

УДК 552.11; 552.3. 38. 37. 21

## ПРОБЛЕМА СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО И СТРУКТУРНОГО ПОЛОЖЕНИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ГОРНОГО АЛТАЯ

В.Н. Коржнев

*Алтайский гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина, Бийск*  
E-mail: viktorkorzhev@vail.ru

*Стратиграфическое и структурное положение метаморфических толщ Горного Алтая являются предметом спора. Установлено наличие древних осколков Сибирского континента с возрастом 1090-1480 млн лет по модельным Sm-Nd возрастам магмаобразующих субстратов. Метаморфические толщи древних микроконтинентов условно разделяются на «свиты». Большая часть метаморфических образований Горного Алтая образует парный метаморфический пояс, формирование которого связано с развитием венд-кембрийско-тремадоксской островодужной системы. Они слагают основания островных дуг и в ряде случаев, наряду с вулканитами и офиолитами, приурочены к подошвам аллохтонных пластин. Возникшие в то время структуры наследовались в процессе геодинамического развития, что обусловило палеозойский возраст ряда блоков метаморфических пород. Чаустинский метаморфический комплекс рассматривается как результат переработки высокоглиноземистых пород венд-кембрийского возраста.*

*Ключевые слова: древние микроконтиненты, парный метаморфический пояс, корневые части островных дуг, аллохтонные пластины.*

DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15504

Дата поступления 27.11.2019

Изучение геологического строения Алтае-Саянской области связано с именами В.А. Обручева, К.В. Радугина, М.А. Усова, А.Н. Чуракова, Я.С. Эдельштейна, М.М. Тетяева, В.П. Нехорошева, которые, очертив основные структурные элементы, вели оживленные дискуссии относительно наличия здесь древнейшего времени Азии. Эта проблема широко обсуждалась при изучении геологического строения Горного Алтая.

Возраст и стратиграфическое положение метаморфических толщ не всегда определяется достоверно. Часть из них относились к архею и протерозою. Впервые наличие архейских и протерозойских кристаллических сланцев отмечено В.А. Обручевым в 1914 г. Мнение о наличии архея и протерозоя на Алтае высказывались Н.А. Берзиным, Н.Л. Добрецовым, М.А. Усовым, К.В. Радугиным, А.И. Родыгиным, Н.Н. Горностаевой, В.А. Кузнецовым и др. Исчерпывающую характеристику метаморфические толщи получили в монографиях и статьях А.И. Родыгина, И.И. Белостоцкий, А.И. Родыгин, И.А. Вылцан и др. предполагали древний докембрийский возраст метаморфических образований и считали, что раннепалеозойская «геосинклиальная система» заложена на погребенном гранитно-метаморфичес-

ком фундаменте. Вместе с тем не приводили убедительных доказательств возраста.

*Результаты исследования  
и их обсуждение*

В стратиграфические схемы легенды к геологическим картам 1999 г. архейские и ранне-среднепротерозойские толщи не включены. Основные возражения: наблюдаются постепенные переходы в более молодые толщи. Хотя подобная картина может возникать и при регрессивном метаморфизме древних толщ за счет затушевывания контактов с более молодыми образованиями. Саратанская свита, включавшаяся А.И. Родыгиным в состав уймонской серии среднепротерозойского возраста, в легенде к геолкарте-200 (новая серия) сопоставляется с арыджанской свитой предположительно верхневендского возраста. Она вулканогенная, сложенная океаническими базальтами с горизонтами осадочных пород. По химическому составу умеренно высокотитанистые арыджанские вулканиты близки толеитам океанических островов, их образование связано с повторным спредингом в субокеанической рифтовой зоне [1]. Взаимоотношения свиты с другими отложениями обычно тектонические. Верхняя граница с баратальской серией носит характер локального несогласия [2]. Арыджанская свита подстилает баратальскую серию, возраст которой обоснован как венд-раннекембрийский [3]. Вероятно, с арыджанской свитой следует сопоставлять зеленосланцевую вулканогенно-терригенную аспатинскую свиту Телецкого горста. Несмотря на это нельзя с уверенностью говорить об отсутствии на Алтае толщ древнее венда. Судя по возрасту протолита (рис. 1) большинство выделенных А.И. Родыгиным свит (табл. 1) относятся к возрастному интервалу 1480-600 млн лет (нижний-верхний рифей). По результатам геологических съемок установлено, что неметаморфизованные вулканогенно-осадочные отложения начинаются с арыджанской свиты.

Одним из доводов в пользу наличия в основании Горного Алтая древнего кристаллического фундамента А.И. Родыгин приводит наблюдаемые в Горном Алтае и во многих районах Алтае-Саянской складчатой области структуры облепания древних метаморфических выступов вулканогенно-осадочными венд-палеозойскими отложениями. Курайский метаморфический комплекс им отнесен к нижнему протерозою, не исключался и архейский возраст. Зеленосланцевые толщи (уймонская и теректинская серии) предположительно относились к среднему протерозою. Это не подтверждается новыми материалами: «в юго-восточной части Горного Алтая (район Южно-Чуйского и Катунского хребтов) широким распространением пользуются метаморфические отложения фации зеленых сланцев (теректинская, уймонская свиты). Для них принят докембрийский возраст на основании сравнения с метаморфическими отложениями Курайского хребта и перекрывающими их вулканитами, похожими на манжерокские. Итак, два допущения, но, во-первых, не факт, что метаморфические породы Курайского хребта и рассматриваемой территории одного возраста. Тем более не факт, что перекрывающие их вулканогенные породы синхронны вулканитам манжерокской свиты. Для этого необходимо хотя бы результаты петрохимического анализа пород, не говоря уже о находках окаменелостей. По сути, мы должны констатировать, что равным счетом ничего не знаем о возрасте данных образований. В конце прошлого столетия, геологами Восточно-Казахстанской экспедиции [6] в стратотипических разрезах теректинской свиты Катунского хребта было проведено палинологическое опробование пород. Результаты проведенного спорового анализа показали, что в породах во многих случаях присутствуют споры растений и микрофоссилии среднего палеозоя, аналогичные таковым из разрезов метаморфических отложений Рудного Алтая. Там они очень долго рассматривались

как докембрийские, а затем раннепалеозойские, и только в результате дальнейших палеонтологических исследований начала девяностых годов прошлого столетия удалось доказать их силурийский и раннедевонский возраст

[7]. Вулканиды, перекрывающие метаморфические образования в теректинском блоке уже давно на детальных геологических картах сопоставлены с девоном».

