

ГЕОТЕКТНИКА

УДК 551.242.11(235.22)

СТРУКТУРЫ ЛАТЕРАЛЬНОГО ВЫЖИМАНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Туркин

ОСП «Горно-Алтайская экспедиция», с. Малоенисейское, Бийский район, Алтайский край, Россия

Рассмотрена тектоническая структура Алтая и сопряженных регионов западной части Алтае-Саянской складчатой области в контексте его общего геотектонического положения в Центрально-Азиатском складчатом поясе. Выделены крупные структуры латерального выжимания первого и второго порядков, сформированные на фоне общего сжатия этой части аккреционных окраин эпикаледонского Сибирского палеоконтинента в среднепалеозойско-мезозойское время.

Ключевые слова: структуры латерального выжимания, тектонические блоки, надвиги, сдвиги, реверс-эффект, Алтай.

Введение

Геологические структуры Алтая изучены достаточно хорошо, главным образом, в результате проведения геологических съемок масштабов 1:50 000 и 1:200 000 в 1950–1980-е гг. и последующих работ по геологическому доизучению территории. Результаты данных исследований были обобщены и проинтерпретированы в многочисленных публикациях, при этом получены новые сведения по строению, радиологическому возрасту и составу пород Алтайского региона. Были выделены Талицкий (здесь Слюдяно-Маралихинский), Каимский и другие аллохтоны [Корреляция... 2000]; некоторыми авторами обосновывался тезис о покровно-чешуйчатой структуре Горного Алтая [Буслов, 1992], сформированной в результате коллизионных событий при участии микроконтинентов годванской группы [Буслов и др., 2013]. Автором статьи тектоническая структура Алтая рассматривалась как блоковая и коллизионно-сдвиговая, включающая аллохтонные, параавтохтонные и автохтонные блоки с широким развитием надвиговых зон и крупноамплитудных сдвигов [Туркин, 2004, 2005, 2016; Туркин, Федак, 2008].

В известных автору опубликованных литературных источниках тектонические структуры латерального выжимания ранее в Алтайском регионе не выделялись. В то же время их присутствие установлено в Альпийско-Гималайском коллизионном складчатом поясе, где их формирование связывается с индентационной тектонической моделью [Копп, 1997], а также в Забайкалье, где с данными структурами ассоциировано золотое оруденение, при этом выделяются три типа структур латерального выжимания: зоны фронтального сжатия при взбросовых и нави-

говых перемещениях, дуплексные зоны растяжения и геодинамические убежища [Корольков, 2005].

По результатам структурно-кинематического анализа и изучения характерных структурных рисунков (структурных дуг, дуплексных зон, сдвиговых вееров и др.) на Алтае также могут быть выделены структуры латерального выжимания. При этом одни из них, как правило более крупные, будут соответствовать структурам первого порядка – первичным (Салаир, Западный Саян, Кулундинский массив), а другие, более мелкие блоки, – структурам второго порядка, сформированным в результате горизонтальных перемещений структур первого порядка (Мрасский блок, Каимско-Катунская и Улаганская группы блоков). Вероятно, по своей геотектонической природе данные структуры близки перемещенным (выжатым) внутриорогенным срединным массивам.

Результаты исследований

Результаты изучения структурных рисунков и проведения структурно-парагенетического анализа Алтайского звена и в целом центральной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (рис. 1) позволяют с полной уверенностью говорить о формировании западной части Алтае-Саянской блоково-складчатой области в обстановке длительного, с конца раннего девона до позднего кайнозоя, пульсирующего сжатия. Направление тектонического потока (генерального сжатия) было встречным, с север-северо-запада и с юга (в современных координатах), что, по мнению сторонников плитотектонической концепции, обусловлено сближением и столкновением аккреционных окраин Сибирского

континента с континентами и микроконтинентами гондванской группы на юге и с Казахстанским и Восточно-Европейским континентами на западе и севере.

