

На правах рукописи

**Камзолкин Владимир Анатольевич**

**ТЕКТОНИКА ДОМЕЗОЗОЙСКОГО ОСНОВАНИЯ  
ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПЕРЕДОВОГО ХРЕБТА СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

25.00.03 – геотектоника и геодинамика

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Москва 2013

Работа выполнена в лаборатории тектоники и геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва.

**Научный руководитель:** доктор геолого-минералогических наук  
**Сомин Марк Львович**  
(ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН)

**Официальные оппоненты: Минц Михаил Вениаминович**  
доктор геолого-минералогических наук,  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Геологический Институт  
РАН, старший научный сотрудник, заведующий  
лабораторией тектоники раннего докембрия

**Белов Александр Алексеевич**  
доктор геолого-минералогических наук,  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Государственный  
геологический музей им. В.И. Вернадского,  
г. Москва, заведующий отделом

**Ведущая организация:** Федеральное государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования Московский государственный  
университет имени М.В. Ломоносова

Защита диссертации состоится **06 июня 2013 г. в 14.00** на заседании  
Диссертационного совета Д 002.001.01 при Федеральном государственном  
бюджетном учреждении науки Институте Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН  
по адресу: г. Москва, Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва. Автореферат размещен на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации [vak.ed.gov.ru](http://vak.ed.gov.ru) и на сайте института [www.ifz.ru](http://www.ifz.ru).

Автореферат разослан **29 апреля 2013 г.**

Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук



О.Г. Онищенко

## Актуальность проблемы

Структурное положение и происхождение метаморфических комплексов – один из важнейших аспектов тектоники складчатых сооружений. В зависимости от того, каков возраст этих комплексов, их вещественный состав и соотношение с другими комплексами, определяются условия заложения складчатой системы и ряд главных черт ее структуры. Теоретически метаморфические комплексы могут быть фундаментом складчатого сооружения, новообразованным компонентом его разреза или же полностью аллохтонной (чужеродной) частью его структуры. В последние десятилетия именно благодаря новым данным, касающимся геологии метаморфических комплексов, были пересмотрены основы тектоники ряда складчатых систем. Такая ревизия затронула и представления о строении Большого Кавказа. Так, было установлено, что его домезозойский метаморфический фундамент значительно моложе, чем это предполагалось ранее, и имеет очень сложную террейновую покровно-коллагную структуру. Особое значение при этом приобрели сведения, касающиеся западной части зоны Передового хребта, поскольку только здесь сохранился почти полный набор комплексов домезозойского основания: высокометаморфизованные породы и гранитоиды (кристаллиникум), вулканогенно-осадочные толщи среднего палеозоя (урупский комплекс), метаморфический ацгаринский покров, офиолиты и др. Одновременно наименее ясным оказывается принципиально важный аспект тектоники Передового хребта, связанный с взаимоотношениями кристаллиникума и урупского комплекса, которые только в этом районе находятся в непосредственном соприкосновении. Залегающий в основании разреза кристаллиникум одними авторами трактовался как додевонский (возможно, протерозойский) фундамент; другие видели постепенный переход от него к зеленосланцевым толщам урупского комплекса; третьи, напротив, рисовали большой срыв в основании этих толщ. Поскольку данные по западному сектору Передового хребта всегда считались опорными для всего Большого Кавказа, исследование главных аспектов геологии его доальпийского основания представляется весьма актуальным.

## **Цели и задачи исследований**

Цель работы – изучение строения, эволюции, уровня метаморфизма и степени однородности кристалликума зоны Передового хребта и его соотношения с перекрывающими среднепалеозойскими комплексами. В соответствии с этим исследования были направлены на решение следующих задач:

1. Выяснение внутреннего строения блыбского метаморфического комплекса и его роли в структуре зоны Передового хребта.
2. Изучение метаморфической эволюции пород блыбского метаморфического комплекса.
3. Сопоставление пород блыбского метаморфического комплекса с их предполагаемыми аналогами, обнажающимися в пределах Сахрайского выступа.
4. Проверка основных представлений о соотношении пород блыбского метаморфического комплекса с перекрывающими породами урупского комплекса

## **Научная новизна работы**

1. Использование фенгитовой барометрии и изучение включений омфацита в сульфидах гнейсов блыбского комплекса позволило подтвердить петрологически когерентный тип разреза блыбского комплекса и его субдукционную природу. Выявлена специфика структуры блыбского комплекса – существование в нем тектонических чешуй, различных по петрографическому составу и особенностям внутренних деформаций, и наличие пликативных структур нескольких генераций.
2. Впервые в зоне Передового хребта обнаружены породы позднего неопротерозоя (венда).
3. Совокупность геологических и изотопно-геохронологических данных позволила на новом уровне подтвердить тезис о блыбском комплексе, как о тектонической подложке (псевдофундаменте) урупского комплекса

4. В связи с выявлением специфики сахрайского комплекса установлена гетерогенность метаморфических толщ, слагающих основание структуры Передового хребта.

### **Научно-практическая ценность работы**

Обобщение полученных данных и результатов предшествующих исследований позволило уточнить представления о региональной геологии Северного Кавказа, включая существенное изменение легенды и содержания карт государственной геологической съемки Кавказского региона. Изучение положения меденосных осадочно-вулканогенных комплексов зоны Передового хребта может привести к частичному пересмотру металлогенических представлений, касающихся данного региона. Выделение нового типа минералов-контейнеров и уточнение метода мономинеральной фенгитовой геобарометрии позволяет с большей точностью судить об эволюции комплексов, претерпевших неоднократный метаморфизм.

### **Фактический материал и методология**

В период с 2010 по 2013 г. автором в течение трех месяцев проводились полевые работы в высокогорной части зоны Передового хребта (бассейны рек Малая Лаба, Большая Лаба и Уруштен, горные массивы Армовка, Дженту, Бамбаки и Магишо). Были составлены подробные структурные разрезы, отобраны пробы для изотопно-геохронологического (U-Pb, K-Ar) и петрологического изучения. Для левобережья р. Малая Лаба составлена новая крупномасштабная геологическая карта, сопровождаемая серией структурных диаграмм. Совместно с И.В. Фокиным проведена магнитометрическая съемка опорных разрезов блыбского комплекса вдоль рек Большая и Малая Лаба. Проведена корреляция полученных профилей с результатами геологических наблюдений.

Для изучения петрографического состава использовано более 200 собственных шлифов и просмотрены шлифы из коллекции М.Л. Сомина. Совместно с А.Н. Кониловым проведено микрозондовое исследование 40 шлифов на установке *SEM Tescan VEGA II xm* с *EDS INCA X-Sight* и системой обработки

спектров *INCA Energy 350* в Институте экспериментальной минералогии РАН (ИЭМ РАН) в Черноголовке. Силикатные анализы выполнены в Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН).

### **Апробация работы и публикации**

Результаты, полученные в ходе написания данной работы, докладывались на российских и международных конференциях:

“Гранулитовые и эклогитовые комплексы в истории Земли”, 16–18 июня 2011 г., Петрозаводск;

9<sup>th</sup> International Eclogite Conference, 2011, Mariánské Lázně, Czech Republic;

V Российская конференция по изотопной геохронологии “Геохронометрические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов”, 4–6 июня 2012 г., ИГЕМ РАН, Москва;

XLIV Тектоническое совещание “Осадочные бассейны и геологические предпосылки прогноза новых объектов, перспективных на нефть и газ”, 31 января–3 февраля 2012 г., Москва.

Промежуточные результаты работы были доложены 16 апреля 2012 г. на Конференции молодых ученых ИФЗ РАН, где удостоились премии.

По материалам диссертации опубликованы две статьи в журналах, входящих в список, рекомендованный ВАК РФ.

