

В.А. Коротеев, К.С. Иванов, А.Т. Расулов, В.Н. Смирнов

ПОСТКОЛЛИЗИОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ

Институтом геологии и геохимии УрО РАН и Уральской секцией Межведомственного тектонического комитета проведена очередная конференция «Постколлизийная эволюция подвижных поясов “VII Чтения А.Н. Заварицкого” (30 мая – 2 июня 2001 г., Екатеринбург).

В работе конференции приняли участие 126 специалистов из более чем 20 городов России (Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Ярославля, Казани, Перми, Челябинска, Миасса, Сыктывкара, Уфы, Новосибирска, Иркутска, Хабаровска, Магадана, Владивостока, Петрозаводска, Петропавловска-Камчатского и других) и стран дальнего зарубежья (Германия, Италия). На двух пленарных заседаниях и стендовых сессиях было представлено 75 докладов. Более 45 участников конференции приняли участие в экскурсиях на ключевые геологических объекты Среднего Урала.

Геодинамика заключительного этапа развития подвижных поясов вызывает значительный интерес исследователей во всем мире, и относится к одному из активно развиваемых направлений наук о Земле. Свидетельством этому служат многоаспектные доклады, прочитанные на участвовавших в последнее время региональных совещаниях и конференциях, большое число публикаций в ведущих научных журналах, международные исследовательские проекты (например, ЕВРОПРОБА, ГРАНИТ и др.), проводимые в рамках Европейского фонда INTAS и при поддержке РФФИ. Все достигнутое нуждается в обсуждении, систематизации и переосмыслении, с тем, чтобы определиться в понимании процессов, имевших место в подвижных поясах после завершения этапа колли-

зии. Особенно важны и дискуссионны вопросы, касающиеся постколлизийного растяжения, коллапса и последующего рифтогенеза. Сопутствующие процессы эволюции магматизма, металлогении, седиментогенеза, эксгумации метаморфических комплексов и т.д. требуют дальнейшего детального изучения и оценки. Существенный шаг в этом направлении сделала Международная конференция – “Постколлизийная эволюция подвижных поясов”.

Судя по тематике представленных на конференции докладов, повышенное внимание уделяется магматизму, глубинным структурным формам, метаморфизму, металлогении и термическому режиму постколлизийной геодинамики. В меньшей степени рассматриваются связанные с ней процессы седименто- и литогенеза и деформации осадочных комплексов.

Особенности эволюции подвижных поясов от окончания коллизии до формирования современного рельефа на примерах Урало-Монгольского пояса, Пайхойско-Южно-Новоземельского складчатого сооружения, Непальских Гималаев, Алтая, Высокой Азии, Верхояно-Колымской области рассматривались в докладах К.К. Золоева и М.С. Рапопорта (Екатеринбург), К.С. Иванова (Екатеринбург), В.С. Имаева с соавторами (Якутск), И.И. Пospelова (Москва), В.Н. Пучкова (Уфа), И.Г. Авенариус (Москва), А.В. Рязанцева (Москва), И.С. Новикова (Новосибирск), Г.Ф. Уфимцева (Иркутск), Н.И. Тимонина (Сыктывкар) и С.Ф. Скоблева с соавторами (Москва), Б.И. Чувашова (Екатеринбург). Для ряда регионов протяженного Урало-Монгольского пояса показано проявление процессов раннемезозойской активизации. По К.С. Ивано-

