

ПЕТРОЛОГИЯ, ГЕОТЕКТОНИКА

УДК 551.242+551.253

ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКАЯ ДЕФОРМАЦИОННО-МЕТАМОРФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КУЗНЕЦКО-АЛТАЙСКОГО РЕГИОНА

С.В. Зиновьев^{1,2}, М.А. Фидлер¹

¹Институт геологии и минералогии СО РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия



Региональная структура Кузнецко-Алтайского региона сформировалась в результате конвергенции Тувино-Монгольского и Джунгарского микроконтинентов благодаря механизмам и энергии коллизионных взаимодействий межглыбовых систем коры преимущественно в позднепалеозойское время. Главным тектоническим следствием конвергенции указанных глыб и коллизии блоков фронтальной области является формирование асимметрично клиновидного геолого-структурного ансамбля региональных структур, среди которых особое внимание привлекают деформационные системы и деформационно-метаморфические зоны. Их распределение подчеркивает асимметрию регионального структурного плана. В качестве эталонных примеров и детализации строения кратко представлены Иртышская, Кедровско-Бутачихинская и Курайская деформационно-метаморфические зоны. Их вещественную основу представляют разновидности тектонитов: динамокластиты, сланцевые бластомилониты (тектоносланцы) и тектономикститы (меланжи).

Ключевые слова: деформационно-метаморфические структуры, зоны смятия, тектониты, динамометаморфизм, структурно-вещественные комплексы, Кузнецко-Алтайский регион

Введение

В работе обсуждается модель тектонического районирования земной коры Кузнецко-Алтайского региона на основе геомеханических и структурно-вещественных принципов с выделением региональных тектонических структур, формирование которых происходило после закрытия палеоазиатского океана [Зоненшайн и др., 1990; Диденко и др., 1994; Добрецов, 2003] на территории Внутренней Азии.

Региональная геодинамика и механизмы формирования наблюдаемой структуры Кузнецко-Алтайского региона интерпретируются авторами как результат конвергенции Тувино-Монгольского и Джунгарского микроконтинентов в позднем палеозое. Начальным проявлением этой конвергенции является утолщение коры в области сближения, когда на поверхности механизмы латерального сжатия формируют региональное (условно межглыбовое) поднятие. По мере его роста и в соответствии с принципом изостазии этому поднятию начинает соответствовать рост «корней гор» в подошве коры. Вместе с тем в разрушаемых фронтальных частях глыбовых структур конвергенция сопровождается расчленением поднятия на разномасштабные фрагменты, которые взаимодействуют уже по типу коллизии. Физическим выражением механизмов коллизии (взаимодействие тел при условии сближения их центров масс) являются периодические импульсы сейсмической активности как следствие периодиче-

ской разгрузки напряженного состояния межглыбовой области [Чиков, 2010, 2011].

В качестве эталонных примеров и детализации строения кратко будут представлены Иртышская и Кедровско-Бутачихинская деформационно-метаморфические зоны (ДМЗ), поскольку модели их строения достаточно детально разработаны авторами ранее [Зиновьев, 1992; Чиков и др., 2008а, б; Зиновьев, Чиков, 2009; Зиновьев, Чиков, 2010]. Основное же внимание будет уделено тектоническому районированию Курайской (Телецко-Курайской) ДМЗ в составе Телецко-Курайского региона.

В основе методики исследования ДМЗ лежат три положения [Чиков и др., 2008а; Зиновьев, Чиков, 2010]: 1) принцип адекватности отображения геологической ситуации, ориентирующий на документацию реально наблюдаемых характеристик породных комплексов. Он исключает процедуры «восстановления» того, что предшествовало формированию наблюдаемой структуры; 2) принцип выделения главного формационного мегакомплекса тектонитов зон смятия в целом и его детализации на основе классификации породных и структурно-вещественных комплексов; 3) принцип интер- и экстраполяции при определении положения границ геологических тел и неоднородностей строения.

Работа направлена на выявление закономерностей деформационно-метаморфической структуры и динамометаморфических преобразований пород в ДМЗ, что является важным для понимания тектони-

ки и метаморфизма всего Кузнецко-Алтайского региона.

Региональная тектоника Кузнецко-Алтайского региона

Главным тектоническим следствием конвергенции указанных литосферных глыб и коллизии геоблоков коры Кузнецко-Алтайского региона является формирование асимметрично клиновидного геологоструктурного ансамбля морфологически неоднородных региональных структур. Условная ось этого «клина» ориентирована в северо-западном направлении, а характеристика выделяемых структурных элементов региона включает формы обособления и условия залегания породных комплексов осадочного, магматического и зонального РТ-метаморфического генезиса, степень динамометаморфизма пород и разнообразие деформированности породных тел, а также стили и концентрации механических деформаций.

Структурную основу Кузнецко-Алтайского региона составляют конвергентно-коллизионные по своей природе системы деформационных и деформационно-метаморфических структур, которые разделяют мозаично-блоковые массивы (БМ) – реликты относительно слабо деформированного докембрийского и палеозойского субстрата (рис. 1) [Чиков и др., 2008a]. В «деформационных системах» (ДС) исходный геологический субстрат деформируется без существенного качественного преобразования – традиционно это складчато-надвиговые системы региональных складчатых сооружений. Для ДС характерно преобладание хрупких деформаций. Термин «деформационно-метаморфическая зона» (ДМЗ) объединяет представления о протяженных структурах, в которых породный субстрат качественно (до 50–70 % и более) преобразован механической энергией коллизии – традиционно это зоны смятия, региональные сдвиговые зоны, коллизионные швы и т.п. Породным телам ДМЗ свойственны вязко-пластические деформации. В общей структуре Кузнецко-Алтайского региона ДМЗ не только образуют региональный тектонический каркас таких «швов» (рис. 1), но и вмещают основную массу рудных месторождений Кузнецко-Алтайского региона, что повышает прикладную привлекательность их исследования (Прииртышский, Риддерский, Зыряновский, Калгутинский, Акташский, Таштагольский и другие рудные районы).

Пространственно сближенные линеаментные деформационно-метаморфические зоны Кузнецко-Алтайского региона в плане образуют подобие клина или веера, раскрывающегося к северу (см. рис. 1). Распределение типовых структурных элементов Кузнецко-Алтайского «веера» подчеркивает его асимметричное строение. Его вершина намечается в

районе Баянгола (Монгольский Алтай), где Прииртышская и Кузнецко-Харауснурская периферические системы линеаментных ДМЗ объединяются.

Западная периферия «веера» представлена концентрированным Прииртышским поясом относительно прямолинейных зон смятия (Иртышская, Булганская и другие) и Удинско-Бухтарминской концентрацией ветвящихся линеаментов Рудного Алтая (ранее «Северо-Восточная зона смятия»). Эта концентрация включает Змеиногорскую, Кедровско-Бутачихинскую, Шубинскую, Бухтарминскую и другие структуры, а также их ответвления. Во внутренней части клина параллельно расположена зона крупных массивов (Чулышманский и Укок-Кобдинский БМ).

Более сложную конфигурацию имеет восточная – Кузнецко-Харауснурская поясовая концентрация линеаментов. Она включает прямолинейный Кузнецкий «шов», Курайскую (Телецко-Курайскую), Шапшальскую, Харауснурскую и другие линеаментные зоны, для которых характерна дугообразная или ветвящаяся форма в плане. Соответственно, более сложный характер имеет распределение деформационных и деформационно-метаморфических структур, а также меньших по размеру БМ внутренней – Катунь-Кобдинской системы деформационных и блоковых структур Алтая.

Наибольший интерес, связанный с различными проявлениями деформаций и метаморфизмом пород, представляют ДМЗ, поэтому характеристике именно этих объектов будет уделено основное внимание в данной работе.

Региональные деформационно-метаморфические зоны

К общим чертам геологического строения ДМЗ относятся [Чиков, 1992, 2011; Зиновьев, Чиков, 2010]: а) *большая протяженность* (длина намного превышает ширину ($l \gg n$)) с четко выраженной генеральной линейно-плоскостной анизотропией структурных элементов всех иерархических уровней – от регионального до микроскопического; б) *максимальная для региона* степень милонитизации, расщепления (кливаж течения) и контрастного метаморфизма породных комплексов доколлизийного возраста; в) *масштабные новообразования тектонитов* – породных ассоциаций динамометаморфического типа (динамокластиты, тектоносланцы, меланжи, сегрегационные новообразования и т.п.) на фоне пород исходного субстрата; г) *максимальная для региона концентрация морфологически выраженных разломов* преимущественно сдвигового типа, для которых характерен разнонаправленный массоперенос, в том числе микросдвигов, ограничивающих тонкие литоны (пластины) и линзовидные концентрации разнотипных тектонитов.