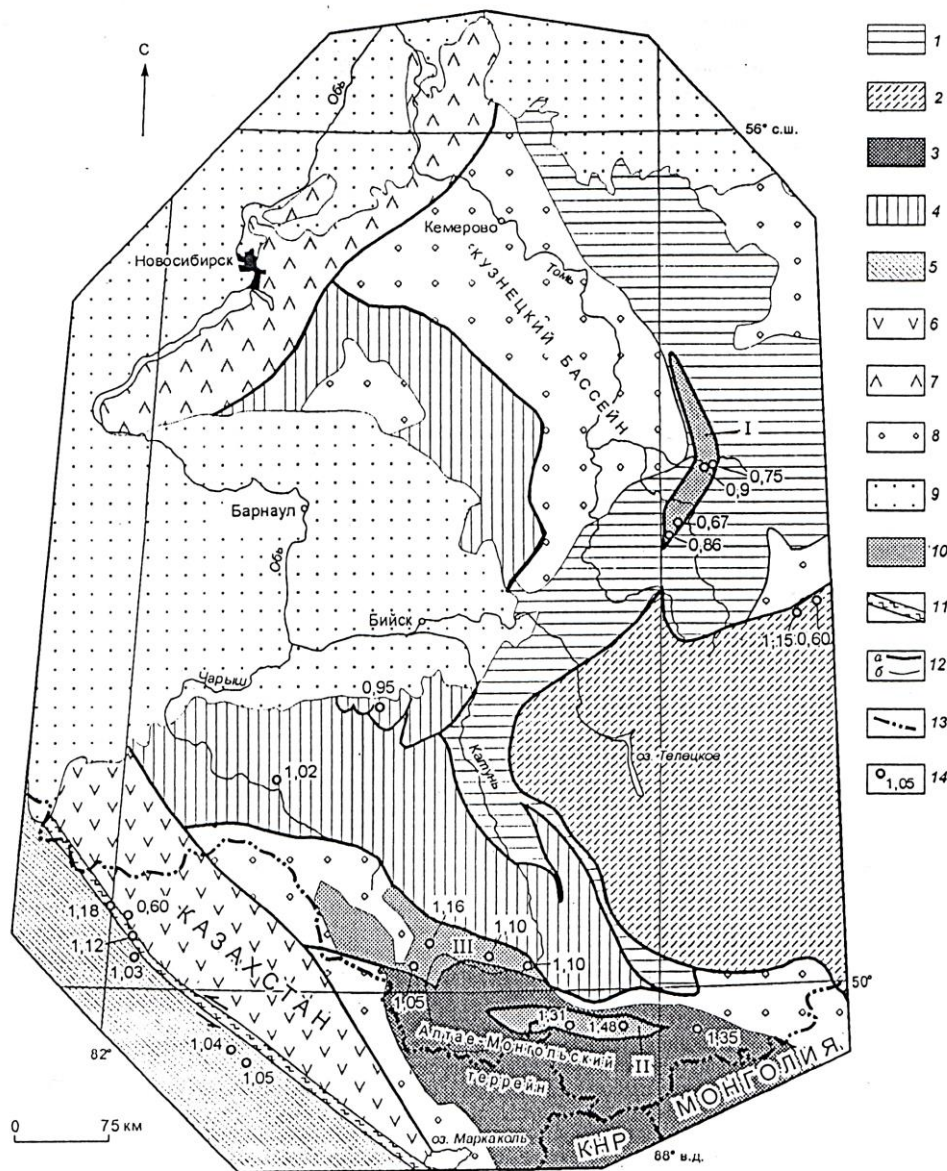


Рис. 1. Тектоническая схема западной части Алтае-Саянской складчатой области по Л.В. Плотникову и др. [4] с изменениями Н.Л. Добрецова и с вынесенными значениями Sm-Nd модельных возрастов протолита (млрд лет) метаморфических и осадочных пород.

Складчатые системы каледонид Алтае-Саянской области: 1 – Кузнецко-Алтайская, 2 – Салауро-Тувинская, 3 – Монголо-Алтайский терреин, 4 – Салауро-Горноалтайская. Складчатые системы герцинид Обь-Джунгарской области: 5 – Калба-Нарымская, 6 – Рудно-Алтайская, 7 – Томь-Колыванская; 8 – среднепозднепалеозойские наложенные прогибы и пределах каледонид; 9 – мезокайнозойские прогибы; 10 – крупнейшие из опробованных блоков метаморфических пород (I – Томский «выступ»; II – Южно-Чуйский метаморфический блок; III – Теректинский блок; IV – Иртышская сдвиговая метаморфическая зона); 42 – границы складчатых систем и разломы (и), контуры впадин и наложенных прогибов (б); 13 – государственные границы; 14 – точки изотопно-геохимического опробования с указанными Sm-Nd модельными возрастными протолитов (млрд лет).

Таблица 1

Стратиграфическая схема докембрия Горного Алтая [5] (с сокращением)

| Эонотема           | Геологические структуры |  |                     |  |                      |  |                     |  |
|--------------------|-------------------------|--|---------------------|--|----------------------|--|---------------------|--|
|                    | I                       |  | II                  |  | III                  |  | IV                  |  |
|                    | Свиты                   |  |                     |  |                      |  |                     |  |
| Верхний рифей      |                         |  |                     |  | R <sub>3</sub> krq   |  |                     |  |
| Средний рифей      |                         |  |                     |  |                      |  |                     |  |
| Нижний рифей       | R <sub>1</sub> črn      |  | R <sub>3</sub> asp* |  | R <sub>1</sub> bsc   |  |                     |  |
| Средний протерозой | Pt <sub>2</sub> tr      |  | R <sub>1</sub> bsc  |  | R <sub>1</sub> bsc   |  |                     |  |
|                    | Pt <sub>2</sub> um      |  | Pt <sub>2</sub> um  |  | Pt <sub>2</sub> srt* |  | Pt <sub>2</sub> um? |  |
| Нижний протерозой  |                         |  |                     |  |                      |  | Pt <sub>1</sub> kra |  |
|                    |                         |  |                     |  |                      |  | Pt <sub>1</sub> ild |  |
|                    |                         |  |                     |  |                      |  | Pt <sub>1</sub> tng |  |

Геологические структуры: I – Теректинский горст; II – Телецкий горст;

III – Восточное обрамление Телецкого горста; IV – Курайский выступ.

Свиты: R<sub>3</sub>krq – каракольская; R<sub>1</sub>črn – чернореченская; R<sub>3</sub>asp – аспагинская;

Pt<sub>2</sub>tr – теректинская; R<sub>1</sub>bsc – башкауская; Pt<sub>2</sub>um – уймонская; Pt<sub>2</sub>srt – саратанская;

Pt<sub>1</sub>kra – корумбы-айринская; Pt<sub>1</sub>ild – ильдугемская; Pt<sub>1</sub>tng – тонгулакская.

\* – свиты, возраст которых в легенде к госгеолкарте – 200 (новая серия) пересмотрен.

Решение проблемы возраста метаморфических образований позволяет обосновать представления о типе земной коры на начальных стадиях развития Горного Алтая. В.А. Кузнецов [8] считал, что к началу активного «геосинклинального» развития кора имела не континентальный, а скорее океанический характер. В отличие от В.А. Кузнецова многие исследователи [5, 9] предполагая древний докембрийский возраст метаморфических образований Теректинского, Курайского, Тонгулакского, Телецкого и других выступов, считают, что раннепалеозойская «геосинклинальная» система Алтае-Саянской складчатой области заложена на погребенном гранитно-метаморфическом фундаменте.