ву это – второй мощный этап растяжения, происходивший в мезозойское время (первый был в верхнем докембрии – нижнем ордовике). Она сопровождалась рассеянным рифтогенезом, трапповым вулканизмом, деформацией ранних коллизионных структур, выведением метаморфических комплексов на уровень верхней коры, формированием современной тектонической зональности региона. Следующим важным этапом развития пояса В.Н. Пучков считает неоген-четвертичный, причастный к его новейшей активизации и орогенезу. В соответствии с представлениями Б.И. Чувашова, процессы постколлизионного сжатия и растяжения в Уральском подвижном поясе происходили неоднократно, причем как первый, так и второй процесс, могли приводить к формированию горного сооружения. Аналогичный тектонический режим допускается также для Верхояно-Колымской области (В.С. Имаев и др.) и Алтая (И.С. Новиков). По данным И.Г. Авенариус, Новоземельский ороген не испытывал раннекеммерийской складчатости, как это свойственно Уральскому орогену, но в новейшее время в их развитии было много общего В докладе И.И. Поспелова и Бянь Цяньтау отмечается, что ряд офиолитовых сутур Высокой Азии возникли после окончания цикла Уилсона в процессе дисперсии Гондваны и азиатской аккреции, который продолжается и ныне. В Непальских же Гималаях новейшие подвижки привели к шарьированию окраины кратона (Г.Ф. Уфимцев).

Наибольшее количество докладов (устных и стендовых) было посвящено постколлизионному магматизму и связанной с ними металлогении. Обобщение и систематизация имеющихся данных позволило М.С. Рапопорту и К.К. Золоеву (Екатеринбург) и В.А. Душину (Екатеринбург) устанавливать в пределах Урала и в прилегающих территориях Пай-Хоя, Новой Земли, Печорской и Западно-Сибирской плит ряд возрастных уровней проявления постколлизионного магматизма. По К.П. Иванову (Екатеринбург) раннемезозойская магматическая формация характеризуется как контрастная базальт-липаритовая серия, с резким преобладанием пород основного, базальтового состава над кислыми, сформировавшаяся в результате рассеянного рифтогенеза. В докладе В.С. Попова (Москва) отмечается общность инициального и финального вулканизма; триасовый вулканизм – это естественный эпизод в длинной череде эпох растяжения и сжатия, сопровождав-

ших активизацию и затухание магматической деятельности в Уральском подвижном поясе и его обрамлении, начиная с раннего рифея. К продуктам постколлизионного гранитоидного магматизма на Урале отнесены адамеллит-гранитные, монцодиорит-гранитные массивы, дайки лампрофиров и лампроитовидов. Их фациально-формационные, петрологические, петрохимические и геохимические параметры а также металлогеническая специализация (молибден, ниобий и др.) рассматривается в докладах Г.Б. Ферштатера с соавторами (Екатеринбург), В.В. Бочкарева (Екатеринбург), Т.Н. Сурина (Челябинск) и Ю.В. Ерохина (Екатеринбург). Для обсуждения были представлены материалы и по офиолитам (Grieco G, Н.В. Чаплыгина, К.Е. Дегтярёв) и кислым, щелочным и субщелочным вулканогенным комплексам (Е.Н. Волчек, Т.Ю. Медведева, А.Н. Угрюмов, Г.П. Дворник) с подробным описанием вещественного состава и рудной специализации. На примере изучения магматических комплексов в пределах Кольско-Карельской субплатформы Балтийского щита П.К. Скуфин демонстрирует возможности и ограничения их использования как показателей геодинамических режимов сжатия и растяжения. О широком развитии постколлизионного многоактного гранитоидного, бимодального и базальтового магматизма на юго-востоке Сибири (в пределах Алтае-Саянской, Байкальской горной области, Станового хребта, Забайкалья и Монголо-Охотского складчатого пояса) приводятся данные в докладах Сизых Вит.И. (Чита) и Синцова А.В., Демина А.Н., Лобанова М.П. (Иркутск) с соавторами. С ранней стадией его проявления связывают, в частности, образование огромного по размерам Ангаро-Витимского батолита (Забайкалье), традиционно рассматриваемого как результат надвигания позднепалеозойского континента на горячее пятно мантии, состоящее из двух суперплюмов. В докладе Гордиенко И.В и Киселева А.И. предлагается альтернативное объяснение причин постколлизионного магматизма, в том числе и батолитообразования, природа которых заключаются в механической (плотностной) нестабильности континентальной литосферы, связанной с предшествующей тектонической историей ее развития. Более поздние базальтовые излияния локализованы в структурах, наложенных на более древние. Постколлизионный магматизм региона сопровождается молибденовым, свинцово-цинковым, вольфрамовым, оловя-

