

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗЕМНОЙ КОРЫ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК

664033, Иркутск-33, ул. Лермонтова, 128
для телеграмм: Иркутск-33 "Академгеология"
Тел/факс(3952) 42-70-00 E-mail: log@crust.irk.ru

Р/счет 40501810000002000001 в
ОТДЕЛЕНИЕ ИРКУТСК Г. ИРКУТСК
БИК 042520001 Лицевой счет 20346137950 в
УФК по Иркутской области ИНН/КПП 3812011756/381201001

29.03. 2016 № 15353-27/6215

На № _____ от _____

В диссертационный совет
Д 002.215.01 при Федеральном
государственном бюджетном
учреждении Геологическом
институте РАН

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института


д.г.-м.н. Д.П. Гладкчуб

« 29 » марта 2016



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Ветрова Евгения Валерьевича

**«Эволюция термотектонических событий Юго-Восточного Алтая в позднем мезозое и кайнозое по данным трековой термохронологии апатита»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 «геотектоника и геодинамика»**

Несмотря на высокую степень геологической изученности и хорошо обоснованную реконструкцию кайнозойского осадконакопления в межгорных впадинах Горного Алтая, вопросы об этапах роста и денудации его горных сооружений и их связи с глобальными и локальными процессами горообразования во внутренней части Евразии до сих пор не достаточно освещены.

В мировой практике для решения данных вопросов широко используются термохронологические методы исследований, в том числе метод трекового датирования апатита (fission track analysis), основанный на подсчете плотности и длин треков осколков спонтанного деления ядер урана, накапливающихся в минерале в ходе геологического развития. Трековые возраста апатита из терригенных и магматических комплексов позволяют судить о времени выведения пород на близповерхностные уровни, при этом реконструкция термальных историй позволяет оценить скорость воздымания горных хребтов, реконструировать историю заполнения осадочных бассейнов, а также дать количественную оценку денудационных процессов. Усовершенствованные в последние годы способы представления результатов трекового анализа апатита позволяют визуализировать динамику остывания поверхности фундамента через изображение распределения палеотемператур с определенным временным интервалом. Это позволяет представить хронологию денудационных событий в виде серии изображений объемов денудированных толщ для определенного отрезка времени. Конечным результатом такого моделирования является реконструкция палеорельефа.

Актуальность исследований автора вытекает из необходимости понимания на современном уровне многоэтапной истории развития рельефа такого сложно построенного тектонического сооружения, как Горный Алтай. Восстановление хронологии тектонических процессов с применением термохронологических методов исследований позволяет получить результаты мирового уровня и продвинуться в понимании эволюции рельефа внутриконтинентальных горных областей Центральной Азии.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и перечня использованных источников, состоящего из 137 работ. Общий объем диссертации состоит из 200 страниц и включает 64 рисунка.

Во введении автор работы обосновывает актуальность выбранной темы, формулирует цель, задачи и новизну исследований, кратко описывает методы, объекты исследований и фактический материал и оценивает практическую значимость работы, которая заключается в применении результатов исследований при геолого-съемочных и тематических работах, а также при оценке сейсмичности данного региона. Целью работы является изучение термотектонических событий юго-восточной части Горного Алтая в мезозойско-кайнозойское время по данным низкотемпературной термохронологии апатита. Автор выдвигает для решения поставленной цели четыре задачи, которые полностью соответствуют мировым критериям подобных исследований. Также во введении сформулированы три защищаемых положения и дана информация об объеме, структуре и апробации работы.

В первой главе рассмотрено геологическое положение Юго-Восточного Алтая и его мезо-кайнозойская эволюция в составе Центрально-Азиатского складчатого пояса. Здесь приведен анализ опубликованных данных о геологии и тектоническом развитии региона, о заложении и реактивации основных разломов, отвечающих за перемещение тектонических блоков. Также рассмотрены возможные механизмы, ответственные за формирование рельефа на мезозойском и кайнозойском этапах развития Центрально-Азиатского складчатого пояса. Приведено детальное описание стратиграфии осадочного заполнения Курайско-Чуйской впадины, в разрезе которой зарегистрирована вся кайнозойская история развития юго-восточной части Горного Алтая. Также детально описано разломно-блоковое строение зоны сочленения Курайского хребта и Курайско-Чуйской впадины и роль разломов различной кинематики в кайнозойской эволюции рельефа этого района.

Вторая глава посвящена методике исследований – трековому датированию апатитов. Автор приводит детальное описание механизмов формирования треков и их характеристику, суть и возможности применения трекового анализа, которые зависят от содержания урана, при расщеплении которого образуются треки, и возраста образца. Также детально рассмотрены принципы трекового датирования, калибровка, аналитические процедуры и техника датирования со ссылками на современную иностранную литературу.