В настоящее время среди сторонников тектоники плит существует два направления в трактовке геологического строения Горного Алтая и его геологической истории. Первое принадлежит А.Б. Дергунову [10], который считает, что каледонские образования сформировались на коре океанического типа, превращенной в континентальную через метаморфизм и гранитизацию в процессе скупивания. В Горном Алтае он выделяет несколько тектонических зон,

сформированных на месте срединных и краевых частей раннепалеозойского океанического бассейна. Их границы в большинстве случаев совпадают с традиционно выделенными зонами глубинных разломов. В связи с этим Холзуно-Чуйская и Телецкая зоны в полном объеме рассматривают как палеотектонические зоны, прошедшие переходную стадию развития в условиях краевого моря. В Бийско-Катунской зоне выделяются образования, сформированные в условиях островных дуг и океанической стадии развития. Последние также отмечаются на юге Теректинского и внутри Телецкого горста. Большая часть раннепалеозойских образований Ануйско-Чуйской зоны сформирована, по мнению А.Б. Дергунова, в условиях внутренних морей. Он приходит к выводу, что метаморфические породы образованы за счет средне-верхнекембрийских терригенных пород в зонах тектонического скупивания под воздействием мощных офиолитовых покровов или при складчатых деформациях на больших глубинах. Гипербазиты трактуются как фрагмент меланократового основания Алтае-Саянской складчатой области [11-12].



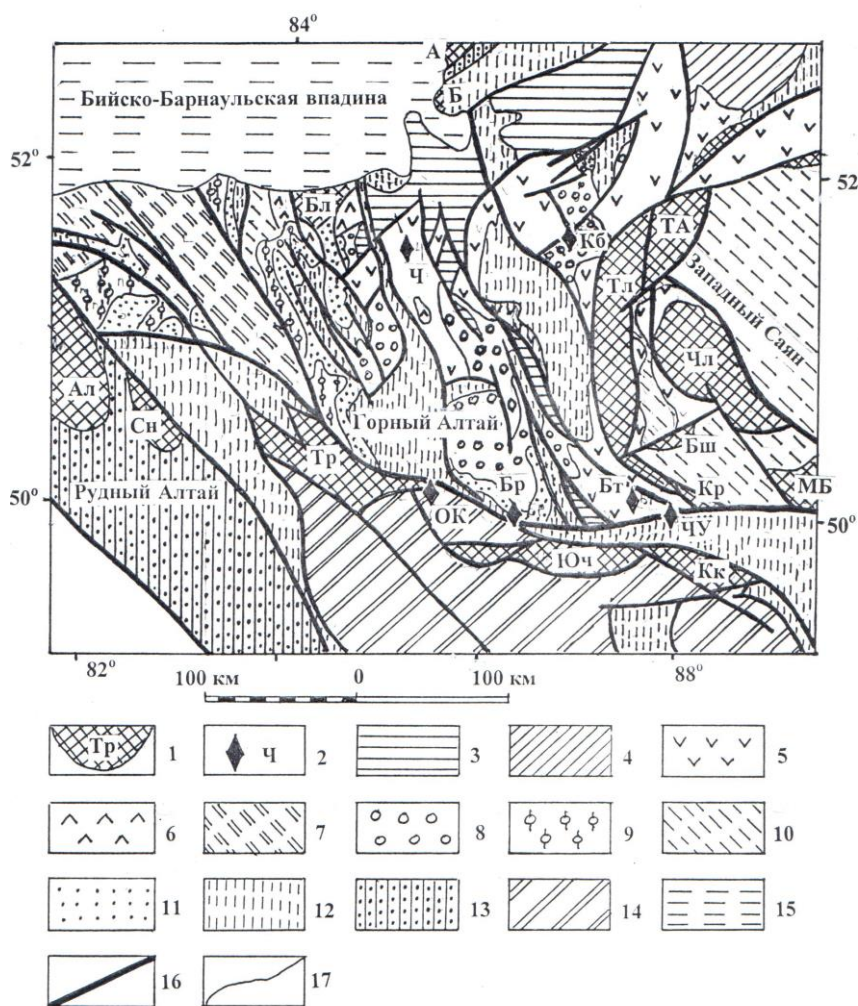


Рис. 2. Тектоническая схема Горного Алтая и прилегающих районов

(по материалам геологических съемок 1970-2005 гг. с использованием работ [14-17] с уточнениями легенды):

1 – блоки древних метаморфических комплексов Алтае-Монгольского террейна (микроконтинента) и совмещенные с ними комплексы венд-раннеордовикских (Горный Алтай) и девонско-раннекаменноугольных (Рудный Алтай) аккреционных зон, с фрагментами офиолитов и высокобарических пород: Ангурепский (А), Бехтемирский (Б), Алейский (Ал), Синюшенский (Сн), Теректинский (Тр), Южно-Чуйский (ЮЧ), Кокузекский (Кк), Белокурухинский (Бл), Телецкий (Тл), Телецко-Абаканский (ТА), Курайский (Кр), Башкаусский (Бш), Чульчинский (Чл), Моген-Буренский (МБ); 2 – внемасштабные блоки метаморфитов: Барбышский (Бр), Чаустинский (Ч), Кебезенский (Кб), Балтырганский (Бт), Чаган-Узунский (ЧУ); 3 – фрагменты подводных океанических поднятий с венд-нижнекембрийскими кремнисто-карбонатными и доломитовыми ассоциациями фаций; 4 – блоки с венд-нижнекембрийским карбонатным чехлом; 5 – венд-кембрийские островодужные ассоциации фаций; 6 – верхнекембрийско-тремадоксские островодужные ассоциации фаций; 7 – поздневендско-раннеордовикские ассоциации фаций океанических впадин; 8 – ассоциации фаций шельфа и верхних частей континентального склона ордовикской трансформной окраины континента; 9 – ассоциации фаций нижних частей континентального склона и его подножья ордовикской трансформной окраины континента; 10 – области распространения кембрийско-раннеордовикских островодужных ассоциаций фаций; 11 – силурийские ассоциации фаций шельфа и конусов выноса рек предгорий; 12 – ассоциации фаций девонской активной окраины с проявлением окраино-континентального рифтогенеза; 13 – девонско-раннекаменноугольные ассоциации фаций островных дуг и задуговых бассейнов Рудного Алтая; 14 – венд-кембрийские флишиодные ассоциации фаций Алтае-Монгольского террейна (микроконтинента), местами покрытые ордовикскими и силурийскими широким ассоциациями фаций; 15 – мезокайнозойский чехол Западно-Сибирской плиты. Границы крупных блоков, аллохтонных пластин и структурно-фациальных зон: 16 – крупные зоны разломов, игравшие на завершающих этапах палеозойской истории роль сдвигов; 17 – прочие разломы и геологические границы.