ным, танталовым, ниобиевым, бериллиевым и прочим оруденением. В Верхояно-Колымской складчатой области переход от коллизионного к постколлизионному этапу ознаменовался, судя по докладам В.А. Трунилиной, Ю.С. Орлова и С.П. Роева (Якутск), становлением мелких штоков, этмолитов, трубообразных тел и даек. Для определения Р-Т параметров формирования и их изменения в процессе эволюции материнских магм было использована последовательность формирования и зональность составов главных породообразующих и аксессуарных минералов пород. С.А. Бабушкиной (Якутск) массивы щелочных гранитов и лейкогранитов области отнесены в обособленную группу позднеорогенных и анорогенных магматических образований. Материнские магматические расплавы формировались и эволюционировали под воздействием тепла и флюидов, продуцируемых глубинными мантийными магмами. Анорогенные щелочные граниты являлись непосредственными производными этих последних.

Определение возраста коллизионного и постколлизионного метаморфизма основывалось часто на радиогеохронологических данных (разной степени надежности). В докладах А.М. Пыстина с Ю.И. Пыстиной и В.Л. Андреева (Сыктывкар) было высказано предположение, что на Урале существует несколько возрастных уровней метаморфизма, с которыми связаны эклогитосодержащие парагенезисы. По мнению этих авторов только древнейшие датировки эклогитов фиксируют время кристаллизации этих пород (в зонах субдукции), а более молодые – маркируют время их метаморфической эволюции и эксгумации. По А.И. Русину (Екатеринбург) высокобарический метаморфизм на Южном Урале имел место в интервале 354–375 млн лет (что подтверждает данные К.С. Иванова с соавторами, докладывавшиеся на чтениях А.Н. Заварицкого в 2000 г). Зональный метаморфизм низких и умеренных давлений явился следствием термальной релаксации коры в стабильном режиме, либо в условиях пассивного растяжения. В докладе А.Н. Барышева (Москва) допускается, что эдукция метаморфизованных комплексов Урала происходила в девоне. В этой связи небезынтересно отметить результаты анализов треков распада в апатитах и цирконах, приведенные в докладах У.А. Гласмахера (Glasmacher U.A., Wagner G.A., Puchkov V.N.) и Г.А. Петрова (Petrov G.A., Seward D., Friberg M.). В соот-

ветствии с ними остывание метаморфических комплексов Урала (то есть их выведение на близ-поверхностный уровень) происходило в мезо-кайнозойе. Сведения о высокобарических гранулитах относительно небольших размеров, выведенных на поверхность в Д-С и мезо-кайнозойе, в пределах Станового и Охотского подвижных поясов, приводили Стогний Г.А. и Стогний В.В. Петрологические и геохимические признаки проявления постколлизионного метаморфизма были показаны на примере исследования анортозитов Лапландского гранулитового пояса (Л.И. Нерович). Они демонстрируют замещение ранних парагенезисов (этапа коллизии) парагенезисом высокотемпературного диафтореза амфиболитовой фации. Исследования, проведенные Е.В. Медведевой с П.М. Вализером (Миасс), Т. Дегеном (Германия) и С.Г. Скубловым (Санкт-Петербург), позволили установить в основных и ультраосновных породах, распространенных в отдельных районах Урала и северо-запада Байкальской складчатой области, фации и структурные формы, связанные с метаморфизмом, время проявления которого осталось не раскрытым.