Третья глава посвящена геологической интерпретации данных трекового анализа апатита. Это также обзорная методическая глава, включающая детальное описание различных моделей отжига треков в лабораторных условиях, экстраполяцию лабораторных результатов на геологическое время и возможности применения трекового анализа в качестве термохронологического инструмента для реконструкции термальных историй. Геологическая интерпретация основывается на расшифровке истории остывания образцов во время их нахождения в зоне частичного отжига треков (на глубине от 2 до 4 км) при их эксгумации за счет взаимосвязанных процессов тектонического поднятия, денудации и изостатического отклика. Автор описывает разные варианты истории остывания и их интерпретацию согласно опубликованным в международной литературе данным, а также обсуждается стратегия отбора образцов.

Четвертая глава посвящена визуализации термотектонических событий по данным трекового анализа апатита. Здесь приведено описание способов визуализации набора региональных данных трекового датирования и количественного определения длительной денудации. В главе обсуждаются различные предположения и неопределенности, возникающие при использовании данного методического подхода, связанные с экстраполяцией палеотемператур и удельной тепловой проводимости, с вариациями состава апатита и со стратегией моделирования. С помощью комбинации информации о денудации с данными цифровой модели рельефа и с учетом вышеприведенных

неопределенностей возможно моделирование эволюции палеотопографии, которая оценивается с помощью последовательного вычитания количества материала, удаленного денудацией, в определенный период времени на изучаемой поверхности с учетом изостатического равновесия. В главе также приводится обзор примеров регионального термотектонического моделирования для восточной окраины Тибетского плато и различных областей Австралийского континента (Юго-Восточной и Юго-Западной Австралии, Тасмании, Гаулерского кратона и блока Кимберли).

Пятая глава посвящена термотектонической модели Юго-Восточного Алтая. Здесь непосредственно рассматриваются результаты исследований соискателя, на основе которых сформулированы защищаемые положения. Эта глава диссертации является основной и содержит пять подразделов.

Первый подраздел описывает стратегию отбора образцов на трековый анализ апатита из пород Юго-Восточной части Горного Алтая. Замечание к этому подразделу в том, что здесь просто констатируются места отбора проб без какого-либо обсуждения стратегии. Например, не объяснено, в чем стратегия отбора проб на Чулышманском плато вдоль профиля, ориентированного с запада на восток. Для Курайского хребта, почему образцы были отобраны вдоль профиля, ориентированного вдоль осевой части, а не в крест простирания, хотя было бы логично отобрать хотя бы один профиль как раз в крест простирания с перепадом высот, минимум, в 2 км, чтобы получить полную термальную историю для этого хребта, и т.д.

Второй раздел посвящен результатам трекового датирования. Описана методика, по которой проводилось датирование в Гентском Университете (Бельгия), а также приведена информация о трековых возрастах, средних трековых длинах и термальных историях, которая позволила получить данные о времени и интенсивности тектонических движений, обосновать выводы о возрастах тектонической активизации, а также скоростях и объемах денудации для трех опорных участков: Курайско-Чуйского, Чулышманского и Джулукульского. Всего для Юго-Восточного Алтая автором использовано 46 трековых датировок, 9 из которых получено самостоятельно и 32 термальных истории, 7 из которых построены автором. Полученные трековые возраста апатитов колеблются от позднеюрских до эоценовых. Построенная региональная модель распределения трековых возрастов указывает на более позднее вертикальное поднятие Чуйско-Курайского прогиба и Телецкого грабена, относительно прилегающих хребтов, а модель распределения средних трековых длин – на задержку тех же массивов в зоне частичного отжига, т.е. на более медленную динамику их выхода на поверхность.

Третий раздел посвящен интерпретации термальных историй. Здесь приведены истории с оценкой скоростей денудаций и объемов денудированных толщ для Курайского,

Южно-Чуйского и Шапшальского хребтов, Курайской впадины, Чулышманского плато и Чаган-Узунского выступа. Основное замечание к данному разделу в том, что не приведены хорошие иллюстрации термальных историй образцов, которые использовались для интерпретации термальной истории пород вышеуказанных блоков. Все 33 графика термальных историй помещены на один рисунок в полстраницы, который не позволяет рассмотреть эти графики в деталях. Вероятно, поэтому график для образца G07-06, на котором основана интерпретация термальной истории пород Южно-Чуйского хребта, выглядит на рисунке двухстадийным, а автор выделяет по нему 4 этапа. А для образца КУ-43, на котором основана интерпретация термальной истории пород Курайского хребта, график отсутствует вовсе.