### **Защищаемые положения**

1. Показана ведущая роль чешуйчато-надвиговой тектоники в формировании структуры блыбского комплекса и его выведении на уровень верхней коры до совмещения с вулканогенно-осадочным урупским комплексом.
2. Впервые выделен самостоятельный, предположительно ордовикский, сахрайский комплекс, формировавшийся в энсиалических условиях, который ранее считался аналогом магишинской свиты блыбского комплекса.

3. Для преобладающей части пород блыбского комплекса установлен метаморфизм уровня эклогитовой фации, указывающий на существование раннего глубинного этапа эволюции.
4. Установлена неоднородность высокобарного кристалликума зоны Передового хребта, проявленная в присутствии блоков пород с возрастом от позднерифейского до среднепалеозойского, формировавшихся в разных геодинамических условиях.

### **Личный вклад**

Автором проведены структурные изыскания в районе исследований, включающие составление подробных геологических разрезов и схем, замеры элементов залегания плоскостных текстур, выделение и картирование чешуй, и камеральная обработка полученных материалов с сопоставлением разрезов Блыбского, Сахрайского и Бескесского выступов.

На базе ИЭМ РАН автором самостоятельно проведено семь смен на микрозонде с последующей обработкой анализов.

Выполнен комплекс работ, связанных с проверкой и уточнением формулы существующего фенгитового геобарометра; с помощью уточненной формулы изучены породы блыбского комплекса.

Описана собственная коллекция шлифов (Блыбский, Бескесский и Сахрайский выступы), а также шлифы из коллекций М.Л. Сомина (Блыбский выступ) и И.Н. Семенухи (Сахрайский выступ). Проведена геологическая интерпретация магнитометрических профилей и их корреляция с разрезами блыбского комплекса.

### **Структура работы**

Диссертация состоит из Введения, восьми глав и Выводов, включает 4 таблицы, 104 рисунка, список использованной литературы из 121 наименования. Общий объем диссертации – 186 страниц.

## **Благодарности**

Автор благодарен своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук М.Л. Сомину за чуткое руководство, внимание к деталям работы, а также за мотивацию непрерывного самосовершенствования в геологии.

Полевые работы в разные годы проводились совместно с М.Л. Соминым, М.И. Чеховским, Ю.П. Видяпиным, И.В. Фокиным, А.Н. Кониловым, К.А. Докукиной, А.В. Богатовым. Магнитометрические исследования курировались С.А. Тихоцким. Особое значение для автора имели петрологические консультации А.Н. Конилова и А.И. Смутьской, уроки структурной геологии Ю.А. Морозова, участие в работе С.Д. Иванова, помощь М.С. Фельдмана в подготовке большого количества шлифов, редакторские советы Н.И. Тимофеевой, а также моральная поддержка университетского наставника Д.И. Панова.

Всем названным лицам автор выражает глубокую и искреннюю признательность.

Исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты №№ 10-05-00036, 12-05-00856).

### **Глава. 1. История изучения тектоники зоны Передового хребта**

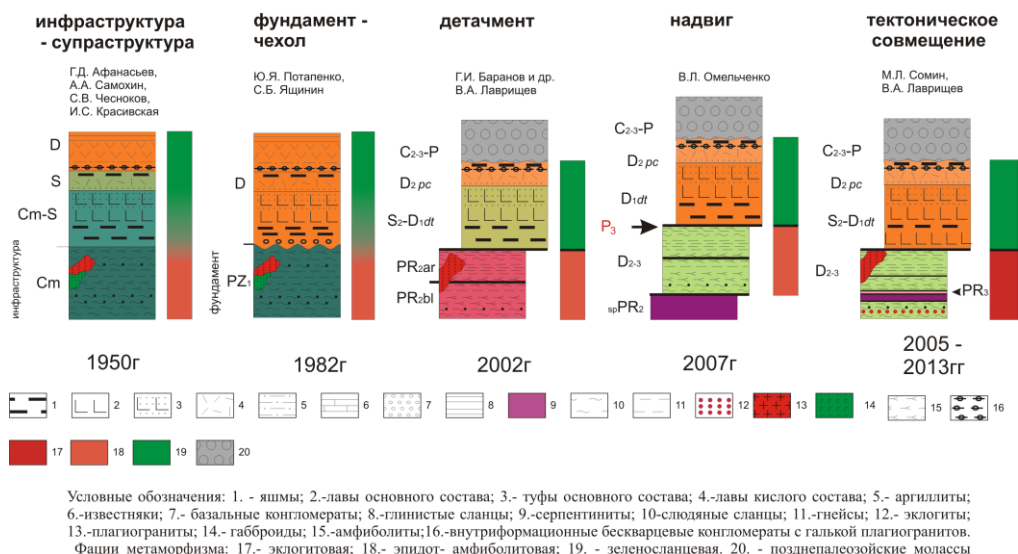
До 70-х гг. XX века тектоника западной части Передового хребта и всей этой зоны рассматривалась в рамках исключительно фиксистских представлений: комплексы горных пород, находящиеся в верхней структурной позиции, принимались за более молодые автохтонные образования (идея грабен-синклинория Передового хребта). Однако в середине 70-х гг. произошло резкое изменение во взглядах на тектонику этой зоны – в 1974 г. Г.И. Баранов и И.И. Греков выявили аллохтонное положение метаморфических пород (так называемая речепстинская метаморфическая серия) и пространственно связанных с ними интрузивных тел в области хребта Абиширо-Ахуба. Одновременно М.Л. Сомин отметил аллохтонное положение кристаллических пород в горном массиве Джуга. Немного позднее в 1976 г. А.А. Белов и В.Л. Омельченко



доказали аллохтонный характер залегания сложного комплекса офиолитов в верховьях реки Маруха. Таким образом, был установлен покровный характер структуры всей верхней части доверхнепалеозойского разреза зоны Передового хребта. Остальные комплексы горных пород, расположенные южнее, считались автохтонными и параавтохтонными образования.

Во всех случаях комплекс кристалликума считался досреднепалеозойским; при этом предполагался либо постепенный переход от него к отложениям девон–нижне-каменноугольного возраста, либо срыв в кровле фундамента (рис. 1). М.Л. Сомин и В.А. Лаврицев привели ряд геохронологических, петрологических и литологических аргументов в пользу того, что кристалликум в блыбском метаморфическом комплексе может иметь один возраст с вулканитами девона–нижнего карбона, точнее, с урупским комплексом.

Для проверки этой гипотезы требовалось выполнение большого объема петрологических, структурных и изотопно-геохронологических исследований; к тому же оставалась неясной степень однородности (сходства) выступов кристалликума в Передовом хребте и степень их коррелируемости с кристалликумом других частей Передового хребта и Большого Кавказа. Необходимость проведения исследований в этом направлении неоднократно подчеркивал Е.В. Хаин.

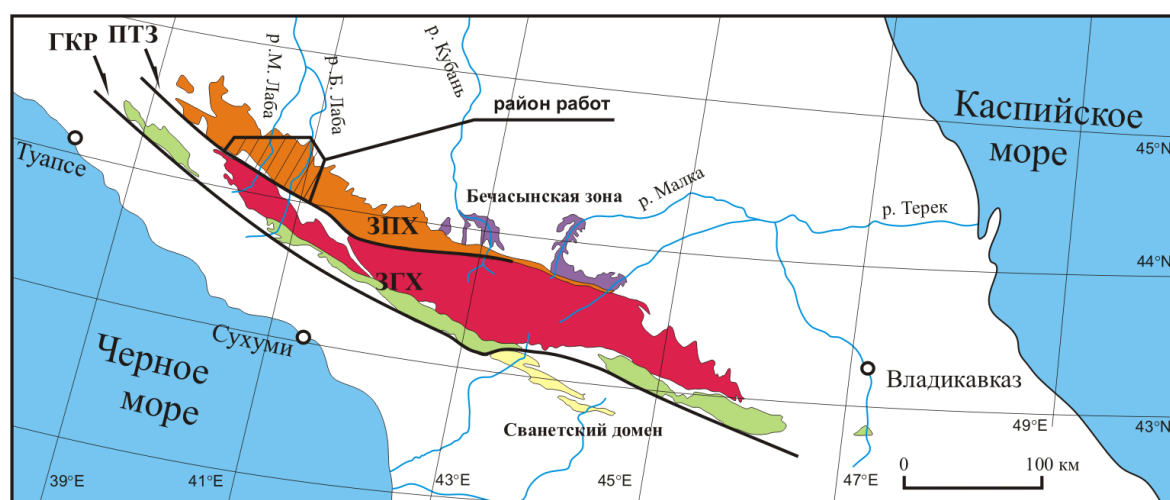


**Рис. 1.** Различные представления о возрасте кристаллического основания зоны Передового хребта Северного Кавказа и его взаимоотношении с перекрывающими вулканогенно-осадочными комплексами