Второе направление наметилось в работах Н.Л. Добрецова и Е.В. Складорова [13], которые анализируя глаукофановые пояса юга Сибири (в т.ч. Уймонский Горного Алтая, Борусский и Куртушинский Западного Саяна) пришли к выводу, что их совокупность фиксирует важнейшую аккреционную линию – границу Сибирского континента в венде, которому близко одновременно или последовательно присоединялись микроконтиненты и островные дуги. Предполагается наличие осколков древнего континента среди метаморфических комплексов и в основании Северо-Алтайского и Монголо-Алтайского блоков [14-15]. Подтверждение наличия на Алтае древних метаморфических толщ с возрастом до 1,48 млрд. лет получено в процессе Sm-Nd систематики метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области [4]. О наличии на этой территории древних микроконтинентов можно предполагать по присутствию в основании Горного Алтая пород с возрастом 1090-1190 и 1290-1390 млн лет по модельным Sm-Nd возрастам магмаобразующих субстратов; по находке Н.И. Гусевым и П.М. Бондаренко в 1991 г. в конгломератах низов нижнекембрийской курайской свиты окатыша мусковит-плагиоклаз-кварцевых кристаллических сланцев [15]. В работах В.В. Волкова, Н.Л. Добрецова и др. указывалось, что метаморфические образования Горного Алтая образуют парный метаморфический пояс, формирование которого связано с развитием островодужной системы.

На геологической карте, в схемах структурно-формационного и геодинамического районирования территории западной части Алтае-Саянской складчатой области (рис. 1-3), блоки метаморфических пород приурочены к районам развития венд-раннекембрийских субокеанических и островодужных образований, нередко перемежаясь с блоками в различной степени метаморфизованных вулканогенно-осадочных по-

род, вулканитов, терригенных флиш-идов и турбидитов, что создает предпосылки для традиционной интерпретации метаморфитов как кристаллического «комплекса основания» венд-раннекембрийских островных дуг. Особенно характерно это для восточной части Горного Алтая с развитием ареалов карагольского, балхашского, саратанского комплексов Алтае-Саянской островодужной системы, ассоциированных с метаморфитами гнейсово-кристаллосланцевого курайского и зеленосланцевого башкаусского комплексов, где Телецкий, Телецко-Абаканский, Чульчинский, Оройский, Курайский, Моген-Буренский блоки метаморфитов располагаются в «островодужном матриксе». При этом устанавливаются следующие закономерности.

1. Характерно совмещение в пространстве, часто в пределах одного блока, пород различных фаций метаморфизма: зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой, амфиболитовой, что особенно типично для Терехтинского (терехтинский и барбышский комплексы), Южно-Чуйского (южно-чуйский и кокузекский комплексы), Чультинского, Курайского, Оройского и Телецко (курайский и башкаусский комплексы), а также менее контрастно и для других блоков.

2. Наблюдается ассоциированность и пространственная совмещенность высокобарических комплексов и полиметаморфических комплексов с парагенезисами минералов повышенных давлений с базальтовыми и офиолитовыми породными ассоциациями океанического мегакомплекса (высокотитанистые толеитовые и щелочные базальты N- и E-MORB и базальтоиды океанических островов). В этом плане характерны балтырганский эклогит-амфиболитовый комплекс, ассоциированный с арыджанским базальтовым и чаганузунским дунит-гарцбургитовым офиолитовым комплексами, южночуйский комплекс, где Г.Г. Лепезиным, А.В. Плотниковым с

соавторами установлено два этапа метаморфизма: ранний, дистен-силлиманитовой ( $P=5-7$  кбар,  $T=580-670^{\circ}\text{C}$ ) и более поздний, андалузит-силлиманитовой ( $P=1,5-3,5$  кбар,  $T=500-680^{\circ}\text{C}$ ) фациальных серий, терехтинский глаукофансланцевый комплекс, чаустинский амфиболитовый комплекс с парагенезисом дистена, граната, силлиманита и биотита, белокурухинский комплекс с минеральными парагенезисами эпидот-амфиболитовой фации повышенных давлений ( $P=5-7$  кбар,  $T=550-600^{\circ}\text{C}$ ) и с наложенным низкобарическим метаморфизмом андалузит-силлиманитовой фациальной серии. С блоками данных метаморфитов пространственно ассоциированы вулканогенные толщи каимского типа с высокотитанистыми и толлейтовыми океаническими базальтоидами и офиолитами.

В качестве примера приведем сведения по чаустинскому метаморфическому комплексу, выделенному Ю.А. Спейтом, а позже В.П. Сергеевым на левобережье р. Катунь (р. Чауста – пос. Камышла) в виде дугообразной полосы ( $18 \times 6$  км) меланжа в подошве Каимского аллохтона. Здесь в глыбах наблюдаются переслаивающиеся графитсодержащие силикатные мраморы, кристаллические дистен-гранат-ставролит-силлиманит-биотитовые сланцы, гранатовые амфиболиты, кварциты. В силикатной части комплекса резко преобладают высокоглиноземистые, средне-высокотемпературные метапелиты дистен-силлиманитового типа [16]. По нашим наблюдениям 1970 г. на Чаустинском проявлении кианита толща кристаллических сланцев образует пологую синклиналиную складку с размахом крыльев около 2 км. Наиболее крупное тело кианитовых гнейсов имеет мощность 5 м при протяженности 93 м. Наблюдаемые в скальной стенке небольшие линзовидные тела имеют мощность до 1 м и протяженность до нескольких десятков метров. Линзовидная форма тел позволяет предполагать пер-

вично осадочное происхождение по высокоглиноземистым породам. Такие породы отмечались в пределах Каимского блока в левом борту руч. Каторжного в верхней доломитовой части венд-кембрийской баратальской серии. Это пачка 150 м мощности кварц-хлорит-серицит-каолинитовых сланцев.

В Южном Салаире развит кварцит-мраморо-амфиболитовый ангурепский комплекс, слагающий Ангурепский и Бехтемирский блоки и пространственно ассоциированный с пластинами алаб-байского базальтового и верхнеалаб-байского дунит-гарцбургитового комплексов океанического этапа развития региона. Здесь А.Г. Владимировым также предполагается более раннее формирование высокобарических, в частности, эклогитоподобных пород по наличию реликтов высокомагнезиального граната и присутствию клинопироксена в амфиболитах.

3. Локализация комплексов метаморфитов с высокобарической составляющей фиксируется в полосе, образующей дугу (полукольцо) с выпуклостью на запад, шириной до 100 км (с учетом более поздних сдвиговых перемещений по Терехтинскому разлому) и радиусом около 200-250 км. Данная полоса (Чуйско-Терехтинско-Ангурепская дуга) развития высокобарических пород охватывает среднее течение р. Чуя, Южно-Чуйский хребет, верхнее течение рек Катунь и Чарыш, далее прерываясь – нижнее течение рек Катунь и Песчаная, продолжаясь в низовьях р. Неня, бассейне рек Бехтемир и Ангуреп. На всем своем протяжении с ней совмещены области распространения океанических, главным образом, вулканогенных структурно-вещественных комплексов.