Регулирующее правило выделения таких «линеаментов» основано на преобладании в них динамометаморфических породных комплексов – тектонитов. Соответственно, если тектониты не играют ведущей структурообразующей роли, то нет смысла выделять такие зоны в региональной структуре.

К индикаторным характеристикам таких ДМЗ относятся: а) ориентированно полосчатый и тонколинзовидный облик породных массивов тектонитов; б) линзовидно-ленточная форма катаклазированных и разгнейсованных гранитоидных тел, ленточная ориентировка которых соответствует анизотропии среды. В случае субвертикального залегания осевой поверхности эти линеаментные структуры прямолинейны или подобны дуге большого радиуса (Иртышская и Кузнецкая зоны), а при более пологом залегании имеют дугообразную форму (Курайская зона).

Механизмы течения закономерно (в соответствии с системой нагружения) перемещают вещество коллизионных зон, преобразуя исходные соотношения. Поэтому практически все разновидности тектонитов в них рассредоточены как по площади, так и по глубине, создавая деформационно-метаморфические разнообразия минеральных концентраций и структурно-морфологических сочетаний. Сравнительный анализ текстурных рисунков тектонитов Иртышской и Курайской зон (рис. 2) показывает тождество типов породных масс при инвариантности механизмов их структурирования.

Породные комплексы и формации тектонитов. Наиболее характерным свойством породных комплексов ДМЗ является регионально проявленный динамометаморфизм. В первую очередь, обращает на себя внимание то, что в пределах изученных Иртышской, Бухтарминской, Кедровско-Бутахихинской, Кузнецкой, Курайской и других зон концентрации неизменных пород осадочного или магматического генезиса, как и достоверно описанные (наблюдаемые) седиментационно-слоевые и магматически-контактные соотношения геологических тел, встречаются крайне редко (преимущественно в реликтовых проявлениях, в основном в «блоковых массивах»). Практически все наблюдаемые ситуации относятся к динамометаморфическим и частично метасоматическим, что определяет преобладание тектонитов, хотя не исключаются реликтовые включения относительно слабо преобразованного субстрата. Тела тектонитов ограничиваются поверхностями срыва и притирания (по латерали) и фестончатыми переходами по простиранию.

Контрастность динамометаморфизма пород зон смятия была подмечена еще в середине прошлого столетия в процессе геологических съемок Алтая. Обобщая результаты геологического картирования,

В.П. Нехорошев писал: «Несмотря на кажущуюся монотонность, метаморфизм в зонах смятия весьма неоднороден, резко возрастаая близ разломов и пластовых интрузий (внедрившихся по разломам) и быстро ослабевающая, сходя почти на нет (за исключением рассланцевания), по удалении от них. Такие же явления наблюдаются и по простиранию этих зон: метаморфизм то резко усиливается, то затухает. Этой особенностью породы зон смятия часто отличаются от кристаллических и метаморфических пород докембрийских толщ, в которых однородная степень метаморфизма хорошо выдерживается и по простиранию, и вкрест простирания» [Нехорошев, 1956, с. 52].

Главные разновидности тектонитов: динамокластиты (преимущественно катаклазитовая размерность зерен), сланцевые blastsмилониты (тектоносланцы) и тектономикститы (меланжи). К основным диагностическим признакам тектонитов ДМЗ относятся: а) механическое измельчение (брекчирование, катаклаз, милонитизация) с трансляцией зерен и перемешиванием обломочной массы, с развальцеванием крупной и перекристаллизацией (рассланцеванием) мелкой фракций, а также образованием овоидных форм в катаклазитах; б) кливаж течения с частичным (до 50 %) и проникающим (более 75 %) рассланцеванием породных массивов; в) наличие индикаторных форм (разделение породных массивов на литоны и сепарационно-сегрегационные полосы с устойчивым простиранием); породам свойственны структуры катакластического и пластического течения, линеаризация минеральных зерен, сочетание порфиорокластических и порфиробластических обособлений; в) новообразования преимущественно малокомпонентных (в том числе рудных) концентраций и механокомпозигов сепарации, сегрегации, сдвигового трения и декомпрессии.

Для линеаментных зон Кузнецко-Алтайского региона характерны разнообразные формационные типы тектонитов; к часто встречаемым относятся: 1) *парасланцевые* – формируются на основе осадочных формаций (Кедровско-Бутахихинская и Бухтарминская зоны Рудного Алтая); 2) *ортосланцевые* – на основе вулканогенных образований (Борусская и Куртушибинская зоны Западного Саяна) или интрузивных пород подобно очковым гранито-гнейсам в области преимущественного развития гранитоидного субстрата (Бухтарминское звено Иртышской зоны смятия, Курайская зона Кубадринского района); 3) *микститовые* или *меланжевые*, среди которых очень характерными являются *серпентинито-меланжевые* на основе базит-ультрамафитовых комплексов породных масс (Чаган-Узунский меланж Курайской зоны, Кобдинский меланж Алтан-Цугской зоны).

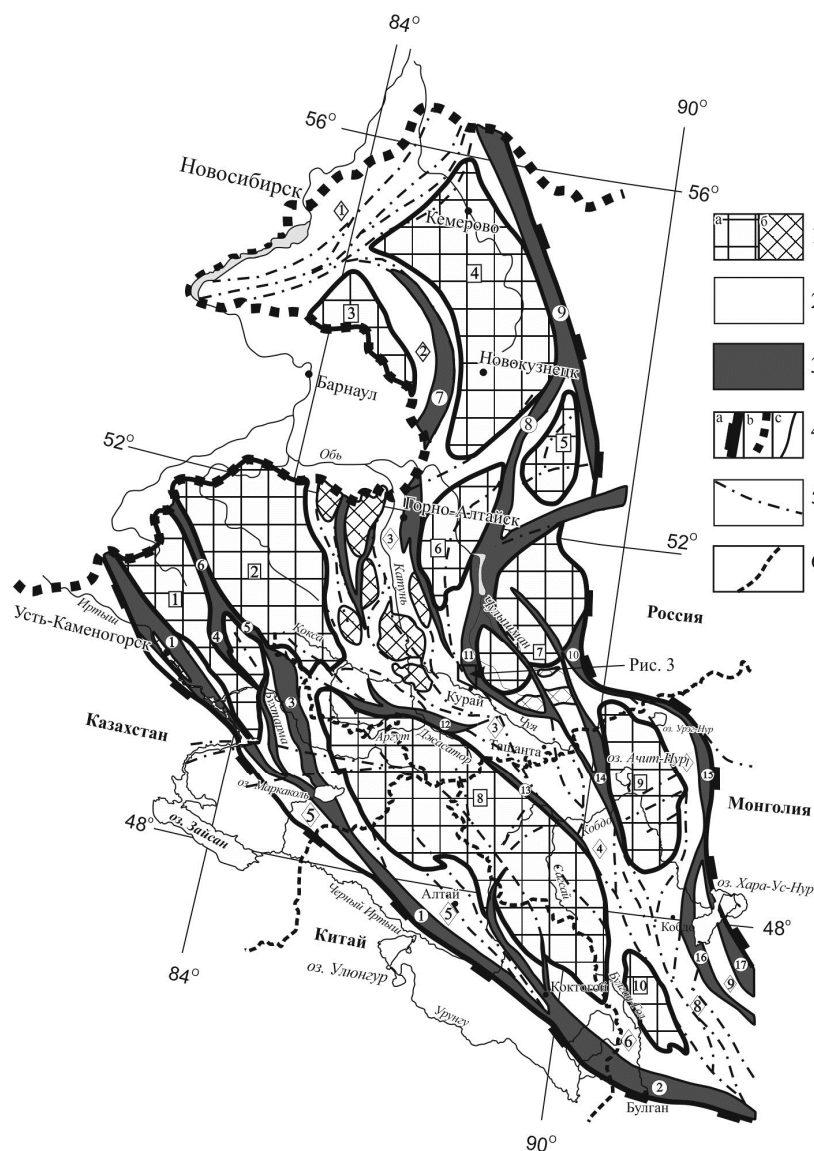


Рис. 1. Схема позднепалеозойской коллизионной тектоники Кузнецко-Алтайского региона.