## Глава 2. Геолого-тектонический очерк Большого Кавказа

В доюрской структуре Большого Кавказа М.Л. Соминим выделяются два домена – Северо-Кавказский и Сванетский. Первый из них включает с севера на юг Бечасынскую зону, зоны Передового и Главного хребтов; часть второго представлена Сванетским антиклинорием с выходами пород дизской серии (рис. 2). Принципиальное различие между двумя этими доменами состоит во времени проявления складчатости и характере преобразования коры. Если в Сванетском домене проявилась раннекеммерийская складчатость, то для Северо-Кавказского установлено проявление варисцийской эпохи тектогенеза, произошедшей на границе среднего и позднего палеозоя, которая сопровождалась региональным метаморфизмом и внедрением больших масс гранитоидов (Somin, 2011). При этом севернее в пределах последнего проявились события кадомского и каледонского возраста (Бечасынская зона).

Доюрские отложения Бечасынской зоны представлены бечасынским метаморфическим комплексом и его осадочным чехлом. Первый, сложенный в основном метатерригенными породами, метаморфизованными в условиях от хлоритовой до биотит-гранатовой зоны, имеет кембрийский возраст (Сомин, 2007). Осадочный чехол представлен терригенной урлешской свитой средне-верхнекембрийского–нижнесилурийского возраста.



### Условные обозначения

<b>Северо-Кавказский домен</b>		<b>Сванетский домен</b>
Бечасынская зона	Зона Передового хребта (ЗПХ)	Дизская серия (Сванетский антиклинорий)
Зона Главного хребта (ЗГХ)		ГКР - Главный Кавказский разлом
Перевальная подзона	Эльбрусская подзона	ПТЗ - Пшекиш-Тырныаузская зона

Рис. 2. Схема строения доальпийского основания Большого Кавказа

Зона Передового хребта – наиболее сложно построенная часть складчатого сооружения Большого Кавказа. Здесь снизу вверх выделяются нижне-среднепалеозойский кристаллиникум, обнажающийся в пределах Даховского, Сахрайского, Бескесского и Блыбского, самого крупного из названных, выступов; пакет аллохтонов, включающий слабометаморфизованные вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы кизилкольского (урупского) покрова; фрагменты офиолитового разреза марухского покрова; метаморфиты и гранитоиды ацгаринского покрова. В верхней части разреза расположен неавтохтонный молассовый комплекс – отложения верхнего визе–триаса.

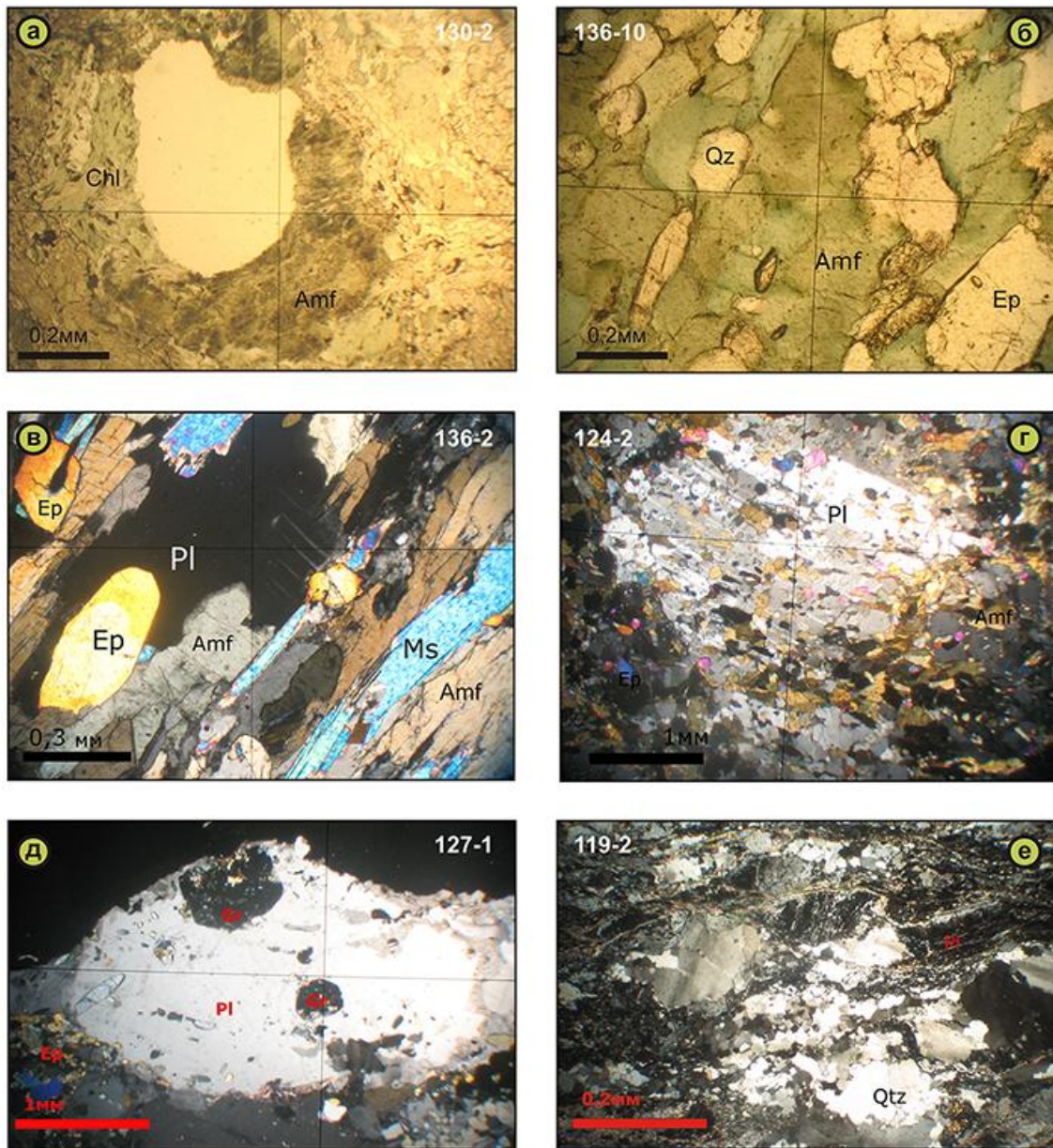
Зона Главного хребта включает Перевальную и Эльбрусскую подзоны (см. рис. 2). Перевальная подзона сложена среднепалеозойским амфиболит-сланцевым буульгенским комплексом и сланцево-вулканогенным лабинским комплексом, отдельные части разреза которого сопоставляются с отложениями урупского комплекса зоны Передового хребта (Греков и др., 1968). Породы комплексов метаморфизованы на уровне от эпидот– амфиболитовой фации низкого давления (лабинский комплекс) до амфиболитовой (буульгенский комплекс).

Породы Сванетского домена обнажаются в пределах одноименного антиклинория и представлены неметаморфизованными морскими отложениями дизской серии среднего девона–триаса.

### **Глава 3. Петрографическое описание пород кристаллиникума и урупского комплекса зоны Передового хребта**

В данной главе приводится описание орто- и парагнейсов и сланцев блыбского метаморфического комплекса, приуроченных к ним гранитоидов, а также вулканитов урупского комплекса.