4. Блоки метаморфических пород, лишенные высокобарической составляющей, сосредоточены восточнее – с внутренней стороны Чуйско-Терехтинско-Ангурепской дуги и достаточно тесно ассоциированы с алтаеаянскими островодужными структурами (башкаусский, курайский, кебезенский комплексы).



Рис. 3. Схема строения Горного Алтая (по Н.Л. Добрецову и др., с дополнениями и изменениями).

Раннекембрийский аккреционный клин: 1 – олистостромы; 2 – блоки, сложенные позднерифейско-вендскими фаціальными комплексами океанических поднятий (островов); 3 – блоки, сложенные вендским и раннекембрийскими базальтами океанических островов; 4 – N-MORB; 5 – основные и ультраосновные породы.

Венд-кембрийско-тремадокская островная дуга: 6 – толеит-бонинитовые серииты; 7 – известково-щелочные серииты; 8 – массивы габбро; 9 – преддуговой бассейн (а – флиши, б – олистостромы); 10 – отложения окраинных (задуговых) морей. 11 – Алтае-Монгольский терреин, сложенный древними метаморфическими комплексами; 12 – верхнекембрийско-тремадоксские островодужные базальтовые комплексы; 13 – верхнекембрийско-тремадокская океаническая кора; 14 – раннеордовикский преддуговой бассейн; 15 – надвиги; 16 – сдвиги; 17 – направление субдукции; 18 – мезо-кайнозойские отложения Бийско-барнаульской впадины; 19 – границы (а – рифей-палеозойских формационных комплексов, б – Бийско-Барнаульской впадины, в – государственные).

Существует вполне определенная зональность продуктов метаморфизма с приуроченностью их океаническому или островодужному мегакомплексам. Петрологически процесс формирования данной зональности имеет в своей основе два наиболее существенных фактора. Первый из них определяет структурно-тектоническое положение метаморфических комплексов Горного Алтая и Салаира с позиций концепции тектоники

плит, предусматривающей образование систем парных метаморфических поясов (по А. Миясиро). В этом случае Чуйско-Терехтинско-Ангурепская дуга (ЧТАД) с развитием относительно высокobarических метаморфических комплексов должна трассировать зону субдукции древней (венд-раннепалеозойской) островодужной структуры. Блоки пород океанического мегакомплекса, с которыми ассоциированы данные метаморфиты, могут рассматриваться как блоки аккреционной призмы Алтае-Саянской островодужной системы, в северо-западной своей части амальгмированные с Салаирской островной дугой и по внутреннему краю ЧТАД (Курайско-Каракольскому и Бехтемирскому сутурным швам) пространственно совмещенные с раннеостроводужными вулканогенными комплексами. Вторым существенным фактором формирования зональности в распределении метаморфических комплексов Горного Алтая может быть влияние на состав последних субстрата рассматриваемых метаморфитов: океанического или островодужного.

Можно считать установленным, что большинство рассматриваемых комплексов региона являются полиметаморфическими и полихронными, формировавшимися в несколько этапов метаморфизма при различных термодинамических условиях. Проявлены эклогит-глаукофановый, дистен-силлиманитовый и андалузит-силлиманитовый типы метаморфизма. Большинство метаморфических комплексов характеризуются сходством состава, развитием плагиомигматизации (мигматит-плагиогранитовой формации позднеостроводужного этапа развития региона). Последнее особенно характерно для комплексов внутренней островодужной части парного метаморфического пояса, но проявлено и в полиметаморфических образованиях ЧТАД.

Вопрос о возрасте метаморфитов Горного Алтая до сих пор остается не-



решенным, а при рассмотрении метаморфических комплексов региона, как «условно протерозойских» отмечают, что до сих пор не получено данных, убедительно доказывающих докембрийский возраст какого-либо из метаморфических комплексов Алтая. Данное обстоятельство, а также особенности состава и строения метаморфических комплексов, структурно-тектоническое положение слагаемых ими блоков и полихронный, полистадийный характер метаморфизма, допускает рассмотрение их как производных единого метаморфического цикла преобразования исходных пород океанического и островодужного мегакомплексов в составе парного метаморфического пояса. Формирование метаморфических комплексов происходило в несколько стадий [18].

*На ранней стадии* высокоградиентного низкобарического при меняющихся температурах и среднеградиентного инициального метаморфизма были сформированы протометаморфические филлитовые и зеленосланцевые комплексы, в значительной степени сохранившиеся в Телецком, Оройском, Кокузекском и Терехтинском блоках.

*На второй стадии* низкоградиентного высоко- и умереннобарического (5-7 кбар) раннего метаморфизма, проявленного в Курайско-Терехтинско-Каимско-Аламбайском офиолитовом поясе и породах океанического мегакомплекса, в начале палеозоя формировались комплексы метаморфитов эклогит-глаукофановой и дистен-силлиманитовой фациальных серий. В полной мере они проявлены в метаморфических образованиях ЧТАД (балтырганский, южночуйский, терехтинский, чаустинский, белокурихинский и ангурепский комплексы).

*Третья стадия.* Высокоградиентный умеренно и высокотемпературный при относительно низком давлении (1-3 кбар) метаморфизм третьей («пиковой») стадии андалузит-силлиманито-

вой фациальной серии проявлен в различной степени на всей территории Горного Алтая и Салаира, накладываясь на относительно высокобарические метаморфические образования субдукционно-аккреционной зоны (ЧТАД), но в большей степени развитый в центре данной структуры по породам островодужного мегакомплекса. В этот период времени (средний кембрий – ордовик, возможно, силур), соответствующий аккреционно-коллизийному этапу формирования и структурно-тектонического становления (консолидации) каледонских островодужных структур, широко проявлены процессы ультраметаморфизма (мигматит-плагиогранитная формация позднеостроводужного этапа), связанные с увеличением роли адвективной составляющей в тепловом потоке этого участка земной коры (здесь же усиление интрузивной магматической деятельности) и декомпрессией, благодаря началу формирования диапироидных купольных структур (Курайский, Кебезенский, Садринский блоки).

В качестве примера приведем материалы по Кебезенскому блоку (горсту). В центральной части его располагается Саракокшинская интрузия площадью более 230 км<sup>2</sup>. Вмещающими для массива являются вулканогенно-осадочные толщи кембрия и девона, а также амфиболиты и гнейсы кебезенского метаморфического комплекса. Контакты гранитоидов с вулканогенно-осадочными толщами повсеместно имеют тектонический характер. Взаимоотношения с породами условно среднекембрийского кебезенского метаморфического комплекса неоднозначны. В восточной части массива гранитоиды преобразованы метаморфическими процессами [19-20]. Гнейсы и амфиболиты в обрамлении массива прорваны многочисленными жилами лейкократовых плагиогранитов, не претерпевших метаморфизма и деформаций. Сами плагиогранитоиды прорываются породами югалинского,

турочакского и кызылташского комплексов девонского возраста [20].