Южное направление тектонического потока находит свое подтверждение и в работах сторонников альтернативной точки зрения на формирование тектонической структуры Алтая. По мнению М.М. Буслова, последняя определялась причленением к аккреционным окраинам Сибирского кратона составного Казахстано-Байкальского континента гондванской группы, отделившегося (?) от Тарима и Северо-Китайской плиты [Буслов и др., 2013]. В последнее время установлено, что Северо-Тяньшанско-Казахстанская структурная дуга представляет собой результат ороклинального изгибания в условиях интенсивного субмеридионального сжатия, что подтверждается проведенными в средне-позднепалеозойских вулканических поясах Казахстана палеомагнитными исследованиями [Гришин и др., 1997; Левашева и др., 2012]. Ранее автором настоящей статьи были рассмотрены структуры сочленения Обь-Зайсанской складчатой системы с западными аккреционными окраинами Сибирского континента, при этом последние в целом рассматривались как структуры латерального выжимания [Туркин, Федак, 2008].

В настоящее время изученность Алтайского региона позволяет с высокой степенью уверенности выделить в тектонической структуре Алтая большое количество относительно самостоятельных тектонических блоков со своей структурой и составом слагающих их формаций. Многие блоки являются аллохтонными или параавтохтонными, что подтверждается результатами изучения их структурных парагенезисов и взаимоотношений (рис. 2). При этом некоторые блоки могут быть объединены в группы по сходному или близкому формационному составу и геологическому положению. Характерным примером является Салаирская группа блоков, имеющая единое чешуйчато-надвиговое строение. Также типичны в этом плане Чарышский, Талицкий, Ануйский и Чуйский тектонические блоки, составляющие в целом Чарышской-Чуйскую группу параавтохтонных блоков – ядерную часть Горно-Алтайского параавтохтона, расположенного фронтально по отношению к Слюдянско-Маралихинскому аллохтону, вероятно, являющегося юго-западной частью Барнаульского массива.

Выделяемые структуры латерального выжимания в основном представлены аллохтонными блоками и сложены сильно дислоцированными породами океанических и островодужных геологических формаций.

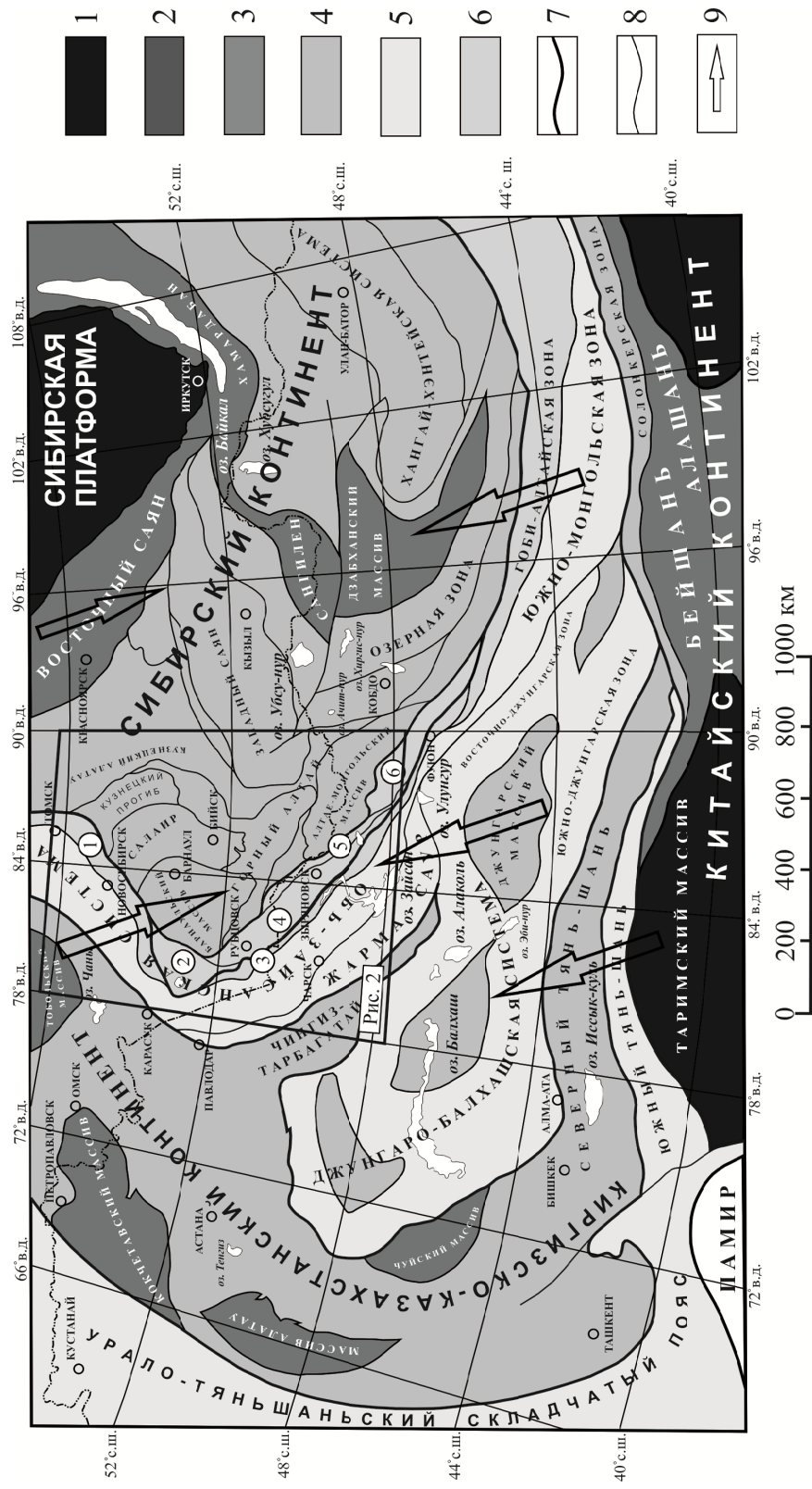
Салаирская группа блоков как структура латерального выжимания первого порядка может также рассматриваться как Салаирская структурная дуга и