Для ортопород (рис. 3,в), преобладающих в разрезе блыбского комплекса и представленных преимущественно гнейсами, характерен массивный облик без композиционной полосчатости и низкое содержание глиноземистых минералов (гранат, слюды). Их цирконы идиоморфны и чаще всего имеют четкую зональность. Среди ортопород выделяются эпидотовые гнейсы и амфиболиты; типичные минеральные парагенезисы для них  $Amp+Ep\pm Grt+Pl(Ab)+Qz\pm Bt$ ,  $Amp+Ms(Ph)\pm Grt+Pl(Ab)$ ,  $Pl\pm Qz+Ms(Ph)+Ep$  (сокращения названий минералов по Whitney, Evans, 2010).



**Рис. 3.** Шлифы ортопород блыбского комплекса. а, б – фотографии в одном никеле: зерна амфибола, насыщенные мелкими выделениями рудного минерала, развивающегося по более раннему темноцветному минералу, образец 130-2, р. Малая Лаба (а); реликтовый характер бурого амфибола в амфиболитах р. Малая Лаба, образец 136-10 (б); в, г, д, е – фотографии в скрещенных николях: инертный контакт фенгита и амфибола в мусковитовом амфиболите, образец 136-2 р. Малая Лаба, (в); “ситовидные” порфиробласты альбита, захватывающие зерна основной ткани, образец 124-2 р. Малая Лаба, (г); реликты граната, сохранившиеся в порфирокласте плагиоклаза, образец 127-1, р. Малая Лаба, (д); низкотемпературные бластомилониты по гнейсам кристалликума в районе контакта с вулканитами урупского комплекса, образец 119-2, р. Хацавита (е)

В метаморфической эволюции ортопород выделяются четыре этапа:

1) проградный (эклогитовый), которому отвечает ассоциация  $Grt-(Px_{Omf})-Amr_{бурий}$ . Реликты минералов этой ассоциации редко сохраняются в породе (см. рис. 3,а,б,д);

2) ретроградный, сопровождающийся повсеместным наложением ассоциации сине-зеленого амфибола и эпидота (рис. 3,б);

3) этап наложенной альбитизации с формированием “ситовидных” порфиробластов альбита (рис. 3,г);

4) этап наложенного бластокатаклаза и диафтореза (рис. 3,д,е).

Парапороды в разрезе блыбского комплекса играют подчиненную роль. Для них характерны композиционная полосчатость, неоднородное строение, большое содержание слюд, граната, иногда кианита, а также присутствие окатанных цирконов нескольких возрастных групп. Примерами парапород являются слюдяные гнейсы, гранатовые и кианитовые сланцы. Типичные минеральные парагенезисы:  $Pl(Ab)+Grt+Ms(Ph)\pm Vt\pm Ky$ ,  $Pl(Ab)+Ms(Ph)+Qz$ .

В разной степени метаморфизованные гранитоиды кристалликума представлены плагиогнейсами и плагиогранитами, а также жильными телами плагиогранитов, плагиоаляскитов и плагиоаплитов (Гамкрелидзе, Шенгелиа, 2007).

Вулканыты урупского комплекса, изученные в районе исследований, представлены их кислыми и средними разностями, а также метабазальтами и не несут свидетельств метаморфизма выше зеленосланцевой фации.

#### **Глава 4. Строение и структурная эволюция метаморфических комплексов основания зоны Передового хребта**

В данной главе рассматривается строение и структурная эволюция блыбского комплекса кристалликума и урупского вулканогенного комплекса.

Один из результатов выполненных исследований – опровержение идеи купольного строения Блыбского выступа, предложенной А.А. Самохиным в 1957 г. Статистические замеры ориентировок плоскостных текстур в гнейсах и сланцах для всего комплекса показали устойчиво пологие ( $10-20^\circ$ ) падения в

север–северо-западных румбах; степень рассеяния ориентировок возрастает к его юго-западному окончанию. Кроме того, в пределах блыбского комплекса установлено существование различных по составу и степени деформации чешуй, контакты которых падают согласно преимущественной ориентировке плоскостных текстур. Эти чешуи формировались после пика проградного метаморфизма и играли важную роль в процессе эксгумации метаморфитов блыбского комплекса (рис. 4).

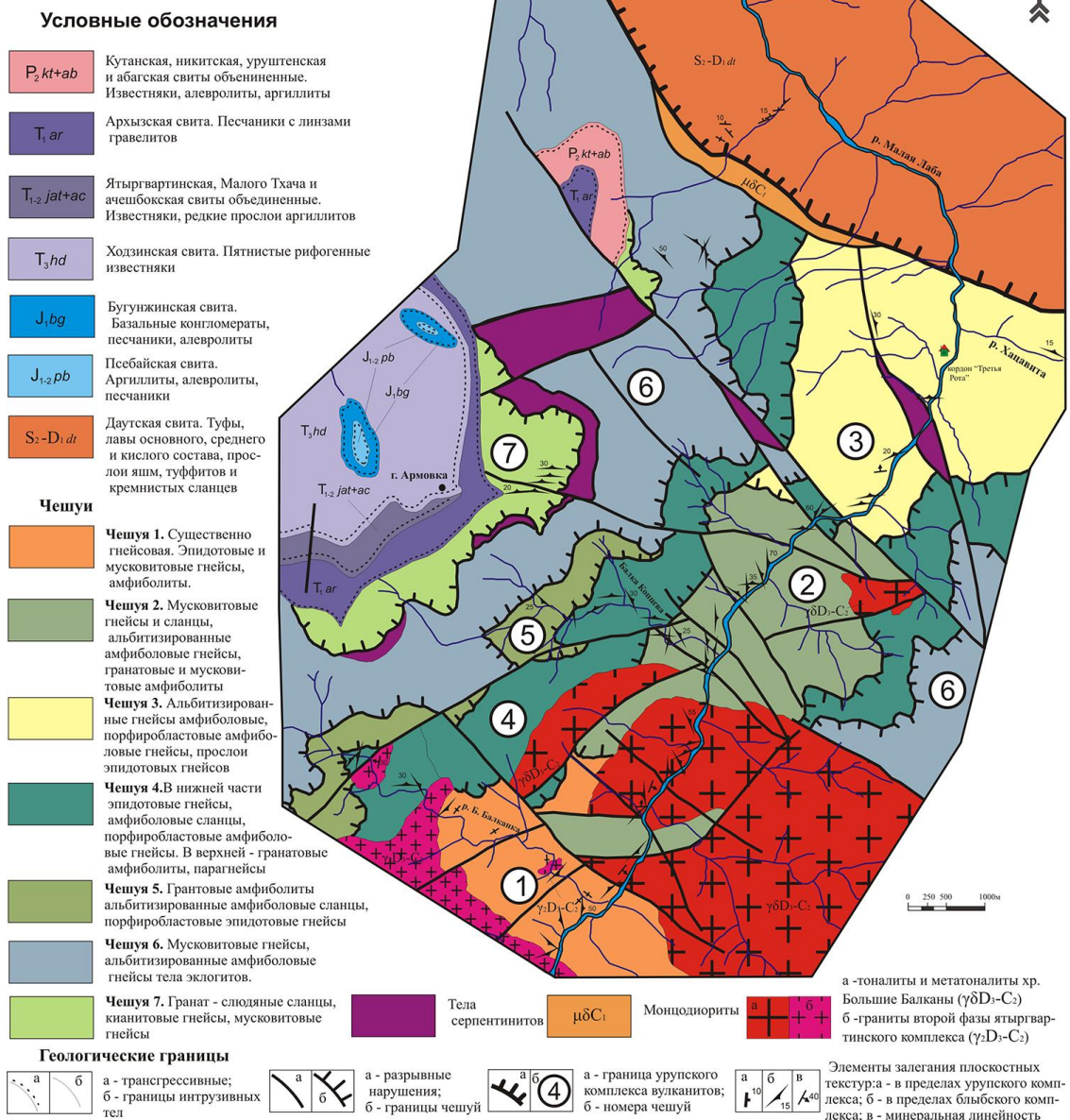
Фиксируемые в обнажениях блыбского комплекса наиболее ранние складки формировались также после пика проградного метаморфизма и представлены различными, в том числе изоклинальными, складками, которые изгибают кристаллизационную сланцеватость.