В серии докладов (В.П. Алексеева, А.Г. Баранникова и И.Е. Стукаловой с соавторами, В.И. Русского, Ю.С. Каретина и В.И. Копорулина) обсуждаются литология, фациальные типы, стратификация, петрографический состав, органическое вещество, геохимия, минерагения, структурные формы локализации, разрывные и пликативные нарушения осадочных комплексов, соответствующих постколлизионному этапу развития Урала. Среди осадочных пород складчатого пояса, представляющего северную окраину Палеоазиатского океана рифей-нижнепалеозойского возраста, выделяют так называемые «перекрывающие образования». Е.Ф. Летникова (Иркутск) в своем докладе показала, что они позволяют определить максимальный возрастной предел присоединения террейнов складчатой зоны к краю Сибирского кратона. М.Т. Крупенин (Екатеринбург) рассматривает рифейско-вендские осадочные последовательности Башкирского орогенического поднятия, условия их формирования, литогенез, эволюция тектоники и оруденения в отрезке времени от позднего протерозоя до мезо-кайнозоя.

Совместные сообщения геологов и геофизиков основаны на анализе материалов сейсмического (Р.Г. Берзин, Л.Л. Аккуратова, И.К. Керя-

мова – Москва, А.М. Виноградов, А.Н. Коровин, И.Н. Ворончихина – Екатеринбург, В.Б. Соколов – Шеелит), геоэлектрического профилирования (А.Г. Дьяконова, К.С. Иванов, А.Д. Коноплин, В.С. Вишневу, П.Ф. Астафьев – Екатеринбург) интерпретации гравитационных полей (Н.Н. Винничук и К.С. Иванов, Екатеринбург) и различных геотермометров (В.В. Наркисова и др. – Ярославль, Л.В. Анфимов с соавторами – Екатеринбург). В результате этих исследований получены важные данные, касающиеся строения зон сочленения крупных геоблоков на Южном Урале (А.Г. Дьяконова и др.), высказаны предположения о глубинном строении и структурно-вещественных комплексах зоны Главного Уральского Глубинного Разлома (Н.Н. Винничук и др.), обосновано существование межплитных и внутриплитных образований (В.Б. Соколов), проведена оценка палеотемператур в разрезе и районе расположения скважины СГ-4. А.И. Малышев обобщив данные по землетрясениям на стыке Евразийской, Тихоокеанской и Филиппинской плит заключает, что сейсмофокальные зоны представляют собой физические границы, где происходят буферизация и перераспределение напряжений, реализующиеся в одних и тех же породах без значительных их взаимных перемещений. Дискуссия показала, что с этим не согласны большинство участников Конференции.

Теоретическим вопросам постколлизийной геодинамики были посвящены доклады Е.В. Аргюшкова (Москва), М.В. Родкина (Москва), О.И. Парфенюк (Москва) и А.Ю. Кисина с соавторами (Екатеринбург). Е.В. Аргюшков утверждает, что горообразование обычно происходит после завершения основной части сжатия и не сопровождается интенсивной складчатостью. Отсутствие одновременного поднятия указывает на уплотнение коры во время сжатия. Оно осуществляется за счет перехода габбро в нижней коре в более плотные гранатовые гранулиты или эклогиты. Быстрое уплотнение в нижней коре оказывается возможным только в случае инфильтрации в нее из астеносферы водосодержащего флюида. Для быстрого сжатия литосферы требуется резкое понижение прочности литосферы. Оно может быть достигнуто путем ее флюидной обработки. Постепенное разуплотнение пород основного состава по мере повышения температуры должно привести к формированию горного сооружения в складчатом поясе. Следовательно, горообразование в складчатых поясах не произойдет до тех пор,

пока из астеносферы в них не поступит водосодержащий флюид. Близкие представления содержатся в тезисах М.В. Родкина, которому представляется естественным, что именно активизированные наличием флюида процессы метаморфизма обеспечивают аномальную деформируемость земной коры коллизионных и постколлизионных поясов. По А.Ю. Кисину и др. существуют прогрессивные и регрессивные этапы в развитии складчатых поясов. Постколлизийная геодинамика проявляется в последний из них. Она сопровождается снятием горизонтально сжимающих сил и опусканием коллизионного пояса, граничащего с активной плитой. В результате в тылу его возникают условия растяжения, а в то же время во фронтальной части – продолжается засасывание. О.И. Парфенюк также допускает мысль о постколлизийном растяжении, что в орогенных зонах, испытавших утолщение и горизонтальное сокращение, является возможной реакцией на увеличение вертикальных напряжений и температуры в литосфере из-за возникновения поднятий и формирования корней.