Составлена на основе [Чиков, Зиновьев, 1996; Чиков и др., 2008] с дополнениями

1 – блоковые массивы докембрийского и палеозойского субстрата (а) и их реликты в деформационных системах (б); 2 – деформационные системы; 3 – деформационно-метаморфические зоны; 4 – границы Алтайского «клина» (а), граница с осадочным чехлом Западно-Сибирской плиты (б), прочие границы (в); 5 – морфологически выраженные магистральные разломы; 6 – государственные границы. Мозаично-блоковые массивы (цифры в прямоугольниках): 1 – Рудно-Алтайский, 2 – Чарышско-Коксинский, 3 – Барнаульский, 4 – Кузнецкий, 5 – Кабырзинский, 6 – Сумультинский, 7 – Чулышманский, 8 – Укок-Кобдинский, 9 – Ачитнурский, 10 – Борончингольский. Деформационные системы (цифры в ромбах): 1 – Томь-Колыванская, 2 – Салаирская, 3 – Катунско-Чуйская, 4 – Улгейская, 5 – Прииртышская, 6 – Булгангольская, 7 – Урэгнурская, 8 – Цэцэгнурская, 9 – Цаганнурская. Деформационно-метаморфические зоны (цифры в окружностях): 1 – Иртышская, 2 – Булганская, 3 – Бухтарминская, 4 – Кедровско-Бутахихинская, 5 – Шубинская, 6 – Змеиногорская, 7 – Салаирская, 8 – Таштагольская, 9 – Кузнецкая, 10 – Шапшальская, 11 – Телецко-Курайская, 12 – Катунско-Чуйская, 13 – Дуронурская, 14 – Алтан-Цугская, 15 – Хархирская, 16 – Тугрегская, 17 – Харауснурская

Fig. 1. Scheme of the Late Paleozoic collisional tectonics of the Kuznetsk-Altai region.

Compiled on the basis of [Chikov, Zinoviev, 1996; Chikov et al., 2008] with additions

1 – block massifs of the Precambrian and Paleozoic substance (a) and their relics in deformation systems (b); 2 – deformation systems; 3 – deformation-metamorphic zones; 4 – boundaries of the Altai "wedge" (a), boundary with the sedimentary cover of the West Siberian plate (b), other boundaries (c); 5 – morphologically pronounced main faults; 6 – state borders. Mosaic-block massifs (numbers in rectangles): 1 – Rudniy Altai, 2 – Charyshsko-Koksinsky, 3 – Barnaulsky, 4 – Kuznetsky, 5 – Kabyrzinsky, 6 – Sumultinsky, 7 – Chulyshmansky, 8 – Ukok-Kobdinsky, 9 – Achitnursky, 10 – Boronchingolsky. Deformation systems (numbers in rhombuses): 1 – Tom'-Kolyvanskaya, 2 – Salairskaya, 3 – Katunsko-Chuyskaya, 4 – Ulegeyskaya, 5 – Priirtyshskaya, 6 – Bulgan-golskaya, 7 – Uregnurskaya, 8 – Tsetsegnurskaya, 9 – Tsagannurskaya. Deformation-metamorphic zones (numbers in circles): 1 – Irtyshskaya, 2 – Bulganskaya, 3 – Bukhtarminskaya, 4 – Kedrovsko-Butachikhinskaya, 5 – Shubinskaya, 6 – Zmeinogorskaya, 7 – Salairskaya, 8 – Tashtagol'skaya, 9 – Kuznetskaya, 10 – Shapshal'skaya, 11 – Teletsko-Kurayskaya, 12 – Katunsko-Chuyskaya, 13 – Duronurskaya, 14 – Altan-Tsugskaya, 15 – Kharkhirskaya, 16 – Tugregskaya, 17 – Kharausnurskaya

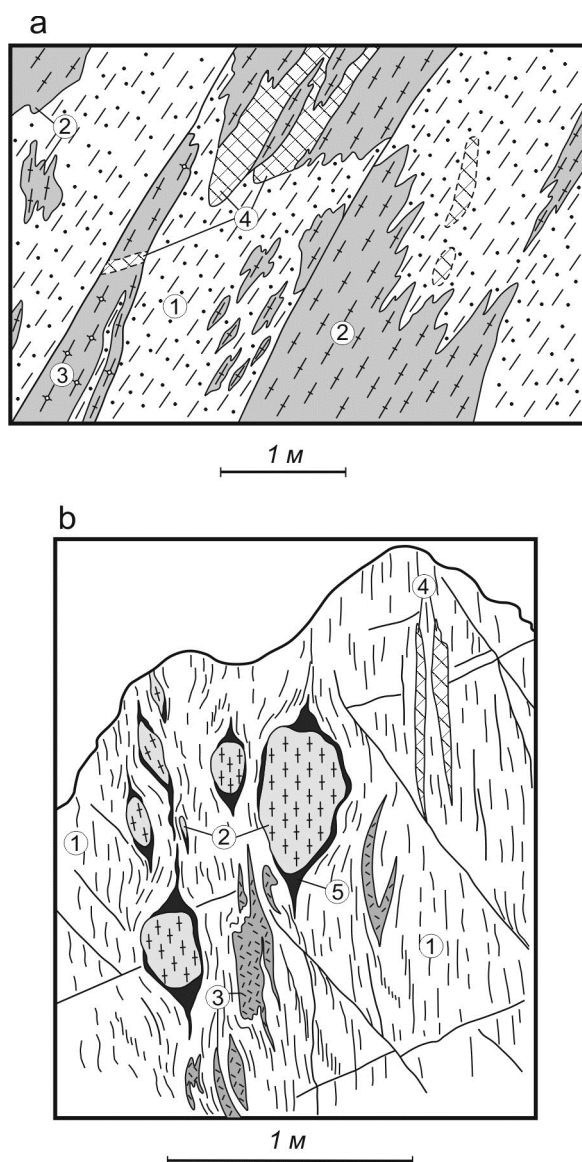


Рис. 2. Текстуры рисунков тектонитов деформационно-метаморфических зон

а – Иртышской: 1 – слюдисто-кварц-полевошпатовые ортокатаклазиты мелко- и среднекристаллические; 2 – существенно биотитовые бластомилониты; 3 – очковые биотит-кварц-полевошпатовые бластомилониты; 4 – крупнокристаллические кварц-полевошпатовые пегматоиды. б – Курайской (Родыгин, 2001): 1 – серые очковые биотитовые гнейсы (очковые бластомилониты); 2 – лейкократовый плагиогранит, 3 – светло-серый мелкозернистый гнейс, 4 – светло-желтоватый крупнозернистый гнейс, 5 – хлорит

Fig. 2. Textural patterns of rock masses of deformation-metamorphic zones tectonites

а – Irtysh zone: 1 – mica-quartz-feldspar orthocataclasites of fine- and medium-crystalline; 2 – essentially biotite blastomylonites; 3 – eyed biotite-quartz-feldspar blastomylonites; 4 – coarse-crystalline quartz-feldspar pegmatoids. б – Kurai zone (Rodygin, 2001): 1 – gray eyed biotite gneisses (eyed blastomylonites); 2 – leucocratic plagiogranite, 3 – light gray fine-grained gneiss, 4 – light yellowish coarse-grained gneiss, 5 – chlorite

Более дробные региональные классификации тектонитов разрабатываются с использованием структурно-вещественных делящих признаков: породно-минеральный состав, внутренняя упорядоченность строения, форма обособления и т.п. Нередко используются и целевые характеристики наличия или отсутствия рудных скоплений, индикаторных форм структурирования или минеральной специфики.

Краткая характеристика полигонов исследования

Авторские представления о тектонике деформационно-метаморфических структур рассмотрим на примерах Иртышской, Кедровско-Бутахихинской и Курайской зон. Поскольку для Иртышской и Кедровско-Бутахихинской ДМЗ уже созданы модели тектоники (см. ниже), то на их описании подробно останавливаться не будем. Для Курайской же зоны

будет дана более полная характеристика, так как обсуждаемая модель ее строения представляется впервые.

Примером наиболее известной и хорошо изученной является **Иртышская ДМЗ** [Хорева, 1963; Чиков, Соловьев, 1983; Структура линейных..., 1990; Зиновьев, 1992]. Она прослеживается от границ Западно-Сибирской плиты на севере (Россия) через Рудный Алтай (Казахстан) и Северный Синдзян (Китай) до Гобийского Алтая (Монголия) на юго-востоке. Общая протяженность зоны более 1 300 км при ширине 10–15 км с редкими расширениями до 50 км. Ее северные звенья имеют северо-западную ориентировку (310–330°), южное замыкание – субширотную. По существу, это гигантский коллизионный шов, подобно дуге большого радиуса, ограничивающий Гоби-Алтайский складчатый пояс Внутренней Азии с юго-запада. Авторами детально исследована структура Бухтарминского звена Ир-

тышской зоны [Чиков и др., 1988; Зиновьев, 1992]. В пределах Бухтарминского полигона выделяются три крупные зоны, ориентированные согласно общему простиранию зоны смятия: пегматито-сланцевая, гнейсо-гранитная и мраморо-сланцевая [Чиков, Соловьев, 1983]. Вещественную основу выделенных зон представляют разнообразные комплексы тектонитов, среди которых различные по составу и структурно-текстурным характеристикам пара- и ортокатаклазиты и пара- и ортомилониты [Зиновьев, 1992]. Они слагают линзовидные и линзовидно-полосчатые тела с тектоническими ограничениями, фстончато выклинивающиеся по простиранию.