Результаты изучения структурно-геологического положения, вещественного состава, геохронологических (U-Pb) и изотопно-геохимических (Sm-Nd) исследований плагиогранитоидов Саракокшинского габбро-диорит-тоналит-плагиогранитного массива (северо-восточная часть Горного Алтая), расположенного в структурах раннекембрийской системы вулканоплутонических островодужных поясов, позволили установить, что гранитоиды имеют значительно более молодой, по сравнению с вулканическими толщами, возраст и иную геодинамическую природу формирования. Установлено, что U-Pb изотопный возраст цирконов (SHRIMP-II) из плагиогранитов Саракокшинского массива составляет  $512,2 \pm 6,2$  млн. лет. По петрохимическому составу и геохимическим особенностям породы этого массива относятся к низкоглиноземистым плагиогранитоидам толеитового ряда (M-типа), однако существенно отличаются как от раннекембрийских, так и от позднекембрийских-раннеордовикских гранитоидов смежных секторов пояса. О высокой доле веществ океанической литосферы свидетельствуют Nd изотопные исследования ( $147\text{Sm}/144\text{Nd} = 0,118$ ;  $(\text{Nd})t = +6,7$ ;  $\text{TDM}(2\text{-st}) = 0,7$  млрд. лет). Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что в структурах Алтае-Северосаянского вулканоплутонического пояса плагиогранитоидный магматизм проявился на двух возрастных этапах: в раннем и позднем кембрии. Первый этап был обусловлен эволюцией островодужной системы, в то время как плагиогранитоидный магматизм второго этапа маркирует начало крупномасштабных аккреционно-коллизийных событий в Алтае-Саянской складчатой области [21].

Плагиогранитоиды Саракокшинской интрузии имеют средне-позднекембрийский возраст, их становление оторвано во времени от формирования вулкани-

ческих толщ сарысазского комплекса, традиционно объединявшихся с гранитоидами в единую вулканоплутоническую ассоциацию. По вещественному составу плагиогранитоиды Саракокшинского массива резко отличаются от раннекембрийских пород майнского комплекса Западного Саяна. Геохимические характеристики не позволяют также сопоставить их с другими позднекембрийскими-раннеордовикскими плагиогранитоидными комплексами Горного Алтая и Западного Саяна.

В пределах протяженной системы вулканоплутонических островодужных поясов плагиогранитоидный магматизм проявлялся по меньшей мере дважды: в середине раннего кембрия и, в значительно больших масштабах, в позднем кембрии. Первый этап был обусловлен эволюцией островодужной системы. Магматизм второго этапа, когда значительные объемы плагиогранитоидов проявились почти одновременно в разных вулканических ареалах от Западного Саяна до Горного Алтая и Горной Шории, маркирует начало крупномасштабных аккреционно-коллизийных событий в Алтае-Саянской складчатой области [22].

*Заключительная стадия* формирования полиметаморфических комплексов Горного Алтая связана с началом в раннем девоне процесса тектономагматической активизации (заложение тыловых окраино-континентальных рифтов) и в связи с подъемом в верхние части коры высоконагретых магматических масс. Высокоградиентный метаморфизм андалузит-силлиманитовой фациальной серии регрессивной направленности проявлен в этот период времени на значительной территории региона и сопровождается формированием гранитно-купольных структур (гранитогнейсовых куполов) и сопряженных с ними зон диафторитов и кварц-полевошпатовых метасоматитов [23].

Следует отметить, что анализ имеющейся информации по метаморфиче-

ским комплексам Горного Алтая и Салаира свидетельствуют о весьма широком диапазоне времени их формирования от докембрия до позднего палеозоя и, возможно, мезозоя, что фиксируется изотопно-геохронологическими методами [15]. При этом установленная зональность в распределении основных продуктов метаморфизма в совокупности с его полихронностью и полистадийностью свидетельствует о тесной связи метаморфического процесса с процессами геодинамической эволюции и кратонизации данного участка земной коры.

Результаты проведенных геохимических и изотопных исследований метаморфических комплексов Горного Алтая в совокупности с данными предшествующих геологических и геохронологических исследований свидетельствуют о том, что Горно-Алтайский сегмент Центрально-Азиатского складчатого пояса сформирован на океаническом основании и не имеет допоздне-рифейского сиалического фундамента. Все метаморфические комплексы Горного Алтая представляют собой неопротерозой-раннепалеозойские отложения, преобразованные в ходе более поздних тектонотермальных процессов. При этом наиболее ранние проявления метаморфизма связаны с субдукционными событиями, а их продукты (неопротерозойские эклогиты балтырганского комплекса, позднекембрийские-раннеордовикские глаукофановые сланцы Уймонской зоны) в современной структуре Горного Алтая проявлены в виде тектонических пластин в раннепалеозойских аккреционных комплексах. Более молодые (ордовикские и, возможно, силурийские) метаморфические ассоциации, как правило, проявленные в составе полиметаморфических комплексов, характеризуются повышенными давлениями (кианит-силлиманитовый фациальный тип) и представляют собой фрагменты корневых частей коллизионно-сдвиго-

вых горно-складчатых сооружений, экспонированные на современный уровень эрозионного среза в шовных зонах. Наконец, наиболее молодые (девон-каменноугольные) метаморфические комплексы относятся к НТ/LP типу, а их формирование, вероятнее всего, определялось внедрением габбро-гранитных серий и прогревом континентальной коры магматическими расплавами [24].

#### *Выводы*

1. Самые древние породы Горного Алтая по палеонтологическим данным относятся к верхнему венду (арыджанская свита и баратальская серия) [3].

2. К древнейшим образованиям в Горном Алтае относятся гнейсы и слюдяные пегматиты в выступах протерозойского фундамента, которые расчленяются А.И. Родыгиным на «свиты». Возраст их укладывается в интервал от верхов нижнего рифея до верхнего рифея. В современных схемах древние метаморфические толщи рассматриваются как осколки древних континентов, образовавшиеся в момент раскрытия в позднем рифее Палеоазиатского океана, омывающего берега древнего Сибирского континента. Предполагается наличие осколков древнего континента среди метаморфических комплексов в основании Северо-Алтайского и Монголо-Алтайского блоков. Подтверждение наличия на Алтае древних метаморфических толщ с возрастом до 1,48 млрд. лет получено в процессе Sm-Nd систематики метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области [4].