имеет сложное типичное чешуйчато-надвиговое строение. Включает целую серию объединяющихся в пакеты аллохтонных надвиговых тектонических пластин, сложенных в основном раннепалеозойскими породами океанической и островодужной формаций, и ограничена по фронту с востока дуговым Присалаирским разломом. На западе, в тыльной части аллохтона, граничит с выделяемым по геофизическим данным Барнаульским массивом, при этом последний можно рассматривать как индентор. На северо-западе северный фланг данной структурной дуги по Горловскому надвику перекрыт аллохтонными блоками Томь-Колыванский складчатой зоны, а на юге от Салаирского аллохтона в результате интенсивного субширотного сжатия при восточном (в современных координатах) направлении тектонического потока отторгнуты блоки Каимской группы, формируя тем самым вторичные структуры латерального выжимания (второго порядка).

Внутреннее строение Салаира ранее неоднократно описано и характеризуется широким развитием надвигов с развитием чешуйчато-фестончатой структуры, сильно сжатых изоклинальных складок, интенсивным динамометаморфизмом различных пород, что типично для покровно-надвиговых образований альпинотипных складчатых сооружений. Вероятнее всего, формирование Салаирской структурной дуги проходило в результате бифуркации тектонического потока и латеральном выжимании больших по объему породных масс при интенсивном сжатии, вызванном давлением со стороны северной части формирующего Казахстанского ороклина. Тогда как в генеральном направлении тектонического потока формировался Слюдянско-Маралихинский аллохтон (с Барнаульским массивом) и Горно-Алтайский параавтохтон (рис. 2).

Кулундинский массив по своему кинематическому положению имеет сходство с Салаирской структурой, он также был выжат в область растяжения генерального поля напряжений в противоположную от Салаира сторону, но движение его с поворотом на юг было скорректировано близостью Обь-Зайсанской шовной зоны сжатия.

Кулундинский массив, ранее известный в литературе как Славгородская жесткая глыба, выделен по геофизическим данным, имеет треугольно-клиновидную форму и локализован на относительно остром «выклинивании» сравнительно жестких структур западной части Алтае-Саянской складчатой области. На карте остаточных аномалий силы тяжести (по И.А. Кочеткову) Кулундинскому массиву соответствует обширный Славгородский гравитационный максимум, а по данным бурения, его вещественную основу составляют породные комплексы, подобные развитым в Рудно-Алтайской зоне.



Р

Рис. 1. Обзорная схема Центрально-Азиатского складчатого пояса (составлена с использованием материалов Б.Н. Красильникова, В.Е. Хаина, И.И. Белостоцкого, И.Н. Казакова, Э.Н. Янова, В.П. Нехорошева, Л.П. Зоненшайна, О.Г. Жеро, В.С. Суркова и др.)