Диагностируемую основу минерально-породных разновидностей тектонитов **Кедровско-Бутахихинской** структуры составляют: а) существенно хлоритовые, в том числе аподиабазовые сланцы; б) апопорфировые (апориолитовые) кварц-серицитовые и серицит-полевошпатовые катаклазиты и сланцы; в) апогранитные катаклазиты и сланцево-катаклазитовые тектониты; г) карбонатные и углеродсодержащие сланцы; д) силицилиты (квацитоподобные породы) и кальцилиты (сепарационные мраморы) в участках экстремального преобразования пород субстрата; ж) меланжевые микститы (разновидности меланжа с матриксом мелкозернистых динамокластитов и сланцев). Их распределения и соотношения позволили создать оригинальную тектоническую модель ДМЗ [Чиков и др., 2008б; Зиновьев, Чиков, 2009; Зиновьев, Чиков, 2010].

Курайская (Телецко-Курайская) ДМЗ является юго-восточным субширотным окончанием дугообразной системы линеаментов, обрамляющих Чулышманский (Западно-Саянский) мозаично-блоковый массив (см. рис. 1). Она была выделена Н.Н. Горностаевым в осевой части Курайского хребта в качестве «...полосы ортогнейсов, получившихся за счет милонитизации и последовавшей затем перекристаллизации олигоклазальбитовых гранитов... Полоса ортогнейсов с СВ и ЮЗ окаймляется двумя полосами биотитовых сланцев, наполненных овальными включениями олигоклазальбита...». Эти «полосы чистых биотитовых сланцев сменяются диафторическими хлоритовыми филлитами...» [Горностаев, 1937, с. 50–51]. В нашем представлении это комплексы очковых биотитовых бластомилонитов Кубадринской деформационно-метаморфической системы.

Методические приемы геолого-структурного анализа зон смятия, разработанные на примерах Иртышской и Кедровско-Бутахихинской ДМЗ [Чиков и др., 2008а, 2008б; Зиновьев, Чиков, 2010], позволяют предложить оригинальную модель тектоники фрагмента Курайской зоны в районе сближения Курайского и Тонгулакского хребтов Горного Алтая (бассейн р. Кубадру, рис. 3). Это ассоциация гетерогенных тек-

тонических систем (зон), которые подобно более общей региональной модели (см. рис. 1) отличаются своеобразием структурно-вещественных характеристик. По степени преобразования доколлизийной структуры и динамометаморфизма пород различаются: *мозаично-блоковые массивы* – преобразование минимальное, *деформационные системы* – преобразование умеренное до интенсивного, *деформационно-метаморфические зоны* – преобразование максимальное с интенсивным стресс-метаморфизмом пород.

В основу характеристики Курайской ДМЗ положены детальные полевые наблюдения А.И. Родыгина [Родыгин, 1968; 2001] в верховьях левых притоков р. Башкаус (Кубадру, Тыдтугом и др.), Н.И. Гусева [Гусев, 1992, 2013; Гусев, Шокальский, 2010], М.М. Буслова [Буслов, 2011; Буслов и др., 2003, 2013; Buslov et al., 2004] и др., дополненные нашими, в том числе опубликованными [Абилдаева и др., 2019], данными по тектонике южного склона Курайского хребта.

В строении исследуемого района Курайской зоны на основе тектонического районирования выделено три подразделения: 1) Тонгулакская деформационно-метаморфическая зона; 2) Кубадринская система деформационных и деформационно-метаморфических структур; 3) Южный пояс деформационно-метаморфических и складчато-надвиговых структур.

Тонгулакская существенно бластомилонитовая деформационно-метаморфическая зона занимает северо-восточное положение (см. рис. 3). Ее основными структурно-вещественными характеристиками являются: а) стабильная анизотропия структуры и полосчатый облик практически всех формаций, обусловленный устойчивым чередованием темных и светлых полос с резкостными границами и постепенными переходами; б) преобладание в составе тектонитов преимущественно кварц-полевошпатово-биотитовых тектоносланцев с хлоритом, серицитом и амфиболом, амфибол-биотитовых гнейсов с очковой текстурой, амфиболовых бластомилонитов и амфиболитов; в) обилие в тектоносланцах порфирокластических обособлений, наличие линз ультрамилонитов и зон порфиробластеза; г) обособление крупных тел катаклазированных, развальцованных и гнейсированных гранитов и очковых гранито-гнейсов [Родыгин, 2001; Гусев, 2013]; ленточно-пальцеобразная конфигурация этих «гранитов» указывает на вторичность обособления, приобретенную под влиянием механических воздействий.

Кубадринская система деформационных и деформационно-метаморфических структур занимает центральное положение в районе исследования. Она имеет форму клина, расширяющегося к западу. На востоке эта система прилегает к Тонгулакской зоне; ее граница имеет форму дуги большого радиуса с тенденцией изменения направления от СЗ (на юге) до субмеридионального (на севере).