На стадии чешуйчатой эксгумации кроме складчатых деформаций в породах комплекса развивались бластомилонитизация и бластокатаклиз. Эти процессы поддерживались внедрением крупных тел гранитоидов, создававших дополнительный тепловой поток (Гамкрелидзе, Шенгелиа, 2005), и сопровождалась широко проявленным натровым метасоматозом.

Выведение пород блыбского комплекса в верхние уровни коры сопровождалось его тектоническим совмещением со слабометаморфизованными отложениями урупского комплекса и формированием бластомилонитов по породам первого из них (см. рис. 3,е).

Дальнейшие деформации являются общими для двух совмещенных комплексов и включают два этапа. На первом этапе в условиях полей напряжений с северо-восточным (первичное) и северо-западным (наложенное) направлениями сжатия формировались складки с субперпендикулярными друг другу шарнирами. Из-за этого на стереограммах наблюдается “размазывание” облака падений плоскостных текстур, ориентированного на северо-запад, к востоку и западу. Важным фактом, который может свидетельствовать о продолжительности данного деформационного этапа, стало обнаружение крупных (с амплитудой до 100 м) складок подобной ориентировки в перекрывающих блыбский комплекс породах триаса, считавшихся ранее считались не дислоцированными.

**Рис. 4. Схема строения бльбского метаморфического комплекса (для участка реки Малая Лаба)**



На заключительном этапе происходило наложение блоковых деформаций, что существенно усложнило структуру комплекса и способствовало выведению на поверхность блоков вендских ортогнейсов (р. Малая Лаба, балка Копцева).

Изложенное в данной главе приводит к первому защищаемому положению:

ПОКАЗАНА ВЕДУЩАЯ РОЛЬ ЧЕШУЙЧАТО-НАДВИГОВОЙ ТЕКТОНИКИ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ БЛЬБСКОГО КОМПЛЕКСА И ЕГО ВЫВЕДЕНИИ НА УРОВЕНЬ ВЕРХНЕЙ КОРЫ ДО СОВМЕЩЕНИЯ С ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫМ УРУПСКИМ КОМПЛЕКСОМ.

## Глава 5. Сопоставление Блыбского, Сахрайского и Бескесского выступов

В пределах зоны Передового хребта существуют четыре крупных выступа пород кристалликума – Блыбский, Даховский, Бескесский и Сахрайский. Первые два из них и обнажения третьего в районе балки Мощевой наиболее доступны для исследования и благодаря этому достаточно хорошо изучены (Кориковский и др., 2004; Гамкрелидзе, Шенгелиа, 2005; Сомин, 2007).

В настоящей главе рассматриваются мало изученный Сахрайский выступ и практически совсем не изученный участок Бескесского на реке Бескес; приводятся их характеристики и сопоставление с породами Блыбского выступа (рис. 5). Описание выступов фундамента зоны Передового хребта выявляет как их сходство, так и определенные различия.

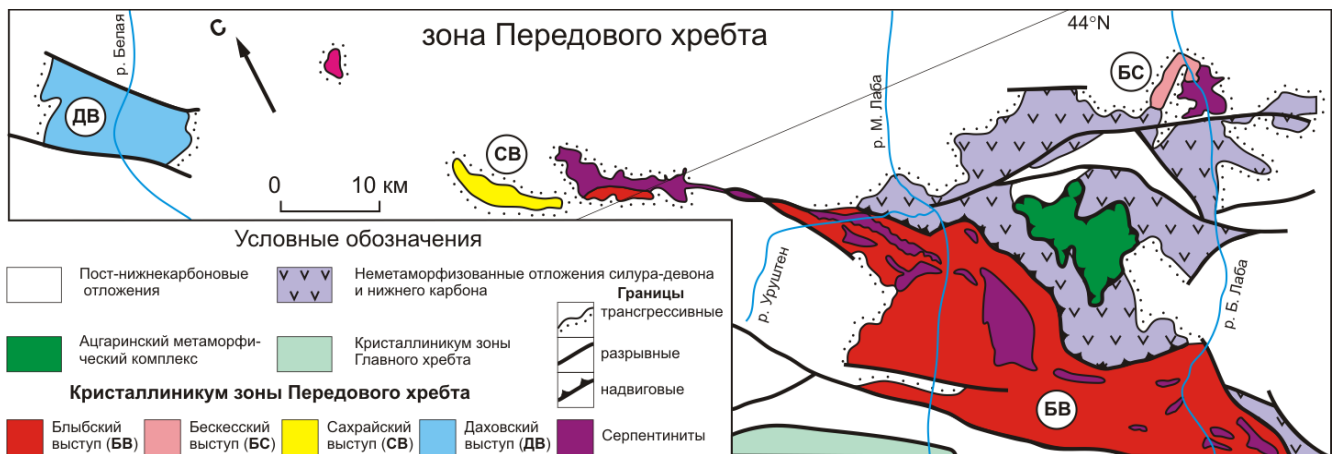


Рис. 5. Строение западной части зоны Передового хребта

Общим для пород кристалликума зоны Передового хребта является присутствие в разрезе крупных тел серпентинитов, с которыми иногда ассоциируют тела эклогитов (Блыбский и Сахрайский выступы).

Породы основания зоны подвержены тотальной эпидотизации, для них характерна натровая специфика (Гамкрелидзе, Шенгелиа, 2005). В то же время по составу, степени метаморфизма и возрасту выступы различаются. Породы Бескесского, Даховского и Блыбского выступов, формировавшиеся на коре промежуточного или симатического типа, характеризуются высоким уровнем метаморфизма (эклогитовая фация для Блыбского выступа; эпидот–



амфиболитовая для Даховского и Бескесского). Для этих выступов определен среднепалеозойский возраст протолитов (354 млн. лет для Даховского; 389 млн. лет для Бескесского; 361 млн. лет для Блыбского).

Иная ситуация фиксируется в породах Сахрайского выступа, которые формировались в энсиалических условиях (для ортогнейсов  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,735299$ ;  $\epsilon_{\text{Nd}} = -8,0$ ; Somin, 2011) и метаморфизованы на уровне не выше эпидот-амфиболитовой фации. Для них методом *SHRIMP* по цирконам получен более древний возраст протолита – 479 млн лет. Породы Сахрайского выступа не имеют аналогов в пределах зоны Передового хребта, что служит основанием для выделения их в особый сахрайский комплекс.

Таким образом, кристаллиникум зоны Передового хребта является сложно построенным неоднородным образованием. Основная часть его протолитов имеет среднепалеозойский возраст и формировалась в условиях смешанной или симатической коры. Локально распространены породы раннего палеозоя (Сахрайский выступ); редко встречаются породы позднепротерозойского возраста (р. Малая Лаба, балка Копцева, 550 млн. лет, метод *SHRIMP* по цирконам).

Материалы пятой главы приводят ко второму защищаемому положению:

ВПЕРВЫЕ ВЫДЕЛЕН САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ, ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНО ОРДОВИКСКИЙ, САХРАЙСКИЙ КОМПЛЕКС, ФОРМИРОВАВШИЙСЯ В ЭНСИАЛИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, РАНЕЕ СЧИТАВШИЙСЯ АНАЛОГОМ МАГИШИНСКОЙ СВИТЫ БЛЫБСКОГО КОМПЛЕКСА.