Из многочисленных аспектов постколлизийной геодинамики, освещавшихся в докладах на конференции, наиболее актуальными для дальнейших исследований являются, по мнению участников Конференции, следующие:

- динамика и продолжительность постколлизийных процессов в складчатых поясах древней консолидации (Урало-Монгольский пояс, Аппалачи, Палеотетис, и др.);

- особенности магматизма, метаморфизма, металлогении, седименто- и литогенеза постколлизийной геодинамики;

- изотопно-возрастные характеристики постколлизийных комплексов;

- проблема механизма эксгумации высокобарических комплексов;

Из перечисленных научных направлений недостаточно обеспечены кадрами высокой квалификации мелкомасштабные региональные исследования, мало специалистов по структурной геологии, петротектонике, палеомагнетизму и седиментогенезу. Все направления испытывают острый недостаток в современном аналитическом оборудовании, которое позволяет получать массовые и надежные возрастные датировки, изотопные и другие тонкие геохимические характеристики пород и минералов.

Конференция “VII Чтения А.Н. Заварицкого”, заслушав доклады по проблеме “Пост-

Участники геологических экскурсий совещания.

Первый день экскурсий.
На подступах к горе Азов.



Участники геологических экскурсий совещания.

Второй день экскурсий.
Гранитный карьер у поселка
Озерный.



коллизийная эволюция подвижных поясов”, постановляет:

– Исследования состава, геологической позиции, возраста и петрологии конкретных магматических, метаморфических и осадочных комплексов складчатых поясов выполняются на высоком научном уровне, но иногда носят мозаичный, локальный характер. Следующие из них частные геодинамические реконструкции взаимно противоречивы и нередко диссонируют с общерегиональными закономерностями. Необходимо проведение обобщающих исследований, снимающих местные разночтения. Для Урала, в частности, последние палеогеодинамические реконструкции в картографическом виде проводились в начале 70-х годов и нуждаются в обновлении на основе новейших данных.

Первый день экскурсии был посвящен габбро-гипербазитовым комплексам, которыми так богат Урал. Был осмотрен Уктусский дунит-клинопироксенит-габбровый массив (экскурсовод Е.В. Пушкарев), а также комплекс параллельных диабазовых даек и подущечных лав горы Азов.

Основной целью второго дня геологичес-

кой экскурсии было знакомство с постколлизийными гранитами, вскрытыми щебеночным карьером в окрестностях пос. Озерный (около 65 км к северо-востоку от Екатеринбурга). Карьер находится в зоне восточного экзоконтакта Адуйской гранитной интрузии, располагающейся в пределах так называемой «гранитной оси Урала» – полосы гранитных батолитов, которая протягивается в восточной части Урала практически по всему его протяжению.

Преобладающая часть Адуйского массива, являющегося одним из наиболее крупных гранитных батолитов Урала (его размеры – более 70 км в длину и до 20 км в ширину), сложены «водными» плутоническими гранитами, т.е. гранитами, которые представляют собой продукт кристаллизации водонасыщенных магм, выплавлявшихся из пород коры на протяжении коллизийного этапа развития. К восточному же контакту батолита приурочена цепочка мелких тел гранитов более молодого возраста, проры-

вающих как главную разновидность гранитов Адуйского массива, так и сопровождающие их пегматитовые жилы.