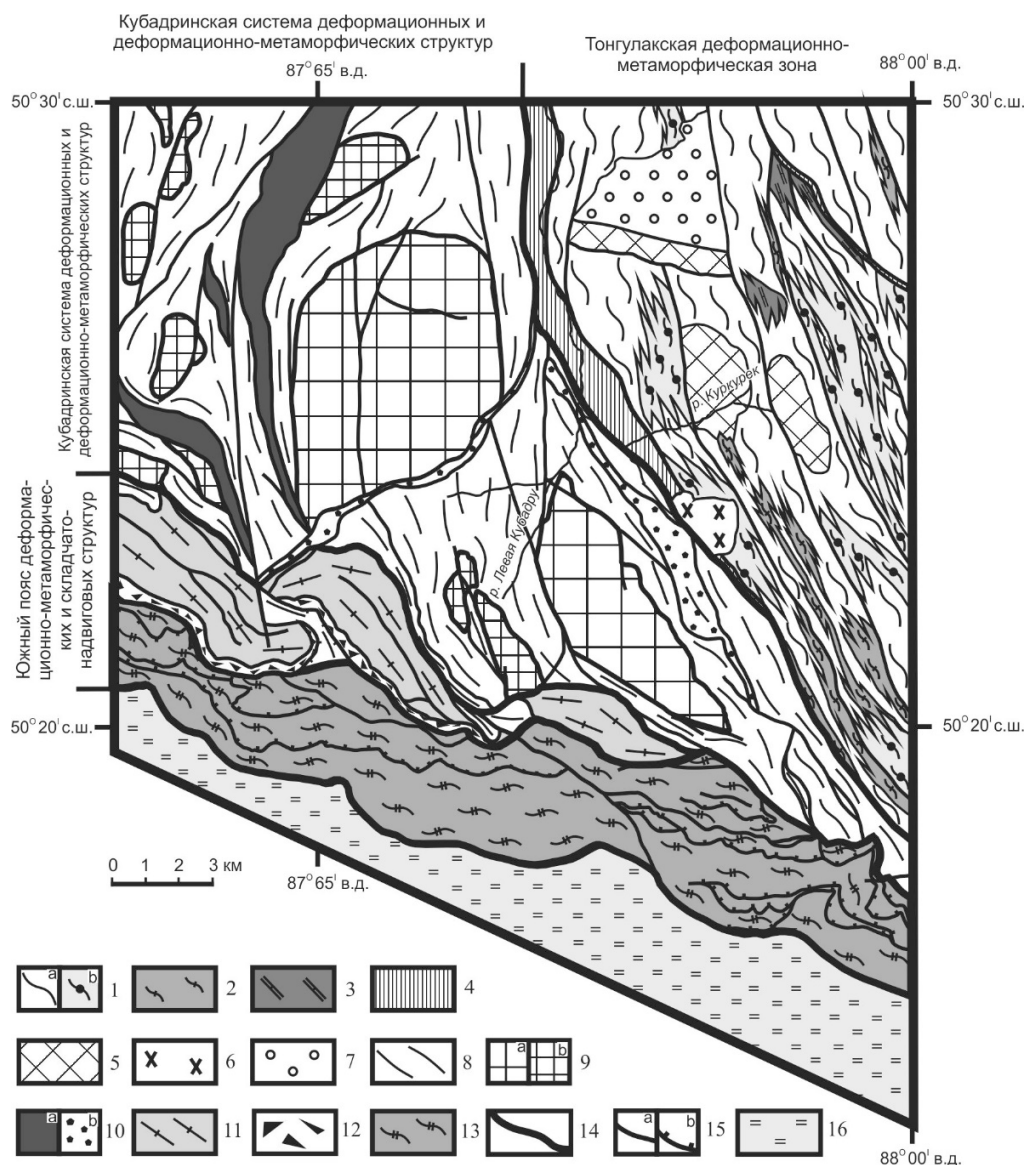


Рис. 3. Тектоническая схема Кубадринского района, Горный Алтай

Тонгулакская деформационно-метаморфическая зона (1–7): 1 – кварц-полевошпат-биотитовые тектоносланцы (а), то же с силлиманитом и кордиеритом (б); 2 – сланцы и гнейсы гранодиоритового состава; 3 – амфибол-биотитовые тектоносланцы; 4 – биотитовые очковые бластомилониты; 5 – куполоподобные обособления гранитогнейсов; 6 – постколлизийные гранитоиды; 7 – кайнозойские отложения грабеноподобных впадин. Кубадринская система деформационных и деформационно-метаморфических структур (8–10): 8 – гетерогенные деформационные системы; 9 – глыбы палеозойского субстрата мозаично-блокового строения (а), мелкоблоковые агрегаты палеозойского субстрата (б); 10 – локальные деформационно-метаморфические зоны сланцево-меланжевого (а) и динамокластического (б) типов. Южный пояс деформационно-метаморфических и складчато-надвиговых структур (11–13): 11 – динамометаморфические комплексы сланцевого и сланцево-меланжевого типов; 12 – серпентинитовый меланж; 13 – система надвиговых пластин складчатого палеозоя. Прочие обозначения (14–16): 14 – границы тектонических зон и подзон; 15 – основные структурообразующие разломы: (а) – крутопадающие (сдвиги), (б) – с наклонной плоскостью сместителя (надвиги, взбросы); 16 – четвертичные отложения наложенных впадин

Fig. 3. Tectonic scheme of the Kubadra region, Gorny Altai

Tongulak deformation-metamorphic zone (1–7): 1 – quartz-feldspar-biotite tectonic schists (a), the same with sillimanite and cordierite (b); 2 – schists and gneisses of granodiorite composition; 3 – amphibole-biotite tectonic schists; 4 – eyed biotite blastomylonites; 5 – dome-shaped segregations of gneissose granite; 6 – postcollisional granitoids; 7 – Cenozoic sediments of graben-like depressions. Kubadra system of deformation and deformation-metamorphic structures (8–10): 8 – heterogeneous deformation systems; 9 – Paleozoic substance blocks of mosaic-block structure (a), small-block aggregates of the Paleozoic substance (b); 10 – local deformation-metamorphic zones of shale-melange (a) and dynamoclastic (b) types. Southern belt of deformation-metamorphic and fold-thrust structures (11–13): 11 – dynamometamorphic complexes of shale and shale-melange types; 12 – serpentinite melange; 13 – system of thrust plates folded Paleozoic. Other symbols (14–16): 14 – tectonic zones and subzones boundaries; 15 – main structure-forming faults: (a) – steeply dipping (strike-slip faults), (b) – with an inclined fault plane (thrust faults, reverse faults); 16 – Quaternary deposits of superimposed depressions

Противоположная граница «клины» имеет волнистую форму с тенденцией устойчивой ориентировки на ЗСЗ.

В отличие от Тонгулакской Кубадринская структура имеет гетерогенное строение. Для нее характерно региональное развитие структур механической деформации и наличие «остаточных» глыб палеозойского субстрата. Преобладают деформационные системы, объединяющие складчатые зоны с большой долей новообразованных (относительно доколлизийного субстрата) структур, а также многочисленные конформные сдвиги. Центральное место занимают две крупных «остаточных» глыбы мозаично-блокового строения, а местные деформационно-метаморфические зоны представлены тектонитами преимущественно динамокластического типа. Широко развиты зоны полимиктового меланжа, а также реликтовые линзы мелкоблоковых агрегатов палеозойского субстрата. Породные массивы интенсивно трещиноваты, часто имеют «разборный» вид в результате сочетания деформаций регионального кливажа и трещин механического разрушения.

В кинематическом отношении Кубадринская система деформационных и деформационно-метаморфических структур является результатом регионального латерального сжатия с элементами транспрессии и вращения. В пределах деформационных систем и блоковых структур сохраняются слоистые и контактные соотношения геологических тел, что принципиально отличает подобные деформационные системы от Тонгулакской деформационно-метаморфической зоны.

Южный пояс деформационно-метаморфических и складчато-надвиговых структур занимает пограничное положение между горными хребтами и Курайской наложенной впадиной, выполненной отложениями кайнозойского возраста. Пояс ориентирован субширотно (ЗСЗ) шириной 5–7 км. В этом поясе целесообразно выделить *Северной* и *Южной* подзон существенно надвигового строения. Для надвиговых пластин Северной подзоны характерен широко проявленный метаморфизм сланцевого и сланцево-меланжевого типа; Южная подзона представляет собой систему множества надвиговых пластин складчатого палеозоя, содержащих концентрации полимиктового меланжа (без подразделения); серпентинитовый меланж обособляется на границе подзон.

Авторы данной работы вполне осознают, что рассмотренные в статье ДМЗ относятся к Рудно- и Горно-Алтайским частям Кузнецко-Алтайского региона. Однако, учитывая однотипность строения деформационно-метаморфических зон (региональных сдвиговых зон), что неоднократно обсуждалось в научной литературе [Зиновьев, 1992; Козлов и др., 2012; Чиков, 1992, 2011], авторы полагают, что их харак-

теристики в той или иной мере можно распространить и на другие ДМЗ исследуемого района и этого будет вполне достаточно для получения общего представления о строении всех деформационно-метаморфических структур Кузнецко-Алтайского региона. Отличия же могут наблюдаться в положении зон, их ориентировки, вещественном составе тектонитов, составе протолита, на основе которого формируются тектониты и т.д., но при этом принципиальные особенности их строения не изменятся.

Возраст метаморфизма Курайской зоны

На протяжении многолетних исследований Курайской зоны остро стоял вопрос о возрасте метаморфических пород; нередко их относили к докембрийским образованиям [Горностаев, 1937; Родыгин, 1968]. Идею относительно молодого (последокембрийского) возраста метаморфитов Курайского хребта в составе более общей структурной системы впервые высказал В.А. Кузнецов, связывая метаморфизм пород с раннекаледонским этапом тектогенеза [Кузнецов, 1952]. Позднее она получила развитие в работах А.Б. Дергунова. Он писал: «Для некоторых районов есть убедительные доказательства, что такие глубокометаморфизованные породы, как кристаллические сланцы и гнейсы, постепенно переходят в хлоритизированные песчаники и алевролиты кембро-ордовикского возраста... Полоса метаморфических пород, протягивающаяся с севера на юг от СВ окраины Телецкого озера до Курайского хребта... скорее всего, представляет нижнепалеозойские породы, метаморфизованные в зоне Курайско-Телецкого глубинного разлома...» [Дергунов, 1965, с. 22].

Согласно последним данным, породные комплексы, обособленные в Тонгулакской зоне и в меньшей степени в Кубадринской системе деформационных и деформационно-метаморфических структур, имеют средне- и позднепалеозойский возраст метаморфизма пород [Буслов и др., 2003, 2013; Буслов, 2011; Крук и др., 2013; Гусев, Шокальский, 2010; Куйбида и др., 2014]. Так, в юго-восточном продолжении Тонгулакской зоны в породах Курайского метаморфического комплекса U-Pb методом определен возраст метаморфогенных цирконов $443,8 \pm 9,5$, $422,9 \pm 9,1$ и $380,1 \pm 7,4$ млн лет [Гусев, Шокальский, 2010; Гусев, 2013].

В работах [Буслов и др., 2003, 2013; Куйбида и др., 2009] на основе Ar-Ar и K-Ar датирования слюд и амфиболов установлен возраст метаморфических и деформационных преобразований пород Курайского блока в интервале 425–322 млн лет. Авторами данной работы также получена датировка по бластомилонитам Курайской зоны из верховий р. Курайка, которая соответствует возрасту динамометаморфи-

ческих преобразований и составляет $344,2 \pm 4,9$ млн лет [Абилдаева и др., 2019].

Исходя из анализа геохронологических данных следует, что возраст регионального метаморфизма пород исследуемого района соответствует интервалу 440–380 млн лет, а возраст динамометаморфизма – периоду 360–322 млн лет.

Изотопные определения возраста тектонитов Иртышской и Кедровско-Бутахихинской ДМЗ также соответствуют позднему палеозою [Зиновьев и др., 2009; Зиновьев, Травин, 2012; Травин и др., 2001; Chikov et al., 2002], что в общем коррелирует с возрастом динамометаморфических преобразований пород Курайской ДМЗ.