## **Глава 6. Петрология метаморфических комплексов**

В главе рассматриваются вопросы метаморфической эволюции пород кристаллиникума. Особое внимание уделено изучению фенгитовой барометрии и исследованию сульфидов – нового типа минералов-контейнеров высокobarных и дометаморфических ассоциаций.

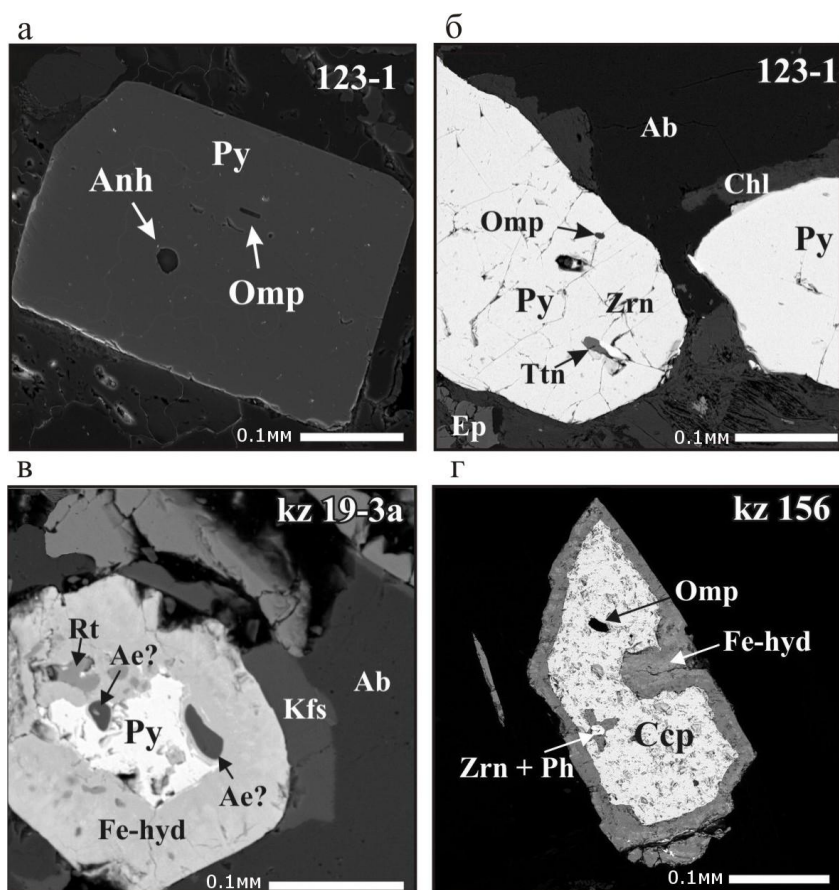
Породы кристалликума Блыбского выступа претерпели многоэтапную метаморфическую эволюцию, следы которой прослеживаются в шлифах пород всех типов. При проведении микрозондовых исследований акцент был сделан на изучение пород, богатых кальцием, для которых фиксируется несколько этапов метаморфических преобразований. Исходный минеральный парагенезис, сформированный на этапе проградного метаморфизма, включал  $\text{Grt} + \text{Omp} + \text{Qz} \pm \text{Prgrn} \pm \text{Ph} \pm \text{Amp} \pm \text{Er}$ . Составы изученных гранатов колеблются в следующих пределах:  $\text{Alm}_{0.57-0.74} \text{Gross}_{0.06-0.31} \text{Pyro}_{0.03-0.27} \text{Spess}_{0.01-0.11}$ .

Ретроградный этап сопровождался существенным падением давления при небольшом падении температуры (Петрология..., 1991; Перчук, 2003). Этап сопровождался амфиболизацией граната, омфацита и замещением парагонита – происходило образование реакционных кайм по этим минералам и формирование симплектитов между ними. Парагенезис ретроградного этапа отличается от эклогитового исчезновением омфацита, появлением альбита и изменением составов породообразующих минералов:  $\text{Grt}_{>\text{Fe,Mn}} + \text{Amp} + \text{Er}_{>\text{Fe}} + \text{Ph} + \text{Ab} + \text{Qz}$  (Перчук, Герасимов, 1992). При этом формируются апоэклогитовые эпидотовые амфиболиты и слюдистые сланцы; пластинчатые минералы образовывали сланцеватость. *PT*-параметры ретроградного этапа – около 9 кбар и 600° С (Перчук, Герасимов, 1992).

Третьим этапом является мощный наложенный процесс альбитизации; парагенезис данного этапа –  $\text{Er} + \text{Ph} + \text{Ab} + \text{Qz}$ .

Важным открытием стало обнаружение в сульфидах гнейсов и сланцев блыбского комплекса включений омфацита ( $\text{Jd}_{49}\text{Ae}_{14}$ ), подтвержденное рамановской спектроскопией (рис. 6,а,б,г). Примечательно, что в породах, содержащих подобные включения, нет других признаков высоких давлений. Кроме того, в пирите были обнаружены включения барита и ангидрита (рис. 6,а), которые могут указывать на частично осадочный генезис протолита исследованных пород.

С помощью уточненной формулы фенгитового геобарометра, для вывода которой были проанализированы взятые из литературных источников составы 656 природных и экспериментальных фенгитов, давления при формировании пород блыбского комплекса оценены в 20–22±4кбар.



**Рис. 6.** Минеральные включения в гидратированных пиритах и халькопирите в гнейсах и сланцах Блыбского выступа. Микрозондовые *SE*-изображения (*a*) и *BSE*-изображения (*б–д*). Каймы серого цвета вокруг зерен сульфидов – окислы и гидроокислы (Fe-hyd), сформированные в результате гипергенных изменений. В правом верхнем углу каждого изображения – номер образца

Было использовано более 20 анализов фенгита из гнейсов, сланцев, апоэклогитовых гранатовых амфиболитов и пород, содержащих омфацит во включениях в сульфидах. Эти результаты не противоречат оценкам давлений при формировании белой слюды для пород, вмещающих эклогиты блыбского комплекса (Перчук, 1993).

Совокупность петрологических данных позволяет выдвинуть третье защищаемое положение:

для преобладающей части пород блыбского комплекса установлен метаморфизм уровня эклогитовой фации, указывающий на существование раннего глубинного этапа эволюции.