Подсчитанные автором региональные скорости денудации для Юго-Восточного Алтая позволили сделать ряд интересных заключений, как местного характера, например, о том, что синхронное погружение пород Чаган-Узунского выступа и основания Курайской впадины с последующим быстрым воздыманием свидетельствует о существовании единого осадочного Курайско-Чуйского бассейна, который был затем разделен Чаган-Узунским блоком, так и более глобального. К последнему относится выделение трех термотектонических событий в развитии рельефа Юго-Восточного Алтая, которое и вошло в основу третьего защищаемого положения. Первый этап соответствует поздне меловой-раннепалеогеновой тектонической активизации со скоростью денудации до 200 м/млн. лет, которую автор связывает с удаленным воздействием Монголо-Охотской орогении. Второй этап относится к среднепалеогеновой – ранне неогеновой стабилизации с формированием поверхности выравнивания. Третий этап – неоген-четвертичной тектонической активизации «ступенчатого» характера со скоростью денудации до 270 м/млн. лет, которая связана с удаленным воздействием Индо-Азиатской коллизии. Единственное замечание к этому выводу – это связь поздне меловой-раннепалеогеновой тектонической активизации с Монголо-Охотской орогенией, поскольку известно, что, как минимум, с раннего мела в западной части зоны закрытия Монголо-Охотского океана (которая наиболее близко расположена к рассматриваемому региону) господствует режим растяжения с формированием Забайкальских впадин, также в это время происходит заложение Байкальского рифта. Соответственно, Монголо-Охотской орогении, по крайней мере, в конце мела – начале палеогена, в этой области уже не было, и, вероятно, был какой-то другой источник, ответственный за тектоническую активизацию этого периода.

В четвертом разделе рассматривается корреляция геофизических, геологических данных и данных трекового анализа апатитов. Автор приводит анализ сопоставления сейсмических данных с результатами регионального моделирования по трековым параметрам. Видимую корреляцию аномальной зоны с относительно молодыми трековыми

возрастами и наименьшими значениями трековых длин в районе Курайско-Чуйского прогиба с современной сейсмически активной областью автор связывает с влиянием подогретых подземных вод, циркулирующих в разломных зонах, на трековые возраста. Из чего автор делает вывод, что региональный анализ трековых параметров может представлять собой инструмент для выявления сейсмически активных областей и оценки сейсмических рисков в пределах Юго-Восточной части Горного Алтая, о чем сказано в первом защищаемом положении. Этот вывод, на наш взгляд, достаточно спорный, потому что невозможно определить в каждом отдельном случае от чего зависят трековые параметры, а для оценки сейсмических рисков необходим целый комплекс сеймотектонических исследований. Хотя, несомненно, данный подход может внести свой вклад в оценку степени деструкции земной коры, что имеет не менее важную практическую значимость. В этом же разделе автор отмечает высокую степень корреляции данных термальных историй для образцов Курайско-Чуйской впадины и ее горного обрамления с литолого-фациальными данными по кайнозойским отложениям Курайско-Чуйской впадины, которая очень наглядно представлена на корреляционной схеме стратиграфических данных и результатов трекового анализа. Второе защищаемое положение, сформулированное на основе этих данных, выглядит достаточно убедительно.

Пятый раздел посвящен визуализации термотектонических событий Юго-Восточного Алтая за последние 95 млн. лет. Автором в виде серии изображений представлены результаты моделирования термальных историй пород юго-восточной части Горного Алтая с временным интервалом в 10 млн. лет. На моделях отражены история остывания пород, региональные денудационные события в виде объемов денудированных толщ и палеогеографические схемы для каждого временного интервала. На базе полученного материала автор выделяет три значительных периода в развитии рельефа Юго-Восточного Алтая – во время первого (95-65 млн. лет) район развивался как выровненная поверхность с приподнятым северо-восточным участком, второй период (55-25 млн. лет) характеризуется равномерной денудацией территории при отсутствии каких-либо тектонических поднятий, и за последние 15 млн. лет произошла мощная денудация Южно-Алтайского и Западно-Саянского блоков. При этом современная орография данного района была сформирована за последние 5 млн. лет, а в период 12-5 млн. лет большая часть региона (Курайско-Чуйская впадина, Укокское и Чулышманское плато) подвергалась озерному осадконакоплению. Сделанные автором выводы по результатам моделирования подтверждают третье защищаемое положение.