1–5 – структуры Центрально-Азиатского складчатого пояса (1 – древние платформы, 2 – байкальские, 3 – салаирские, 4 – каледонские, 5 – герцинские, не затонирован фрагмент Альпийско-Гималайского складчатого пояса); 6 – структуры сочленения Алтае-Саянской складчатой области и Обь-Зайсанской складчатой системы (1 – Томь-Колыванская зона, 2 – Кулундинский массив, 3 – Иртышская зона смятия, 4 – Рудно-Алтайская зона, 5 – Белообинско-Сарымсактинская зона, 6 – Цунху-Чинхэская зона); 7 – структурные швы – границы эпиколедонских континентальных массивов; 8 – прочие разломы и границы; 9 – направления тектонического течения (тектонического потока) в среднем-позднем палеозое

Fig. 1. Schematic diagram of the Central Asian fold belt (compiled using the materials of B.N. Krasilnikov, V.E. Khain, I.I. Belostotsky, I.N. Kazakov, E.N. Yanov, V.P. Nekhoroshev, L.P. Zonenshayna, O.G. Gero, V.S. Surkov, and others)

1–5 – structures of the Central Asian fold belt (1 – ancient platforms, 2 – Baikal, 3 – Salair, 4 – Caledonian, 5 – Hercynian, not fragmented fragment of the Alpine-Himalayan folded belt); 6 – the structure of the articulation of the Altai-Sayan folded region and the Ob-Zaisan fold system (1 – Tom-Kolyma zone, 2 – Rudno-Altai zone, 3 – Irtysh crush zone, 4 – Rudno-Altai zone, 5 – Beloubinsk-Sarymsaktin zone, 6 – Tsunkhu-Chinghe zone); 7 – structural seams – the boundaries of the Epicoleonian continental massifs; 8 – other faults and boundaries; 9 – directions of the tectonic flow (tectonic flow) in the Middle-Late Paleozoic