Что касается геологической истории Горного Алтая в целом, то большой вклад в понимание его геологии внесли Ю.А. Туркин и С.И. Федак. В своей фундаментальной работе [Туркин, Федак, 2008] ими выделено шесть этапов геологического развития Горно-Алтайского региона: океанический, островодужный, пассивно-океанно-континентальный, активно-океанно-континентальный, коллизионно-внутриплитный и внутриконтинентальный. Сопоставляя наши исследования с выводами в данной работе, можно полагать, что становление деформационно-метаморфической структуры Кузнецко-Алтайского региона завершилось в коллизионно-внутриплитный этап, хотя основные черты его современного структурного деформационного плана были заложены и сформированы на предыдущем активно-океанно-континентальном этапе [Туркин, Федак, 2008]. Предшествующие этапы развития тоже вносили определенный вклад в структурирование региона, однако от них практически не сохранилось следов. Структура и породные комплексы, сформированные на ранних этапах, были переработаны более поздними деформационно-метаморфическими процессами. В результате длительной истории была сформирована сложная коллизионно-сдвиговая структура региона [Туркин, 2005; Чиков и др., 2008; Буслов, 2011].

Заключение

При анализе природы складчатых систем и линейно-амбипланарных деформационно-метаморфических структур Кузнецко-Алтайского региона основополагающей представляется идея конвергенции глыбовых

масс литосферы и коллизионных взаимодействий коровых блоков в межглыбовой области. В случае складчатых систем основную роль играет энергия конвергенции, а при формировании деформационно-метаморфических зон ведущими являются энергия и механизмы коллизии. Реально эти механизмы выражаются периодическими импульсами сейсмических событий в процессе перманентной разгрузки напряженного состояния межглыбовой области тектонической активности.

Структурирование земной коры Кузнецко-Алтайского региона определяется выделением тектонических категорий, отличающихся интенсивностью деформации объема земной коры и стресс-метаморфизма породных комплексов. Особенности стиля стресс-структурирования конкретных деформационных и деформационно-метаморфических систем определяются интенсивностью механического нагружения и реакцией различного состава породных тел на деформацию. При этом при их выделении учитываются реальные структурно-вещественные характеристики геологической среды без восстановления «первичного» состояния.

На основе геохронологических исследований установлено, что основные структурообразующие деформационно-метаморфические события, в результате которых сформировалась наблюдаемая структура Кузнецко-Алтайского региона, происходили в позднем палеозое в интервале 360–320 млн лет.

В результате сравнительного анализа тектоники деформационно-метаморфических структур региона установлено тождество их строения в отношении типизации породных тел и характера упорядоченности распределения структурно-вещественных комплексов. Эти характеристики инвариантны также относительно гетерогенности исходной геологической среды, ориентировки и времени формирования линейно-амбипланарных ДМЗ, а также масштаба проявления. Поэтому предлагаемые модели деформационно-метаморфических структур Кубадринского района и Кузнецко-Алтайского региона, разработанные на основе деформационно-метаморфических принципов, в целом удобны для процедур сравнительно-тектонического анализа с аналогичными структурами других регионов.

Работа выполнена в рамках планов НИР ИГМ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Абилдаева М.А., Зиновьев С.В., Буслов М.М. Позднепалеозойские деформации пород Курайского блока: структурно-кинематический анализ (верховье реки Курайка, Горный Алтай) // Геодинамика и тектонофизика. 2019. Т. 10, № 4. С. 937–943.
- Буслов М.М. Тектоника и геодинамика Центрально-Азиатского складчатого пояса: роль позднепалеозойских крупноплутонических сдвигов // Геология и геофизика. 2011. Т. 52, № 1. С. 66–90.
- Буслов М.М., Ватанабе Т., Смирнова Л.В., Фудживара И., Ивата К., Де Граве И., Семаков Н.Н., Травин А.В., Кирьянова А.П., Кох Д.А. Роль сдвигов в позднепалеозойско-раннемезозойской тектонике и геодинамике Алтае-Саянской и Восточно-Казахстанской складчатых областей // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 1–2. С. 49–75.

Буслов М.М., Джен Х., Травин А.В., Отгонбатор Д., Куликова А.В., Чен Минг, Семаков Н.Н., Рубанова Е.С., Абилдаева М.А., Войтишек А.Э., Трофимова Д.А. Тектоника и геодинамика Горного Алтая и сопредельных структур Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 10. С. 1600–1627.

Горностаев Н.Н. Геология Горного Алтая (Ойротия) // Труды сессии СОПС АН СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. С. 49–84.

Гусев Н.И. Структурно-вещественные образования стрессового типа в Курайской зоне Горного Алтая // Геология и геофизика. 1992. Т. 33, № 12. С. 39–45.

Гусев Н.И. Метаморфические комплексы Горного Алтая. Вещественный состав и геохронология. Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2013. 80 с.

Гусев Н.И., Шокальский С.П. Возраст метаморфических комплексов юго-востока Горного Алтая // Геология и минеральные ресурсы Горного Алтая. 2010. № 3. С. 72–80.

Дергунов А.Б. Особенности сочленения Горного Алтая с Западным Саяном и Тувой в нижнем силуре // Геология и геофизика. 1965. № 4. С. 19–35.

Диденко А.Н., Моссаковский А.А., Печерский Д.М., Руженцев С.В., Самыгин С.Г., Хераскова Т.Н. Геодинамика палеозойских океанов Центральной Азии // Геология и геофизика. 1994. Т. 35, № 7/8. С. 59–76.

Добрецов Н.Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе (Палеоазиатский океан) // Геология и геофизика. 2003. Т. 44, № 1–2. С. 5–27.

Зиновьев С.В. Стресс-метаморфические комплексы Бухтарминского звена Иртышской зоны смятия. Новосибирск : Изд-во ОИГГМ СО РАН, 1992. 128 с.

Зиновьев С.В., Травин А.В., Чиков Б.М. К проблеме возраста рудных масс Тишинского месторождения (Рудный Алтай) // Доклады Академии наук. 2009. Т. 428, № 3. С. 358–363.

Зиновьев С.В., Травин А.В. К проблеме динамометаморфических преобразований пород и руд верхней части Риддер-Сокольного месторождения (Рудный Алтай) // Доклады Академии наук. 2012. Т. 444, № 5. С. 339–344.

Зиновьев С.В., Чиков Б.М. К проблеме тектоники деформационно-метаморфических структур (на примере зон смятия Рудного Алтая) // Доклады Академии наук. 2009. Т. 426, № 1. С. 71–75.

Зиновьев С.В., Чиков Б.М. Геолого-структурная модель Кедровско-Бутахихинской деформационно-метаморфической зоны (Рудный Алтай) // Геология и геофизика. 2010. Т. 51, № 7. С. 1018–1026.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. М. : Недра, 1990. Т. 1. 325 с.; Т. 2. 334 с.

Козлов П.С., Лиханов И.И., Ревердатто В.В., Зиновьев С.В. Тектоно-метаморфическая эволюция гаревского полиметаморфического комплекса Енисейского кряжа как свидетельство проявления гренвилльских событий на западной окраине Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2012. Т. 53, № 11. С. 1476–1496.

Крук Н.Н., Волкова Н.И., Куйбида Я.В., Гусев Н.И., Демонтерова Е.И. Природа метаморфических комплексов Горного Алтая // Литосфера. 2013. № 2. С. 20–44.

Кузнецов В.А. Основные этапы геотектонического развития юга Алтае-Саянской горной области // Труды Горно-геологического института ЗСФАН СССР. 1952. Вып. 12. С. 9–43.

Куйбида Я.В., Владимиров В.Г., Крук Н.Н., Травин А.В. Основные рубежи тектонической эволюции Курайского блока в раннем – среднем палеозое (Горный Алтай) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып. 7. Иркутск : ИЗК СО РАН, 2009. Т. 1. С. 159–161.

Куйбида Я.В., Крук Н.Н., Гусев Н.И., Владимиров В.Г., Демонтерова Е.И. Геохимия метаморфических пород Курайского блока (Горный Алтай) // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 4. С. 527–548.

Нехорошев В.П. Алтайские зоны смятия, их особенности и практическое значение // Информационный сборник ВСЕГЕИ. 1956. С. 50–61.

Родыгин А.И. Докембрий Горного Алтая (Курайский метаморфический комплекс). Томск : Изд-во Том. ун-та, 1968. 324 с.

Родыгин А.И. Динамометаморфические горные породы. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2001. 356 с.

Структура линейментных зон стресс-метаморфизма. Новосибирск : Наука, 1990. 216 с.