Осмотренный участниками экскурсии карьер вскрывает рвущий контакт одного из таких тел с гранитами главной разновидности, выделяемыми в качестве адуйского комплекса. Последние представлены относительно лейкократовыми породами, облик которых в пределах карьера заметно варьирует: структура гранитов меняется от равномернозернистой до порфиоровидной, текстура – от массивной до гнейсовидной. При этом химический состав гранитов, наиболее важным показателем которого является содержание кремнезема 71–73 %, достаточно устойчив. Граниты рвущего тела резко отличаются более темным, мезократовым обликом и отчетливо выраженной порфиоровидной структурой, обусловленной присутствием вкрапленников полевого шпата размером до 2 см на фоне среднезернистой основной массы. Наблюдаемые различия во внешнем облике гранитов подтверждаются результатами химического анализа. Порфиоровидные граниты рвущего тела отличаются от гранитов адуйского комплекса более низким количеством кремнезема (68–70 %), калия и рубидия при повышенном содержании Fe, Ti, Ca, Mg и Sr. В бортах и глыбах на дне и уступах карьера участники экскурсии могли наблюдать характер взаимоотношений гранитов двух наблюдаемых здесь типов: резкий рвущий контакт без апофиз и инъекций одних гранитов в другие и наличие многочисленных ксенолитов светлых коллизионных гранитов в темных порфиоровидных (рис. 1). Ксенолиты имеют как округлую, так и угловатую форму, их размер – от нескольких до 30 см. Особый интерес пред-

ставляет наличие в одном из ксенолитов пегматитового прожилка мощностью около 1 см, сложенного пегматоидным агрегатом кварца и калиевого полевого шпата (рис. 2). Наряду с ксенолитами гранитов молодые порфиоровидные граниты содержат сильно переработанные обломки меланократовых пород (рис. 3). В свою очередь молодые порфиоровидные граниты прорваны многочисленными пегматитовыми жилами, мощность которых обычно не превышает 10–15 см, но иногда достигает 1,5 м. Маломощные (до нескольких см) жилы сложены пегматоидным агрегатом кварца и калиевого полевого шпата с небольшим количеством мусковита, иногда граната. Более крупные, как правило, имеют зональное строение. Их центральная часть сложена аплитом, внешняя – агрегатом с пегматоидной структурой (рис. 3 а, б). Для наиболее крупных жил характерно секториально-зональное строение, когда наблюдается постоянное чередование участков с пегматоидной и аплитовой структурами (рис. 4).

Таким образом, участники экскурсии имели возможность убедиться, что гранитоидный магматизм представлен двумя ритмами. Имеющиеся к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что образование одного из них, гранитов адуйского комплекса и сопровождающих их пегматитов, связано с коллизионным этапом развития региона. Темные порфиоровидные граниты и прорывающие их пегматиты имеют отчетливо более молодой возраст (они секут пегматиты, завершающие предыдущий ритм), что позволяет предполагать их постколлизионное происхождение. Более точных данных о возрасте молодых гранитов пока не существует, но для для лейкогранитов малышев-

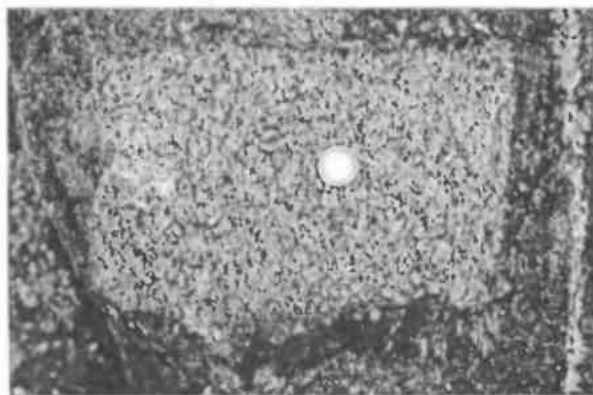


Рис. 1. Ксенолит светлых гранитов в темных порфиоровидных.

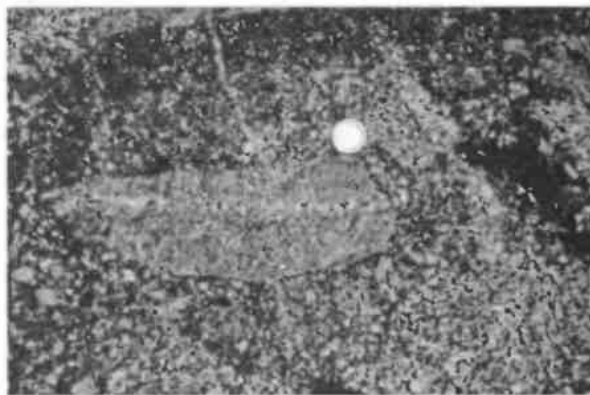


Рис. 2. Пегматитовый прожилок в ксенолите.