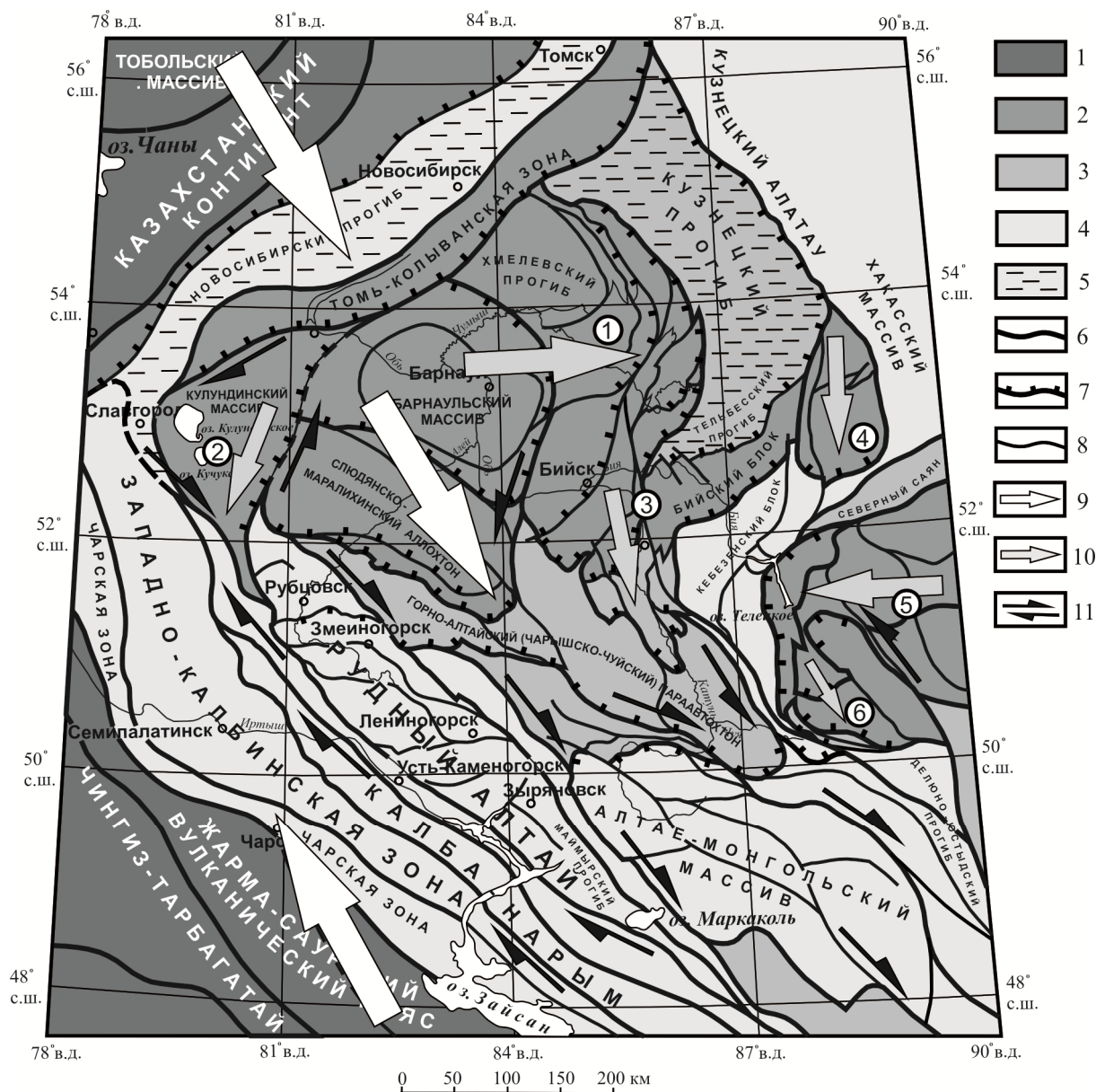


Рис. 2. Структурно-кинематическая схема формирования блоковой тектонической структуры Алтая и смежных территорий

1 – структуры окраин Казахстанского палеоконтинента; 2–5 – тектонические структуры и блоки (2 – аллохтонные, 3 – параавтохтонные, 4 – автохтонные, 5 – неоавтохтонные); 6 – структурные швы – разломы преимущественно сдвиговой и сложной кинематики; 7 – то же, с надвиговой кинематической составляющей; 8 – прочие разломы; 9 – главные направления тектонического течения (тектонического потока); 10 – то же для структур латерального выжимания; 11 – главные направления относительного смещения тектонических блоков. Структуры латерального выжимания (цифры в кружках): 1 – Салаирская группа блоков, 2 – Кулундинский массив, 3 – Каимская группа блоков и Бийский блок, 4 – Мрасский блок, 5 – Западно-Саянская группа блоков, 6 – Улаганская группа блоков

Fig. 2. Structural-kinematic scheme for the formation of the block tectonic structure of the Altai and adjacent territories

1 - structures of the outskirts of the Kazakhstan paleocontinent; 2-5 - tectonic structures and blocks (2 - allochthonous, 3 - paraautochthonous, 4 - autochthonous, 5 - neo-autochthonous); 6 - structural seams - faults of mainly shear and complex kinematics; 7 - the same, with thrust kinematic component; 8 - other faults; 9 - the main directions of the tectonic flow (tectonic flow); 10 - the same for lateral squeezing structures; 11 - the main directions of the relative displacement of tectonic blocks. Structures of lateral squeezing (figures in circles): 1 - Salair group of blocks, 2 - Kulunda massif, 3 - Kaim group of blocks and Biysk block, 4 - Mrasky block, 5 - West Sayan group of blocks, 6 - Ulagan group of blocks

Таким образом, совокупность имеющихся на данный момент времени данных позволяет предпо-

лагать, что данный массив является отторгнутой по Тюменцевскому разлому краевой (периокеаниче-

ской) частью Сибирского континента (континентальный склон и подножие), сформированного в условиях преобладающего сжатия и латерального выжимания в тылу Казахстанского ороклина. Также можно предполагать более позднее перемещение данного массива в юго-западном (в современных координатах) направлении по Тюменцевскому правому сдвигу с амплитудой до 100 км.