3. За пределами осколков древних континентов метаморфические образования Горного Алтая, по В.В. Волкову и Н.Л. Добрецову и др. образуют парный метаморфический пояс, формирование которого связано с развитием островодужной системы. На геологической карте, схемах структурно-формационного и геодинамического районирования территории западной части Алтае-Саян-

ской складчатой области блоки метаморфических пород пространственно приурочены к районам развития венд-раннекембрийских субокеанических и островодужных образований, нередко перемежаясь с блоками в различной степени метаморфизованных вулканогенно-осадочных пород, вулканитов, терригенных флишоидов и турбидитов (рис. 1-3), что создает предпосылки для традиционной интерпретации метаморфитов как кристаллического «комплекса основания» венд-нижнекембрийско-тремадокских островных дуг. Наряду с офиолитами и островодужными базальтами они слагают основания островных дуг и нередко приурочены к подошвам аллохтонов.

4. Чаустинский метаморфический комплекс в подошве Каимского аллохтона был образован по высокоглинозёмистым породам верхней доломитовой части венд-нижнекембрийской баратальской серии.

4. Метаморфические комплексы Горного Алтая полихронны и полифациальны. Унаследованное подновление древних островодужных структур в процессе геодинамического развития Горного Алтая привело к формированию метаморфических пород в течение всего палеозоя, что значительно усложняет картину. Не исключены и более молодые метаморфические породы, возникшие в процессе движений по разломам [16].

#### Список литературы

1. Гусев Н.И. Реконструкция геодинамических режимов докембрийского и кембрийского вулканизма в юго-восточной части Горного Алтая // Палеогеодинамика и формирование продуктивных зон южной Сибири. – Новосибирск, 1991. – С. 32-55.
2. Гусев Н.И., Киселев Е.А. Стратиграфическая последовательность докембрийских отложений юго-восточной части Горного Алтая // Поздний докембрий и ранний палеозой Сибири. Рифей венд. – Новосибирск, 1998. – С. 125-134.
3. Коржнев В.Н. Биостратиграфия позднего докембрия Алтае-Саянской области в разрезах венд-кембрийских отложений Горного Алтая // Изв. Алт. отд-я РГО. – 2015. – № 1 (36). – С. 69-75.
4. Плотников А.В., Крук Н.Н., Владимиров А.Г. и др. Sm-Nd-изотопная систематика метаморфических пород западной части Алтае-Саянск складчатой области // Докл. РАН. – 2003. – Т. 388. – № 2. – С. 228-232.
5. Родыгин А.И. Докембрий Горного Алтая (Курайский метаморфический комплекс). – Томск: Изд-во ТГУ, 1968. – 327 с.
6. Козлов М.С. Палеотектоника и палеовулканизм среднего палеозоя юго-западного Алтая // Геология и геофизика. – 1995. – Т. 36. – № 12. – С. 17-34.
7. Гутак Я.М., Валиева Ф.Л., Мурзин О.В. Корболихинская свиты Рудного Алтая и проблема возраста Алейского метаморфического комплекса // 300 лет горно-геологической службе России: история горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая. – Барнаул, 2000. – С. 200-205.
8. Кузнецов В.А., Дистанов Э.Г., Оболенский А.А. Основы формационного анализа эндогенной металлогении Алтае-Саянской области. – Новосибирск: Наука, 1966. – 155 с.
9. Моссаковский А.А. Орогенные структуры и вулканизм палеозой Евразии. – М.: Наука, 1975. – Вып. 268. – 320 с.
10. Дергунов А.Б. Строение каледонид и развитие земной коры в Западной Монголии и Алтае-Саянской горной области // Проблемы тектоники земной коры. – М.: Наука, 1981. – С. 183-193.
11. Дергунов А.Б., Херасков Н.Н. О тектонической природе «выступов древнего фундамента» в каледонидах Горного Алтая и Западного Саяна // Геология и геофизика. – 1985. – № 6. – С. 13-21.

12. Дергунов А.Б. Каледониды Центральной Азии. – М.: Наука, 1989. – 192 с.
13. Эклогиты и глаукофановые сланцы в складчатых областях. – Новосибирск: Наука, 1989. – 233 с.
14. Берзин Н.А., Колман Р.Г., Добрецов Н.Л. и др. Геодинамическая карта западной части Палеоазиатского океана // Геология и геофизика. – 1994. – Т. 35. – № 7-8. – С. 8-28.
15. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М. и др. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 187 с.
16. Родыгин А.И. Динамометаморфические породы. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – 356 с.
17. Лепезин Г.Г. Метаморфические комплексы Алтае-Саянской складчатой области // Тр. ИГиГ СО АН СССР. – 1978. – Вып 398. – 230 с.
18. Туркин Ю.А., Коржнев В.Н. Структурная позиция метаморфитов Горного Алтая // Вестн. Томского ун-та. – 2003. – № 3 (1). – С. 170-172.
19. Туркин Ю.А., Федак С.И., Коржнев В.Н. О возрасте кебезенского метаморфического комплекса // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: матер. конф. Т. 1. – Томск: Томский ун-т, 1998. – С. 160-161.
20. Туркин Ю.А. Гусев А.И., Федак С.И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации, м-б 1:200000. Серия Алтайская. Л. М-45-III: объяснительная записка / Под ред. В.Н. Коржнева. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2001.
21. Крук Н.Н., Руднев С.Н., Владимиров В.Г. и др. Гранитоидные батолиты и сдвиговые деформации зоны сочленения Горного Алтая и Западного Саяна // Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI вв.: матер. Всерос. конф. – Иркутск: ИЗК СО РАН, 2002. – С. 61-63.
22. Крук Н.Н., Руднев С.Н., Шокальский С.П. и др. Возраст и тектоническая позиция плагигранитоидов Саракоркшинского массива (Горный Алтай) // Литосфера. – 2007. – № 6. – С. 137-146.
23. Туркин Ю.А. О связи метаморфизма и гранитообразования северо-восточной части Горного Алтая // Геологическое строение и полезные ископаемые западной части Алтае-Саянской горной области: сб. матер. научно-практ. конф. – Новокузнецк, 1995. – С. 231-233.
24. Крук Н.Н., Волкова Н.И., Куйбида Я.В., Гусев Н.И., Демонтерова Е.И. Природа метаморфических комплексов Алтая // Литосфера. – 2013. – № 2. – С. 20-44.