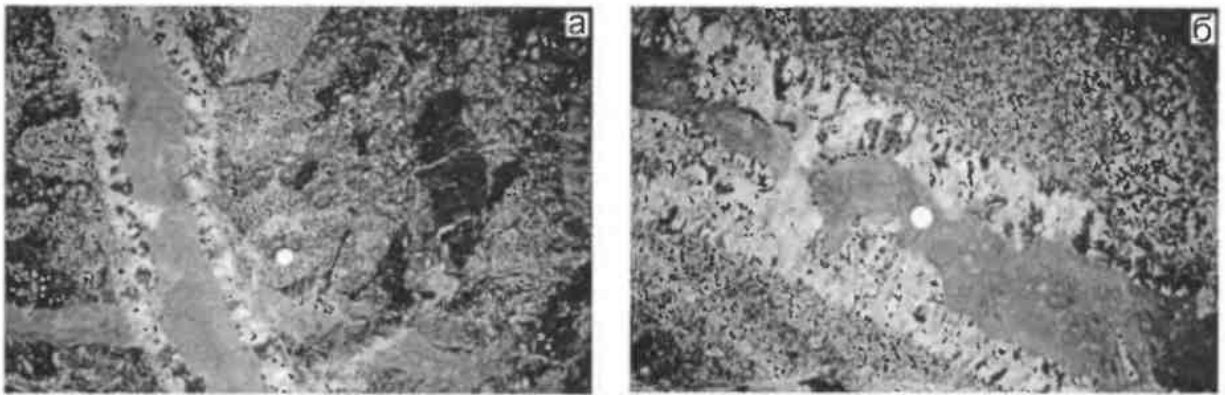


Рис. 3. Пегматитовые жилы в порфиридовидном граните.

Рис. 4. Секториально-зональное строение пегматитовой жилы.



кого комплекса, слагающих такие же тела на небольшом удалении к югу и имеющих ряд общих особенностей с осмотренными (сфен-ортитовая ассоциация аксессуарных минералов и молибденовая гидротермальная минерализация), получены цифры 220–240 млн лет, что как раз соответствует постколлиззионному этапу развития Урала.

На обратном пути (64 км шоссе Екатеринбург – Реж) были осмотрены выход типичных коллиззионных гранитов и пегматитов адуйского комплекса. По внешнему виду обнажающиеся здесь граниты аналогичны гранитам адуйского комплекса, наблюдавшимся в карьере. Для сопровождающих их пегматитов, в отличие от широко развитых в осмотренном карьере пегматитов постколлиззионного этапа, характерно широкое развитие графических структур и присутствие наряду с мусковитом пластинок биотита.

Кроме того, участники экскурсии посетили отвалы и сохранившиеся до настоящего времени выработки рудника Первоначального (Березовское рудное поле), первого в России руд-

ника по добыче рудного золота, эксплуатация которого началась в 1748 году. Месторождение имеет обычное для этого района строение. Карьер вскрывает дайку порфиридовидных гранитоидов, насыщенных золотоносными кварцевыми жилами. Последние сопровождаются оторочками березитов. На контакте дайки с боковыми породами (оталькованными серпентинитами) развиты биметасоматические березиты и листовениты.

В целом конференция была проведена на высоком научно-организационном уровне. Этому способствовала финансовая поддержка Российского фонда фундаментальных исследований (грант 00-05-74028).

Изданы тезисы докладов конференции «Постколлиззионная эволюция подвижных поясов “VII Чтения А.Н. Заварицкого” (30–31 мая 2001 г., Екатеринбург)». Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 223 с.