Каимская группа блоков сформирована при латеральном выжимании части салаирских структур в направлении (южном в современных координатах), перпендикулярном направлению восточной ветви тектонического потока при формировании Салаирской структурной дуги. Включает несколько различных по размерам и формам индивидуализированных аллохтонных и параавтохтонных тектонических блоков: Белокурихинский, Каменский, Каимский, Кивдинский, Чергинский, Катунский и несколько более мелких блоков. С определенной долей условности к этой группе можно отнести и Бийский блок сложной формы. Данный ансамбль блоков характеризуется фестончатой формой его южной фронтальной зоны с общей выпуклостью на юг-юго-восток, а южные части блоков с надвиговыми границами соотвечают отдельным фестонам (выступам).

Белокурихинский блок представляет собой в плане сегментовидную или фестоновидную структуру с резкой выпуклостью в южном направлении и предполагаемым расширением на севере до 70 км. Вещественную основу блока представляют кристаллические сланцы и гнейсы белокурихинского полиметаморфического комплекса, на большей части блока прорванные плутонами позднедевонского усть-беловского габбро-диорит-гранодиоритового и раннетриасового гранит-лейкогранитового белокурихинского комплексов. В южной части блока для метаморфитов характерна согласная с дуговым ограничением блока по Песчанскому надвигу кристаллизационная сланцеватость с крутыми углами падения, что может свидетельствовать о глубинном характере надвигообразования. По результатам моделирования устанавливается падение основного сместителя Белокурихинского аллохтонного блока (Песчанского надвига) на север под углом 30–35°. Тектоническое положение Белокурихинского блока, возможно как отторгнутого фрагмента Барнаульского массива [Западная... 2000], его форма и широкое развитие метаморфических пород позволяют предполагать его формирование в условиях общего сжатия как аллохтона и структуры латерального выжимания с ориентировкой интегрального вектора тектонического течения (тектонического потока) в южном направлении (в современных координатах).

Каменский блок расположен восточнее Белокурихинского блока, более сложен по строению и отделен от него северо-восточной ветвью Песчанского

надвига и клином более молодых и менее дислоцированных пород, характерных для формаций Ануйского прогиба. На юге граница блока проходит по Кыркылинскому складчато-деформированному надвику, по которому он как аллохтон надвинут на структуры параавтохтонного Чергинского блока Бийско-Катунской структурно-формационной зоны (СФЗ). В плане на эрозионной поверхности Каменский блок имеет небольшие размеры (25 × 25 км), треугольно-клиновидную (каплевидную) форму и вид типичного фестона сложного надвигового пояса с округленной юго-западной частью. На севере данный блок резко выклинивается, а на востоке девонским Сарасинским грабеном и Сарасинско-Семинской зоной разломов отторгнут от смежного более крупного Каимского аллохтона. В региональном магнитном поле отчетливо проявлен зоной положительных аномалий, как и Белокурихинский блок.

Вещественную основу блока составляют раннепалеозойские вулканогенные и терригенные образования нижнего структурного этажа. В виде тектонических линз и пластин в зонах надвигов присутствуют тела серпентинитов и фрагменты офиолитовой ассоциации. Характерным является совместное наличие океанических офиолитов и островодужных комплексов, что типично и для структур Салаира. Внутреннее строение Каменского блока достаточно сложное и в целом характеризуется как пакет надвиговых тектонических пластин. По данным В.А. Кривчикова и соавт., для отложений блока характерна сложная складчатая структура, сформированная в результате наложения на складки ранней генерации более поздних пликтивных деформаций с развитием синформы, осевая поверхность которой ориентирована по азимуту 15–20° и подчеркивается выдержанным по простиранию сквозным кливажем. При этом линейные складки ранней генерации характеризуются сжатой до субизоклинальной формой с углами падения крыльев 65–80°, а их оси дугообразно изогнуты субпараллельно сместителям надвигов. Характерны метаморфизм отложений в условиях пренит-пумпеллиитовой и зеленосланцевой фаций, интенсивное разлинзование и будинаж, более проявленные в породах нижнего структурного яруса, с развитием типичных мезозональных структурных парагенезисов. Как для пограничных, так и для внутриблоковых разломов характерна их волнисто-изогнутая форма при преимущественно северо-восточном и субширотном простирании.