Травин А.В., Бовен А., Плотников А.В. ^{40}Ar – ^{40}Ar датирование деформаций в Иртышской зоне смятия (Восточный Казахстан) // Геохимия. 2001. № 12. С. 1347–1350.

Туркин Ю.А. Коллизионно-сдвиговая структура Горного Алтая // Известия Бийского отделения Русского географического общества. 2005. Вып. 25. С. 43–49.

Туркин Ю.А., Федак С.И. Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая / под науч. ред. В.М. Исакова. Томск : STT, 2008. 460 с.

Хорева Б.Я. Геологическое строение, интрузивный магматизм и метаморфизм Иртышской зоны смятия. М. : Госгеолтехиздат, 1963. 207 с.

Чиков Б.М. Сдвиговое стресс-структурирование в литосфере: разновидности, механизмы, условия (обзор проблемы) // Геология и геофизика. 1992. № 9. С. 3–39.

Чиков Б.М. Проблемы геологической интерпретации сейсмоочаговых систем земной коры (геомеханика и тектонофизический анализ) // Геодинамика и тектонофизика. 2010. Т. 1, № 3. С. 231–248.

Чиков Б.М. Введение в физические основы статической и динамической геотектоники. Новосибирск : Гео, 2011. 296 с.

Чиков Б.М., Зиновьев С.В. Послегерцинские (раннемезозойские) коллизионные структуры Западного Алтая // Геология и геофизика. 1996. Т. 37, № 11. С. 61–70.

Чиков Б.М., Зиновьев С.В., Деев Е.В. Мезозойско-кайнозойские коллизионные структуры южной части Большого Алтая // Геология и геофизика. 2008а. Т. 49, № 5. С. 426–438.

Чиков Б.М., Зиновьев С.В., Мамин В.И., Олейник Ю.Ф. О деформационно-метаморфической природе зон смятия (на примере Кедровско-Бутахихинской структуры; Рудный Алтай) // Геология и охрана недр. 2008б. Т. 28, № 3. С. 25–33.

Чиков Б.М., Зиновьев С.В., Подцибащенко Е.А. Морфологические типы структур течения в бластомилонитах Иртышской зоны смятия // Геология и геофизика. 1988. № 8. С. 11–15.

Чиков Б.М., Соловьев Р.В. Структурно-метаморфическая зональность Иртышского линеймента в районе Бухтарминского водохранилища // Геология и геофизика. 1983. № 8. С. 63–71.

Buslov M.M., Watanabe T., Fujiwara Y., Iwata K., Smirnova L.V., Safonova I.Yu., Semakov N.N., Kiryanova A.P. Late Paleozoic faults of the Altai region, Central Asia: tectonic pattern and model of formation // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2004. № 23 (5). P. 655–671.

Chikov B.M., Ponomachuk V.A., Zinoviev S.V., Lapin B.N., Titov A.T., Travin A.V., and Palessky S.V. Stress-metamorphism and isotopic age of shear zone granitoid tectonites of Irtysh shear zone (Altai region) // *Geotectonika et Metallogenia*. 2002. V. 26, № 1–2. P. 36–51.

Авторы:

Зиновьев Сергей Валентинович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия; доцент, Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия.

E-mail: zinoviev61@mail.ru

Фидлер Марина Анатольевна, младший научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: abildaeva@igm.nsc.ru

Geosphere Research, 2021, 3, 6–18. DOI: 10.17223/25421379/20/1

S.V. Zinoviev^{1,2}, M.A. Fidler¹

¹ V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State University

LATE PALEOZOIC DEFORMATIONAL-METAMORPHIC STRUCTURE OF THE KUZNETSK-ALTAI REGION

The Kuznetsk-Altai regional structure was formed as a result of the Tuva-Mongolian and Dzungarian microcontinents convergence due to the mechanisms and energy of interblock crustal systems collision, mainly in the Late Paleozoic. The main tectonic consequence of the blocks convergence and the frontal blocks collision is the formation of an asymmetrically wedge-shaped regional geological structures ensemble due to uneven convergence and rotation of lithospheric blocks of different-scales lithospheric blocks. Among them deformation systems and deformation-metamorphic zones attract special attention. Their distribution underlines the regional structural asymmetry. Particular attention is paid to deformation-metamorphic zones, which not only form the tectonic framework of collision joints, but also contain the range of the ore deposits of the region under study. They are characterized by the maximum transformation of matter with intense stress metamorphism of protolith rocks.

The tectonic zoning of the Kuznetsk-Altai region is based on the deformation-metamorphic approach, consisting of three principles: 1) the principle of the geological situation mapping adequacy, excluding reconstruction procedure of the composition and structure of the pre-deformation rock substrate; 2) the principle of the main tectonite complex identifying and its detailing on a structural-material basis; 3) the principle of inter- and extrapolation of the geological boundaries of newly formed bodies of dynamometamorphic nature.

The Irtysh and Kedrovsko-Butachikha zones are briefly presented as reference examples, and a detailed structural model of the Kurai deformation-metamorphic zone is presented for the first time. Deformation-metamorphic structures consist of various tectonites: dynamoclastites, shale blastomylonites (tectonic schists) and tectonomixtites (melange).

As a result of tectonic zoning three subdivisions have been distinguished in the Kurai zone: 1) Tongulak deformation-metamorphic zone; 2) Kubadra system of deformation and deformation-metamorphic structures; 3) Southern belt of deformation-metamorphic and fold-thrust block structures.

They differ in composition, degree of deformation and dynamometamorphic transformations of rock complexes, the presence of tectonites of various textural and structural types, etc.

Via Ar-Ar dating of tectonites, the time of the main deformation-metamorphic events corresponding to the Late Paleozoic stage of the structuring of the earth's crust in the Kuznetsk-Altai region, which led to the formation of the observed structure, is defined.

The uniformity of the structure of the deformation-metamorphic structures of the region under study was established. It does not depend on the scale of manifestation, coordinates and orientation in space, the time of formation, as well as the mineral basis of the pre-deformation substrate.

Keywords: *Deformation-metamorphic structures, compression zones, tectonites, dynamometamorphism, structural-material complexes, Kuznetsk-Altai region*

References

Abildaeva M.A., Zinoviev S.V., Buslov M.M. Late Paleozoic rock deformation of the Kurai block: structural-kinematic analysis (upper Kuraika river, Gorny Altai, Russia) // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2019. V. 10. No 4. pp. 937–943. In Russian

Buslov M.M. Tectonics and geodynamics of the Central Asian foldbelt: the role of Late Paleozoic large-amplitude strike-slip faults. *Russian Geology and Geophysics*. 2011. V. 52. No 1. pp. 52–71.

Buslov M.M., Watanabe T., Smirnova L.V., Fujiwara I., Iwata K., de Grave J., Semakov N.N., Travin A.V., Kir'yanova A.P., Kokh D.A. Role of strike-slip faulting in Late Paleozoic – Early Mesozoic tectonics and geodynamics of the Altai-Sayan and East Kazakhstan regions // *Geologiya i Geofizika*. 2003. V.44. No 1–2. pp. 49–75.

Buslov M.M., Geng H., Travin A.V., Otgonbaatar D., Kulikova A.V., Ming C., Stijn G., Semakov N.N., Rubanova E.S., Abildaeva M.A., Voitishak E.E., Trofimova D.A. Tectonics and geodynamics of Gorny Altai and adjacent structures of the Altai-Sayan folded area // *Russian Geology and Geophysics*. 2013. V.54. No 10. pp. 1250–1271.

Gornostayev N.N. *Geologiya Gornogo Altaya* [Geology of Altai Mountains] // *Trudy sessii SOPS AN SSSR*. Moscow-Leningrad: Izd-vo AN SSSR. 1937. pp. 49–84. In Russian

Gusev N.I. The composition-structural formations of stress metamorphism in the Kurai zone of Gorny Altai // *Geologiya i Geofizika*. 1992. V. 33. No 12. pp. 39–45.