#### *References*

1. Gusev N.I. Rekonstruktsiya geodinamicheskikh rezhimov dokembryskogo i kembryskogo vulkanizma v yugo-vostochnoy chasti Gornogo Altaya // Paleogeodinamika i formirovaniye produktivnykh zon yuzhnoy Sibiri. – Novosibirsk, 1991. – S. 32-55.
2. Gusev N.I., Kiselev Ye.A. Stratigraficheskaya posledovatel'nost dokembryskikh otlozheny yugo-vostochnoy chasti Gornogo Altaya // Pozdny dokembry i ranny paleozoy Sibiri. Rifey vend. – Novosibirsk, 1998. – S. 125-134.
3. Korzhnev V.N. Biostratigrafiya pozdnego dokembriya Altaye-Sayanskoy oblasti v razrezakh vend-kembryskikh otlozheny Gornogo Altaya // Izv. Alt. otd-ya RGO. – 2015. – № 1 (36). – S. 69-75.
4. Plotnikov A.V., Kruk N.N., Vladimirov A.G. i dr. Sm-Nd-izotopnaya sistematika metamorficheskikh porod zapadnoy chasti Altaye-Sayansk skladchatoy oblasti // Dokl. RAN. – 2003. – Т. 388. – № 2. – С. 228-232.
5. Rodygin A.I. Dokembry Gornogo Altaya (Kuraysky metamorfichesky kompleks). – Tomsk: Izd-vo TGU, 1968. – 327 s.



6. Kozlov M.S. Paleotektonika i paleovulkanizm srednego paleozoya yugo-zapadnogo Altaya // *Geologiya i geofizika*. – 1995. – T. 36. – № 12. – S. 17-34.
7. Gutak Ya.M., Valiyeva F.L., Murzin O.V. Korbolikhinskaya svity Rudnogo Altaya i problema vozrasta Aleyskogo metamorficheskogo kompleksa // *300 let gorno-geologicheskoy sluzhbe Rossii: istoriya gornorudnogo dela, geologicheskoye stroyeniye i poleznye iskopayemye Altaya*. – Barnaul, 2000. – S. 200-205.
8. Kuznetsov V.A., Distanov E.G., Obolensky A.A. Osnovy formatsionnogo analiza endogennoy metallogenii Altaye-Sayanskoy oblasti. – Novosibirsk: Nauka, 1966. – 155 s.
9. Mossakovsky A.A. Orogennyye struktury i vulkanizm paleozoid Yevrazii. – M.: Nauka, 1975. – Vyp. 268. – 320 s.
10. Dergunov A.B. Stroyeniye kaledonid i razvitiye zemnoy kory v Zapadnoy Mongolii i Altaye-Sayanskoy gornoy oblasti // *Problemy tektoniki zemnoy kory*. – M.: Nauka, 1981. – S. 183-193.
11. Dergunov A.B., Kheraskov N.N. O tektonicheskoy prirode «vystupov drevnego fundamenta» v kaledonidakh Gornogo Altaya i Zapadnogo Sayana // *Geologiya i geofizika*. – 1985. – № 6. – S. 13-21.
12. Dergunov A.B. Kaledonidy Tsentralnoy Azii. – M.: Nauka, 1989. – 192 s.
13. Eklogity i glaukofanovyie slantsy v skladchatykh oblastyakh. – Novosibirsk: Nauka, 1989. – 233 s.
14. Berzin N.A., Kolman R.G., Dobretsov N.L. i dr. Geodinamicheskaya karta zapadnoy chasti Paleoaziatskogo okeana // *Geologiya i geofizika*. – 1994. – T. 35. – № 7-8. – S. 8-28.
15. Shokalsky S.P., Babin G.A., Vladimirov A.G., Borisov S.M. i dr. Korrelyatsiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoy chasti Altaye-Sayanskoy oblasti. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2000. – 187 s.
16. Rodygin A.I. Dinamometamorficheskiye porody. – Tomsk: Izd-vo TGU, 2001. – 356 s.
17. Lepezin G.G. Metamorficheskiye komplekсы Altaye-Sayanskoy skladchatoy oblasti // *Tr. IgiG SO AN SSSR*. – 1978. – Vyp 398. – 230 s.
18. Turkin Yu.A., Korzhnev V.N. Strukturnaya pozitsiya metamorfitov Gornogo Altaya // *Vestn. Tomskogo un-ta*. – 2003. – № 3 (1). – S. 170-172.
19. Turkin Yu.A., Fedak S.I., Korzhnev V.N. O vozraste kebezenskogo metamorficheskogo kompleksa // *Aktualnyye voprosy geologii i geografii Sibiri: mater. konf. T. 1*. – Tomsk: Tomsky un-t, 1998. – S. 160-161.
20. Turkin Yu.A., Gusev A.I., Fedak S.I. i dr. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossyskoy Federatsii, m-b 1:200000. Seriya Altayskaya. L. M-45-Sh: obyasnitel'naya zapiska / Pod red. V.N. Korzhneva. – SPb.: Izd-vo VSEGEI, 2001.
21. Kruk N.N., Rudnev S.N., Vladimirov V.G. i dr. Granitoidnye batolity i sdvigovyye deformatsii zony sochleneniya Gornogo Altaya i Zapadnogo Sayana // *Geologiya, geokhimiya i geofizika na rubezhe XX i XXI vv.: mater. Vseros. konf.* – Irkutsk: IZK SO RAN, 2002. – S. 61-63.
22. Kruk N.N., Rudnev S.N., Shokalsky S.P. i dr. Vozrast i tektonicheskaya pozitsiya plagiogranitoidov Sarakorkshinskogo massiva (Gorny Altay) // *Litosfera*. – 2007. – № 6. – S. 137-146.
23. Turkin Yu.A. O svyazi metamorfizma i granitoobrazovaniya severo-vostochnoy chasti Gornogo Altaya // *Geologicheskoye stroyeniye i poleznye iskopayemye zapadnoy chasti Altaye-Sayanskoy gornoy oblasti: sb. mater. nauchno-prakt. konf.* – Novokuznetsk, 1995. – S. 231-233.
24. Kruk N.N., Volkova N.I., Kuybida Ya.V., Gusev N.I., Demonerova Ye.I. Priroda metamorficheskikh kompleksov Altaya // *Litosfera*. – 2013. – № 2. – S. 20-44.

THE PROBLEM OF THE STRATIGRAPHIC AND STRUCTURAL  
THE PROVISIONS OF THE METAMORPHIC COMPLEXES  
OF THE ALTAI MOUNTAINS

V.N. Korzhnev

*The Shukshin Altai State Humane-Pedagogical University, Biisk, E-mail: viktorkorzhnev@vail.ru*

*The stratigraphic and structural position of the metamorphic strata of the Altai Mountains is a matter of dispute. The presence of ancient fragments of the Siberian continent with the age of 1090-1480 million years by model Sm-Nd ages of magma-forming substrates was established. Metamorphic strata of ancient microcontinents are conventionally divided into "suites". Most of the metamorphic formations of The Altai mountains form a paired metamorphic belt, the formation of which is associated with the development of the Vend-cambian-tremadok island-arc system. They form the bases of island arcs and in some cases, along with volcanites and ophiolites, are confined to the soles of allochthonous plates. They form the bases of island arcs and in some cases, along with volcanites and ophiolites, are confined to the soles of allochthonous plates. Zaustinsky metamorficheskie complex is regarded as a result of processing high-alumina rocks of Vendian-Cambrian age.*

*Key words:* ancient microcontinents, paired metamorphic belt, root parts of island arcs, allochthonous plates.

*Received November 27, 2019*