В целом данный блок, как и соседние с ним Белокурихинский и Каимский блоки, по своему строению и тектоническому положению может быть отнесен к аллохтонным структурам латерального выжимания при формировании более крупного Салаирского аллохтона. Совершенно отчетливо определяется его формирование в условиях сильного

сжатия и перемещения в южном направлении (в современных координатах). При этом суммарная горизонтальная амплитуда его перемещения может быть приблизительно оценена в 100–200 км.

Каимский блок представляет собой краевую юго-восточную часть Аламбайско-Каимской СФЗ, Сарасинским грабеном на западе отделен от Каменского блока и по Устюбинскому (Каянчинскому) надвигу на юге (с торцовым сочленением) и востоке надвинут на структуры Катунского блока (выступа) Бийско-Катунской СФЗ. Имеет удлинненную (до 100 км с субмеридиональным простиранием) слабо изогнутую линзовидно-овальную каплевидную форму с выклиниванием на севере, где фиксируется зубчатое сочленение со структурами Кивдинского блока. В средней, расширенной (до 30 км) части насыщен гранитоидными интрузиями различного возраста (среднедевонского топольнинского и раннетриасового айского комплексов). Слагающие блок океанические породные комплексы представлены образованиями позднерифейско-раннекембрийского нижнего структурного яруса и подобны развитым в расположенных значительно севернее тектонических блоках Салаира.

В южной части Каимского аллохтона, имеющей форму фестона, можно условно выделить Каянчинский пакет тектонических платин и фронтальную Устюбинскую тектоническую платину. В целом покровно-чешуйчатый структурный комплекс Каимского блока весьма типичен для аллохтонных блоков, а ориентировка надвиговых зон и форма блока свидетельствуют о его горизонтальном перемещении в южном (в современных координатах) направлении как структуры латерального выжимания при формировании Салаирской структурной дуги.

Кивдинский блок располагается на юге Салаира и характеризуется формой Z-образно изогнутой линзы, протягивающейся на 100 км при расширении в средней части до 40–50 км с юго-запада (от с. Соусканиха) на северо-восток (до с. Сары-Чумыш). На севере его структуры Верхне-Ненинской и Чесноковской зонами разломов ограничены от Ельцовского блока Бердско-Ельцовской СФЗ, а на северо-западе и на западе Бехтемирским региональным разломом отделены от Мартыново-Шалапского блока Салаира. По комплексу данных предполагаются надвиговая кинематика ограничивающих блок разломов и в целом надвигание Кивдинского блока на структуры девонского наложенного Тельбесского прогиба. На карте остаточных аномалий силы тяжести Кивдинский блок очень отчетливо выделяется резко повышенными значениями регионального гравитационного фона с максимумами в субширотном ориентированном Ангурепском блоке второго-третьего порядка на севере зоны и на южном продолжении последней в Бехтемирском блоке, где

совмещены метаморфиты ангурепского комплекса и пироксенит-габброидные массивы бехтемирского комплекса. Юго-восточная граница аллохтонных структур Кивдинского блока с девонским Тельбесским прогибом выделяется резким гравитационным минимумом, особенно в северной части, при этом мощная гравитационная ступень, соответствующая Новиковскому разлому (надвигу), свидетельствует о сложной уступообразной и волнисто-изогнутой форме последнего.

Вещественный состав Кивдинского блока неоднороден; северная и западная его части в основном сложены метаморфитами ангурепского кварцито-мраморо-амфиболитового комплекса, возраст которого по реставрации его субстрата и радиологическим датировкам определяется как раннепалеозойский. Блоки метаморфитов согласно всей структуре и ее северо-западной границе образуют узкую Z-образно изломанную полосу и сконцентрированы в области бифуркации тектонического потока между Пуштулимским и Каимским аллохтонами (фестонами). Внутреннее строение блоков метаморфитов характеризуется субпараллельной ограничением блоков, обычно крутопадающей (40–90°) кристаллизационной сланцеватостью. В целом структура Кивдинского блока характеризуется широким развитием продольных дуговых и волнисто-изогнутых разломов со сдвиговой и взбросо-надвиговой кинематическими составляющими, реже относительно прямолинейных «секущих» разломов, расчленяющих всю структуру на целый ряд линзовидных, ромбовидных, клиновидных и трапециевидных блоков более высоких порядков. Наиболее крупные фрагменты блока представляют собой, по существу, деформированные пакеты тектонических пластин. Можно предполагать, что вся структура была выдавлена с южного фланга формирующейся Салаирской структурной дуги при эпизодическом (пульсирующем) развороте главных осей эллипсоида напряжений.