## Глава 7. Возраст метаморфических пород кристалликума

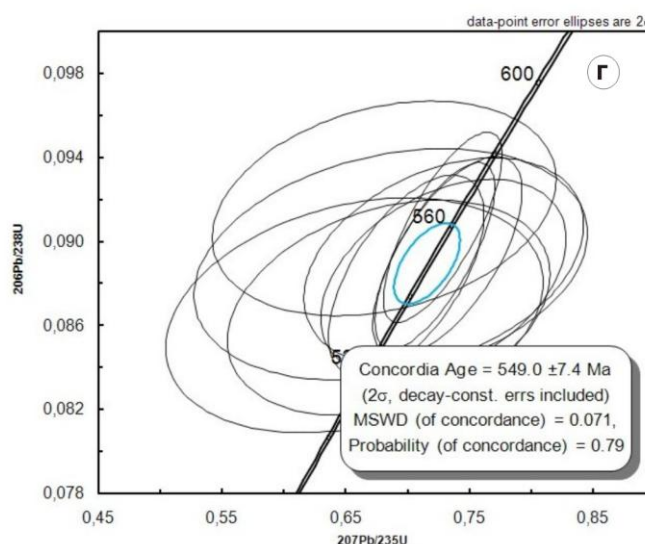
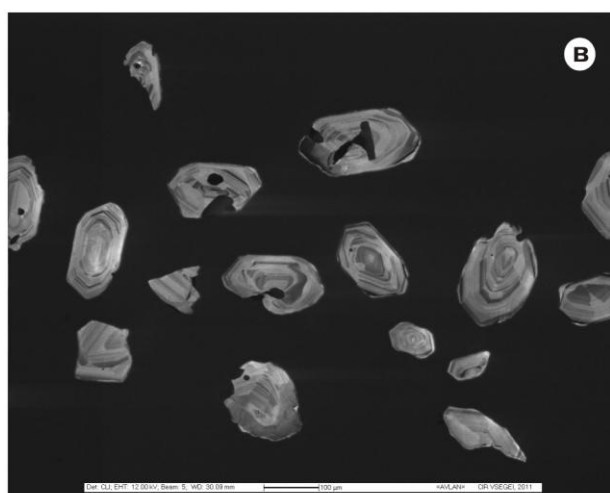
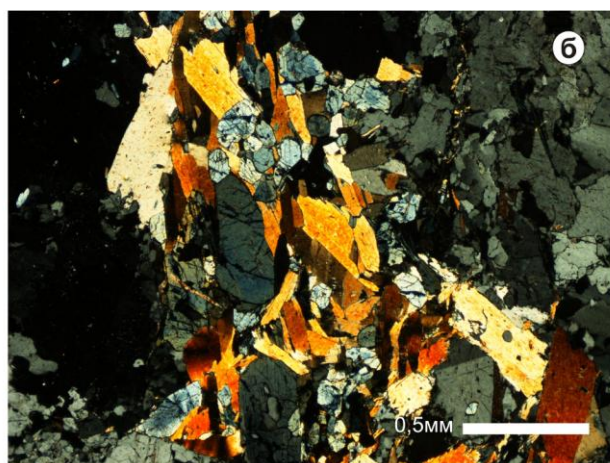
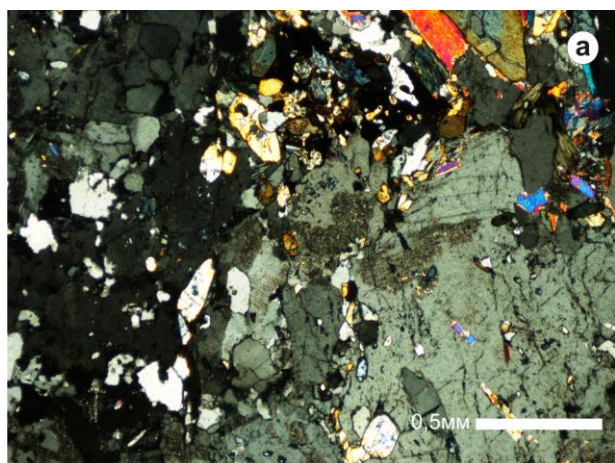
В последние годы были получены доказательства среднепалеозойского возраста большей части протолитов Даховского, Бескесского и Блыбского выступов кристалликума, что повлекло за собой частичный пересмотр тектонических представлений, касающихся зоны Передового хребта (Большой Кавказ...2005; Сомин и др., 2007; Somin, 2011).

Важным результатом стало впервые доказанное присутствие блока(ов) докембрийских (поздневендских) пород в пределах кристалликума зоны Передового хребта. Из порфиробластовых эпидотовых гнейсов района устья балки Копцева (бассейн р. Малая Лаба) были выделены магматические цирконы с четкой осцилляторной зональностью ( $n=10$ ), по которым методом *SHRIMP* был получен возраст на уровне  $549 \pm 7.4$  млн. лет (рис. 7).

Обнаружение поздневендских пород в пределах центральной части блыбского комплекса указывает на существенную роль блоковых деформаций в формировании его структуры, приведших к выводу на поверхность фрагментов более древнего основания.

Интересные результаты были получены при U-Pb датировании гранат-биотитовых ортогнейсов сахрайского комплекса, считающегося аналогом магишинской свиты блыбского комплекса. По десяти зернам получены несколько групп возрастов. Наиболее древние оценки возраста некоторых ядер цирконов составляют 1788–1856 млн. лет, что может указывать на раннепротерозойский возраст сиалического субстрата, в который внедрялись данные породы; другая группа ядер демонстрирует более молодой возраст в интервале 811–620 млн. лет. Для кайм разброс возрастов от 812 до  $479 \pm 8.7$  млн. лет. Наиболее молодая оценка возраста по метаморфической кайме – 479 млн. лет ( $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}=0.11$ ), по-видимому, близка к времени формирования протолита сахрайского комплекса. Цирконы этой пробы имеют резко отличающиеся от блыбских возрастные и изотопные характеристики.

При изучении возраста пород и метаморфизма блыбского метаморфического комплекса получен временной интервал для формирования его протолитов с их последующим захоронением и эксгумацией в пределах от раннего девона до начала среднего карбона. По меньшей мере, можно предположить, что процессы вывода на поверхность пород комплекса происходили быстро. Оценки скорости эксгумации, полученные для эклогитов Красной Скалы (р. Уруштен) методом изотопного датирования, составляют 4 см/г; при применении метода минеральной хронометрии эта цифра возрастает на порядок (Перчук, 2003).



**Рис. 7.** Цирконовая проба 124-1. а, б – микроскопические фотографии порфиробластовых эпидотовых гнейсов в скрещенных николях; в – CL-фотографии цирконов пробы; г – конкордия.

Анализ полученных данных о возрасте кристалликума с учетом изложенного ранее в Главе 5 позволяет выдвинуть четвертое защищаемое положение:

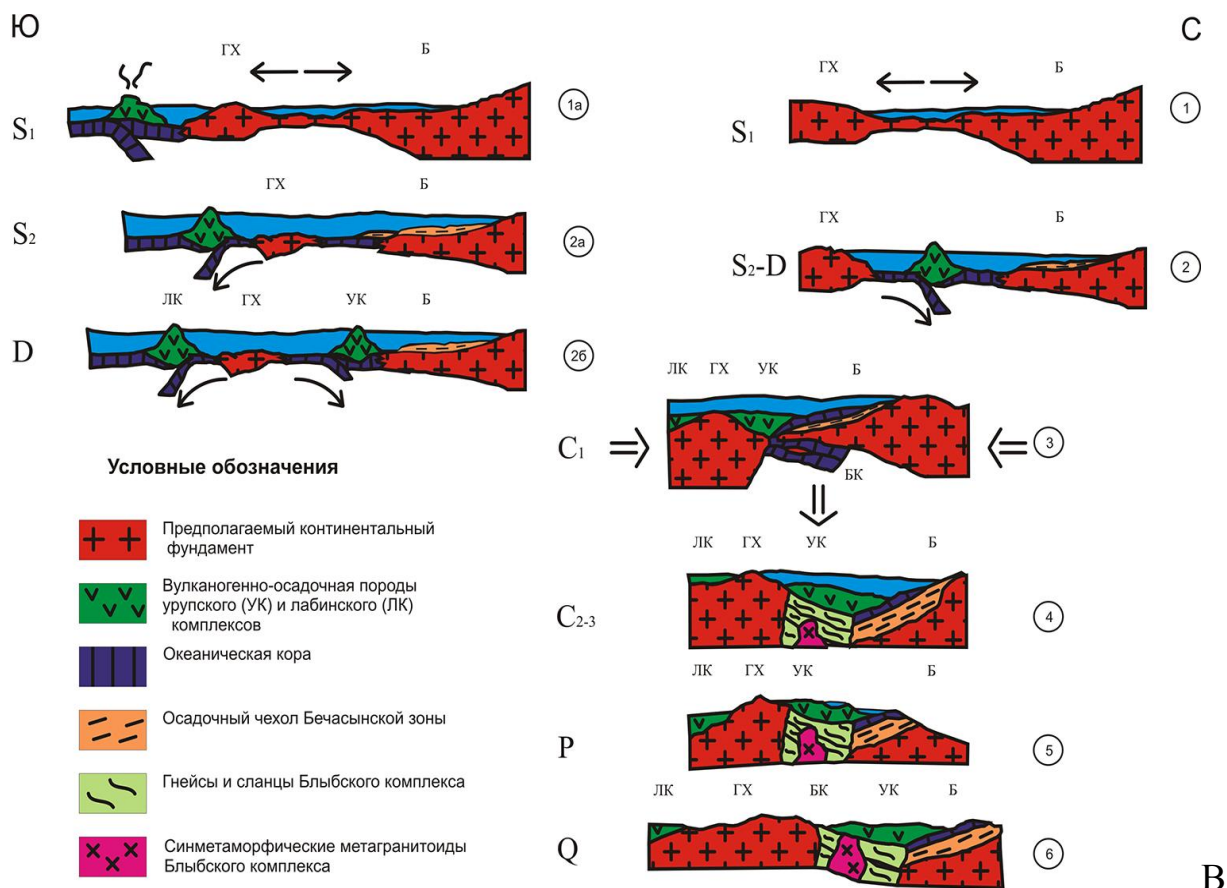
УСТАНОВЛЕНА НЕОДНОРОДНОСТЬ ВЫСОКОБАРНОГО КРИСТАЛЛИКУМА ЗОНЫ ПЕРЕДОВОГО ХРЕБТА, ПРОЯВЛЕННАЯ В ПРИСУТСТВИИ БЛОКОВ ПОРОД С ВОЗРАСТОМ ОТ ПОЗДНЕРИФЕЙСКОГО ДО СРЕДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО, ФОРМИРОВАВШИХСЯ В РАЗНЫХ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.