- Gusev N.I. *Metamorficheskie komplekсы Gornogo Altaya. Veshchestvennyy sostav i geokhronologiya* [Metamorphic complexes of Gorny Altai. Material composition and geochronology]. Saarbrücken: «Lambert Academic Publishing». 2013. 80 p. In Russian
- Gusev N.I., Shokalsky S.P. *Vozrast metamorficheskikh komplekсов yugo-vostoka Gornogo Altaya* [The age of metamorphic complexes in southeastern Gorny Altai] // *Geologiya i mineral'nye resursy Gornogo Altaya*. 2010. No 3. pp. 72–80. In Russian
- Dergunov A.B. Features of the articulation of Gorny Altai with Western Sayan and Tuva in the Lower Silurian // *Geologiya i geofizika*. 1965. No 4. pp. 19–35. In Russian
- Didenko A.N., Mossakovskiy A.A., Pecherskiy D.M., Ruzhentsev S.V., Samygin S.G., Kheraskova T.N. Geodynamics of the Paleozoic oceans of Central Asia // *Geologiya i Geofizika*. 1994. V. 35. No 7–8. pp. 59–75. In Russian
- Dobretsov N.L. Evolution of structures of the Urals, Kazakhstan, Tien Shan, and Altai-Sayan region within the Ural-Mongolian Fold Belt (Paleo-Asian ocean) // *Geologiya i Geofizika*. 2003. V. 44. No 1–2. pp. 5–27. In Russian
- Zinoviev S.V. *Stress-metamorficheskie komplekсы Bukhtarminskogo zvena Irtyshskoy zony smyatiya* [Stress-metamorphic complexes of the Bukhtarma section of the Irtysh shear zone]. Novosibirsk: OIGGM SO RAN, 1992. 128 p. In Russian
- Zinoviev S.V., Travin A.V., Chikov B.M. On the age of the Tishinka deposit, Rudnyi Altai // *Doklady Earth Sciences*. 2009. V. 428. No 1. pp. 1088–1092.
- Zinoviev S.V., Travin A.V. The problem of dynamometamorphic transformations of rocks and ores of the upper part of the Ridder-Sokol'noe deposit (Rudnyi Altai) // *Doklady Earth Sciences*. 2012. V. 444. No 2. pp. 738–742.
- Zinoviev S.V., Chikov B.M. An approach to the problem of tectonics of deformational and metamorphic structures (an example from shear zones of Rudnyi Altai) // *Doklady Earth Sciences*. 2009. V. 426. No 1. pp. 522–526.
- Zinoviev S.V., Chikov B.M. The Kedrovyy-Butachikha dynamic metamorphic zone (Rudnyi Altai): a tectonic model // *Russian Geology and Geophysics*. 2010. V. 51. No 7. pp. 794–800.
- Zonenshain L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. *Tektonika litosfernykh plit territorii SSSR* [Tectonics of lithospheric plates in the USSR]. Moscow: Nedra, 1990. V. 1. 325 p.; V. 2. 334 p. In Russian
- Kozlov P.S., Likhanov I.I., Reverdatto V.V., Zinoviev S.V. Tectonometamorphic evolution of the Garevka polymetamorphic complex (Yenisei Ridge) // *Russian Geology and Geophysics*. 2012. V. 53. No 11. pp. 1133–1149.
- Kruk N.N., Volkova N.I., Kuibida Ya.V., Gusev N.I., Demonterova E.I. *Priroda metamorficheskikh komplekсов Gornogo Altaya* [Nature of metamorphic complexes of the Gorny Altai] // *Litosfera*. 2013. No 2. pp. 20–44. In Russian
- Kuznetsov V.A. *Osnovnye etapy geotektonicheskogo razvitiya yuga Altae-Sayanskoy gornoy oblasti* [The main stages of geotectonic evolution of the south of the Altai-Sayan mountainous region] // *Trudy Gorno-geologicheskogo instituta ZSFSR SSSR*. 1952. V. 12. pp. 9–43. In Russian
- Kuibida Ya.V., Vladimirov V.G., Kruk N.N., Travin A.V. *Osnovnye rubezhi tektonicheskoy evolyutsii Kurayskogo bloka v rannem – srednem paleozoe (Gornyy Altay)* [The main stages of the tectonic evolution of the Kurai block in the Early – Middle Paleozoic (Gorny Altai)] // *Geodinamicheskaya evolyutsiya litosfery Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poyasa (ot okeana k kontinentu)*. Issue 7. Irkutsk: «IZK SO RAN», 2009. V. 1. pp. 159–161. In Russian
- Kuibida Ya.V., Kruk N.N., Gusev N.I., Vladimirov V.G., Demonterova E.I. *Geochemistry of metamorphic rocks of the Kurai block (Gornyy Altay)* // *Russian Geology and Geophysics*. 2014. V. 55. No 4. pp. 411–427.
- Nekhoroshev V.P. *Altaiskie zony smyatiya, ih osobennosti i prakticheskoe znachenie* [Altai crumple zones, their features and practical significance] // *Inform. Sbornik VSEGEI*. 1956. pp. 50–61. In Russian
- Rodygin A.I. *Dokembriy Gornogo Altaya (Kurajskiy metamorficheskij kompleks)* [Altai shear zones, their features and practical significance]. Tomsk: Izd. Tomskogo universiteta. 1968. 324 p. In Russian
- Rodygin A.I. *Dinamometamorficheskie gornye porody* [Dynamometamorphic rocks]. Tomsk: Izd. Tomskogo universiteta. 2001. 356 p. In Russian
- Struktura lineamentnykh zon stress-metamorfizma* [Structure of lineament zones of stress metamorphism]. Novosibirsk: Nauka. 1990. 216 p. In Russian
- Travin A.V., Boven A., Plotnikov A.V. ^{40}Ar – ^{40}Ar dating of deformations in the Irtysh shear zone (East Kazakhstan) // *Geochemistry International*. 2001. No 12. pp. 1347–1350.
- Turkin Yu.A. *Kollizionno-sdvigovaya struktura Gornogo Altaya* [Collision-shear structure of Mountain Altai] // *Izvestiya Bijskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Vyp. 25. Bisk: RIO BPGU im. Shukshina. 2005. pp. 43–49. In Russian
- Turkin Yu.A., Fedak S.I. *Geologiya i strukturno – veshchestvennye komplekсы Gornogo Altaya / Pod nauch. red. V.M. Isakova*. [Geology and structurally-material complexes of Mountain Altai]. Tomsk: STT, 2008. 460 p. In Russian
- Khoreva B.Ya. *Geologicheskoe stroenie, intruzivnyy magmatizm i metamorfizm Irtyshskoy zony smyatiya* [Geological structure, intrusive magmatism and metamorphism of the Irtysh shear zone]. Moscow: Gosgeoltekhizdat. 1963. 207 p. In Russian
- Chikov B.M. Shear stress structuring in the lithosphere: varieties, mechanisms, conditions (overview of the problem) // *Geologiya i Geofizika*. 1992. No 9. pp. 3–39. In Russian
- Chikov B.M. Problems of geological interpretation of seismic-foci systems of the Earth's crust (geomechanics and tectonophysical analysis) // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2010. V. 1. No 3. pp. 231–248. In Russian
- Chikov B.M. *Vvedenie v fizicheskie osnovy staticheskoy i dinamicheskoy geotektoniki* [Introduction to the physical foundations of static and dynamic geotectonics]. Novosibirsk: Geo. 2011. 296 p. In Russian
- Chikov B.M., Zinoviev S.V. Post-hercynian (Early Mesozoic) collisional structures of Western Altai // *Russian Geology and Geophysics*. 1996. V. 37. No 11. pp. 323–331.
- Chikov B.M., Zinoviev S.V., Deyev E.V. Mesozoic and Cenozoic collisional structures of the southern Great Altai // *Russian Geology and Geophysics*. 2008. V. 49. No 5. pp. 323–331.
- Chikov B.M., Zinoviev S.V., Mamin V.I., Oleinik Yu.F. *O deformatsionno-metamorficheskoy prirode zon smyatiya (na primere Kedrovsko-Butachikhinskoy struktury; Rudnyy Altay)* [On the deformation-metamorphic nature of shear zones (on the example of the Kedrovsko-Butachikha structure; Rudny Altai)] // *Geologiya i ohrana neдр*. 2008. V. 28. No 3. pp. 25–33. In Russian
- Chikov B.M., Zinoviev S.V., Podstibastenkova E.A. Morphological types of flow structures in blastomylonites of the Irtysh zone of crush // *Geologiya i Geofizika*. 1988. No 8. pp. 11–15. In Russian
- Buslov M.M., Watanabe T., Fujiwara Y., Iwata K., Smirnova L.V., Safonova I.Yu., Semakov N.N., Kiryanova A.P. Late Paleozoic faults of the Altai region, Central Asia: tectonic pattern and model of formation // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2004. V. 23 (5). pp. 655–671.

Chikov B.M., Ponomachuk V.A., Zinoviev S.V., Lapin B.N., Titov A.T., Travin A.V., and Palessky S.V. Stress-metamorphism and isotopic age of shear zone granitoid tectonites of Irtysh shear zone (Altai region) // *Geotectonika et Metallogenia*. 2002. V. 26. No 1–2. pp. 36–51.

Author's:

Zinoviev Sergei V., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia; Assistant Professor, Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia.

E-mail: zinoviev@igm.nsc.ru

Fidler Marina A., Junior Researcher, V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch of RAS, Novosibirsk, Russia.

E-mail: abildaeva@igm.nsc.ru