Оценивая в целом диссертационную работу Евгения Валерьевича Ветрова, следует отметить, что она является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи восстановления хронологии тектонических процессов и реконструкции

эволюции рельефа для сложнопостроенного тектонического сооружения Горного Алтая, что имеет большое значение для понимания процессов внутриконтинентального горообразования Центральной Азии. Работа выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью. В перечне использованных источников, состоящем из 137 работ, большинство ссылок - на современные иностранные публикации, что указывает на хорошее знание автором мировых тенденций в данной области исследований. Работа выполнена на хорошем научном уровне, с применением методических подходов, широко используемых в мировой практике, что позволило автору получить результаты, соответствующие мировому уровню. В основе работы лежит большое количество трековых датировок, часть из которых выполнена непосредственно автором. Защищаемые положения, в основном, хорошо обоснованы и не вызывают принципиальных возражений. Единственное замечание по защищаемым положениям касается оценки сейсмических рисков по анализу региональных моделей распределения трековых параметров, о чем было сказано выше. Этот анализ, на наш взгляд, не «позволяет ... оценить сейсмические риски...», как заявлено в первом защищаемом положении, а может являться одним из инструментов для оценки сейсмических рисков, дополнительно к комплексу необходимых сеймотектонических исследований.

К работе также имеется ряд других замечаний, часть из них приведена выше, при рассмотрении разделов диссертации, другая часть, технического характера, представлена ниже.

1. В диссертации наблюдается заметный перекоп в сторону обзорных глав – только методу исследований посвящено три обширных главы со слишком, на наш взгляд, подробным описанием всех нюансов метода. Главы содержат большой объем детальной информации о различных моделях лабораторных исследований отжига треков, экстраполяции результатов на геологические условия и возможности применения трекового анализа для реконструкции термальных историй с детальными примерами для различных регионов мира. Возможно, такое подробное описание было бы необходимо, если бы одно из защищаемых положений касалось постановки какой-то новой части метода или его усовершенствованию. Здесь же просто применялся уже известный подход, широко используемый в мировой практике, и работа была выполнена по стандартному алгоритму без привнесения автором каких-то дополнений в методiku исследований. При таком подходе, на наш взгляд, вполне было бы достаточно одной главы, посвященной описанию метода, его геологической интерпретации и визуализации. Тогда больше внимания (в процентном соотношении) было бы уделено собственным исследованиям автора.

2. В описании кайнозойской истории развития Юго-Восточного Алтая на примере зоны сочленения Курайского хребта и Курайско-Чуйской впадины не хватает обзорной

карты с изображением описываемых блоков и зон разломов. Такая карта обеспечила бы наглядность поданного в этой главе материала.

3. В диссертации отсутствуют рисунки 1.3 и 1.4, хотя ссылка на последний в тексте присутствует.

4. У некоторых рисунков (например, рис. 1.5.) отсутствуют условные обозначения, также не на всех картах указана координатная сетка (например, рис. 1.11 (1)), либо она указана лишь по параллелям, как на рис. 1.5. На полевых фотографиях структур (рис. 1.10, 1.11(3)) было бы желательно указывать стороны света для лучшего понимания ориентировки этих структур в пространстве.

5. Отмечается недостаточная выверенность текста и бросающиеся в глаза опечатки.

Высказанные замечания не меняют общей положительной оценки диссертационной работы.

Автореферат по своей композиции и освещению разделов соответствует содержанию диссертации. По основным научным результатам автором опубликовано две статьи в реферируемых журналах и одна в продолжающемся издании из списка ВАК. Материалы, положенные в основу диссертации, докладывались и обсуждались на конференциях и совещаниях разного уровня. Полный список публикаций (13 наименований) соискателя приведен в автореферате. Они в полной мере освещают различные положения диссертационной работы.

Вышеизложенное позволяет заключить, что диссертация Евгения Валерьевича Ветрова соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для ученой степени кандидата наук, а ее автор Ветров Евгений Валерьевич достоин присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.03 – геотектоника и геодинамика.

Отзыв составила:

Аржанникова Анастасия Валентиновна

к.г.-м.н.

старший научный сотрудник лаборатории современной геодинамики

ФГБУН Института земной коры СО РАН

Адрес: 664 033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

<http://www.crust.irk.ru/>

Email: arzhan@crust.irk.ru

раб. тел.: (3952) 429-534

Я, Аржанникова Анастасия Валентиновна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 29 » марта 2016 г.



Место печати

Подпись

Отзыв рассмотрен и одобрен в качестве отзыва ведущей организации на заседании Ученого совета ФГБУН ИЗК СО РАН (протокол № 4 от 29 марта 2016 г.)

Председатель Ученого совета,
д.г.-м.н.

Гладкочуб Дмитрий Петрович

Ученый секретарь ИЗК СО РАН,
к.г.-м.н.

Дорофеева Раиса Петровна

Подпись	<i>Аржанникова Анастасия Валентиновна</i>
<i>А.В.</i>	заверяю
Зав. канцелярией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института земной коры Сибирского отделения Российской академии наук	
<i>АВ</i>	<i>03</i> 2016 г.