрации РЗЭ в растворах после выщелачивания гранитоидов и в растворах после взаимодействия с глинистыми минералами, то вряд ли корректно называть это оценкой сорбционной способности.

К сожалению, в работе встречаются некоторые стилистические погрешности и опечатки (например, метод атомной адсорбции).

Высказанные замечания несколько снижают впечатление от диссертационной работы, но не влияют на общую положительную оценку диссертации. В целом диссертационная работа Климовой Екатерины Владимировны является научно-квалификационной работой, в которой решена задача экспериментального моделирования формирования кор выветривания раннего докембрия Фенноскандинавского щита.

Диссертация Климовой Екатерины Владимировны на тему: «Геохимия дренажных растворов при формировании кор выветривания раннего докембрия Фенноскандинавского щита» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Климова Екатерина Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по научной специальности 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета
доктор геолого-минералогических
наук, доцент, профессор кафедры
геохимии Института наук о Земле
СПбГУ

Чарыкова М.В.

06.11.2023