## **Глава 8. Реконструкция тектонической эволюции комплексов основания зоны Передового хребта в палеозое**

В данной главе полученные автором результаты объединяются с литературными данными для реконструкции тектонической эволюции комплексов основания зоны Передового хребта в палеозойское время. Наибольшее внимание уделяется истории блыбского метаморфического комплекса и перекрывающего его урупского. Рассматривается также вопрос о положении корневой зоны урупского комплекса и варианты палинспастических реконструкций.

Эволюция блыбского комплекса представляется крайне сложной и включает несколько этапов. Спецификой эволюции является высокобарный метаморфизм и малая продолжительность субдукционно-экзгумационного цикла (при средне-верхнедевонском–нижнекаменноугольном возрасте протолитов гальки метаморфитов комплекса встречаются в молассах неоавтохтона уже в среднем карбоне).

Существуют различные представления о положении корневой зоны вулканитов урупского комплекса. Так, М.Л. Сомин (2007), например, помещает ее в зону Главного хребта; другие рассматривают в качестве корневой зоны ныне субдуцированные части собственно зоны Передового хребта (Хаин, 1984). На основании этих представлений может быть предложено несколько вариантов реконструкции эволюции зоны Передового хребта в силуре–девоне (рис. 8).



**Рис. 8.** Варианты палинспастических реконструкций эволюции зоны Передового хребта в палеозое. В кружках: 1–5 – этапы эволюции Северо-Кавказского домена в палеозое; 6 – современное состояние. ГХ – зона Главного хребта; Б – Бечасынская зона; БК – блыбский комплекс; УК – урупский комплекс; ЛК – лабинский комплекс. Двойные стрелки – направление сжатия и погружения материала; одинарные – направление субдукции

В первом случае (рис. 8, профили 1а, 2а, 2б) предполагается независимое формирование близких по возрасту, но различных по метаморфизму зеленосланцевого урупского комплекса и эпидот-амфиболитового лабинского комплекса в пределах изолированных бассейнов. Во втором случае (рис. 8, профили 1, 2) оба комплекса рассматриваются как производные одной островной дуги, заложившейся в силуре–девоне в пределах будущей зоны Передового хребта. При закрытии бассейна ее нижние части оказываются “переброшенными” в пределы зоны Главного хребта, где испытывают метаморфизм эпидот-амфиболитовой фации и составляют лабинский комплекс.

В это же время в результате субдукции океанической коры, фрагментов континентальной коры и осадков протолиты блыбского комплекса оказываются погруженными до низов коры–верхов мантии (рис. 8, профиль 3), где претерпевают высокобарные преобразования. На следующем этапе происходит их чешуйчатая эксгумация, сопровождающаяся ретроградным метаморфизмом с последующей альбитизацией, бластокатаклизмом и диафторезом.

Выведенные в верхние уровни коры породы блыбского комплекса испытывают совмещение с породами урупского. Все последующие деформации являются совместными для этих комплексов и включают наложение двух ортогональных систем складок с северо-западными и северо-восточными ориентировками шарниров, а также хрупкие блоковые деформации, ответственные за усложнение структуры комплексов и выведение на поверхность блоков древнего основания.

В среднем–позднем карбоне зона Передового хребта является структурной депрессией, в пределах которой происходит формирование синорогенных моласс. Зона Главного хребта и Бечасынская зона в это время – области размыва (рис. 8, профиль 4). В перми на фоне общего поднятия зоны Главного хребта накопление моласс в пределах зоны Передового хребта продолжается в локальных прогибах. Судя по тому, что в пределах зон Передового и Главного хребтов отложения мезозоя распространены крайне ограниченно, можно предположить, что в это время область испытывала поднятие.

Современное соотношение блыбского и урупского комплексов изображено схематически на рис. 8 под номером 6.



## Выводы

1. Структурные исследования блыбского комплекса показали сложную эволюцию пород, приведшую к формированию чешуйчатой структуры, и выявили различия в деформационной истории пород блыбского и перекрывающего его урупского комплексов.
2. С привлечением литологических и петрологических методов уточнена история метаморфической эволюции вещества блыбского комплекса и подтверждено наличие высокобарного этапа метаморфизма для всего комплекса. Показаны различия в степени метаморфизма и метаморфической эволюции с перекрывающими породами урупского комплекса.
3. Показаны различия в структуре, составе и возрасте пород Блыбского выступа и их предполагаемых аналогов в пределах Сахрайского выступа. Таким образом, породы Сахрайского выступа могут быть выделены в отдельный сахрайский комплекс.
4. На основе комплекса структурных, петрологических и литологических данных подтверждена концепция тектонического совмещения блыбского и урупского комплексов

## Список основных публикаций по теме диссертации

### Из списка ВАК:

1. Конилов А.Н., Бондаренко Г.В., Докукина К.А. **Камзолкин В.А.** Сульфиды блыбского метаморфического комплекса Северного Кавказа – новый тип минералов – контейнеров высокобарных и дометаморфических ассоциаций // Геофизические исследования. 2013. Т. 14. № 1. С. 79–86.
2. Сомин М.Л., Натапов Л.М., Белоусова Е.А., Крёнер А., Конилов А.Н., **Камзолкин В.А.** Псевдофундамент в доальпийской структуре Передового хребта Северного Кавказа // ДАН. 2013. Т. 450. № 4. (в печати).

### Материалы и тезисы:

1. **Камзолкин В.А.** Строение и структурное положение метаморфических комплексов зоны Передового хребта Северного Кавказа: новые данные // Материалы XLIV Тектонического совещания: “Осадочные бассейны и геологические предпосылки прогноза новых объектов, перспективных на нефть и газ”. Москва, 2012. С. 162–166.
2. Сомин М.Л., Конилов А.Н., Натапов Л.М., Белоусова Е.А., **Камзолкин В.А.**, Докукина К.А. Высокобарический псевдофундамент Передового хребта Северного Кавказа // Материалы конференции “Гранулитовые и эклогитовые комплексы в истории Земли”. 2011. Петрозаводск. С. 221–224
3. Сомин М.Л., Натапов Л.М., Белоусова Е.А. Потапенко Ю.Я. **Камзолкин В.А.** Породы венда и нижнего палеозоя на Большом Кавказе: данные цирконологии//Геохронометрические изотопные системы, методы их изучения, хронология геологических процессов. Материалы V Российской конференции по изотопной геохронологии. Москва, 2012. С. 341–344
4. Konilov A., Somin M., Natapov L., Belousova E., Kroner A., **Kamzolkin V.**, Dokukina K., Mukhanova A. High-pressure (eclogite facies) complex of the Northern Caucasus. // Abstracts of 9<sup>th</sup> International Eclogite Conference, Marianske Lazne, Czech Republic 2011. P 33–34.