Катунская группа блоков (Катунский выступ) представляет собой серию кулисообразно расположенных тонких пластин мощностью от 5 до 20 км при протяженности до 100 км и на юге уступообразно вдающихся внутрь структур Чуйского параавтохтонного блока Чарышско-Чуйской СФЗ. Вещественную основу Катунского выступа также составляют океанические и островодужные структурно-вещественные комплексы. Отложения блоков смяты в линейные и брахиформные складки, осложненные разрывными нарушениями, осевые поверхности складок имеют как северо-западное, так и субширотное простирание, при этом на отдельных участках фиксируется наложение первых на более ранние субширотные, а также, что характерно для южных частей блоков, резкий дугообразный перегиб простирания складок от северо-западного до субширотного и северо-

восточного. В целом типична «рваная» напряженная складчатость с резкими изгибами крыльев и осей складок, часто осложненных разломами.

Внутреннее строение блоков характеризуется сочетанием прямолинейных сдвигов и дуговых зон разломов со взбросовой и надвиговой составляющей. Развита различных размеров надвиговые тектонические чешуи с формированием тектонических брекчий и других динамокластитов в подошвах тектонических покровов, типичные для южной части блоков. В целом структурный рисунок данной группы блоков весьма характерен для аллохтонных образований, а геологическое положение Катунского блока позволяет рассматривать его как параавтохтонную структуру латерального выжимания на фронте Каимской структурной дуги, сформированную при активном участии продольных левосдвиговых перемещениях.

Чергинский блок расположен западнее Катунского выступа и с севера по Кыркылинскому надвику частично перекрыт структурами аллохтонного Каменского блока. Блок в целом имеет трапециевидную форму, небольшие размеры (30 × 50 км) и с запада отделяется от структур Ануйского блока правосдвиговым Куячинским разломом север-северо-западного простирания. На востоке Сарасинско-Семинской тектонической зоной, Сарасинским грабеном и Онгудайским прогибом данный блок отделен от вышеописанного Катунского выступа. Складчатость сложная: для отложений блока, как и для Каимской группы блоков, характерно смятие ранних субизоклинальных складчатых структур субширотного простирания наложенной складчатостью с субмеридиональной и северо-западной ориентировкой осевых плоскостей складок и развитием сквозного кливажа. Отложения метаморфизованы, нередко будинированы и разлинзованы, вблизи ограничивающих разломов север-северо-западный ориентировки развиты изоклиналиная складчатость и динамокластиты.

Внутреннее строение Чергинского блока характеризуется развитием серии эшелонированных дуговых разломов взбросо-надвиговой кинематики, имеющих северо-восточную до субширотной ориентировку, согласную простиранию осей складок, и сопряженных с север-северо-западными и субмеридиональными зонами сдвигов, что придает данному блоку характер аллохтонной или параавтохтонной структуры. Южная граница блока изучена явно недостаточно, при этом более вероятна ее скрытая надвиговая природа, что подтверждается геофизическими данными.

Бийский блок является наиболее крупным из всех относительно обособленных фрагментов Северо-Алтайской структурной дуги и располагается в ее северо-восточной части, смыкаясь со структурами

Мрасского блока по Алтае-Кузнецкому разлому. Блок имеет очень характерную форму резко изогнутой линзы с выпуклостью в западной части на северо-запад, а в восточной – на юго-восток, что придает ему облик типичной Z-структуры (в целом согласной Кивдинской Z-структуре, по всей вероятности, свидетельствующей о формировании блока при участии общего правосдвигового структурно-деформационного плана). По северной периферии блок перекрыт вулканогенными толщами девонского наложенного Тельбесского прогиба, раздробленные структуры которого участками надвинуты на древние океанические структуры северной части Бийского блока. Вещественную основу блока составляют отложения океанического структурно-вещественного мегакомплекса, подобные салаирским. С юго-востока блок по Сийскому разлому граничит с автохтонными структурами Кебезенского блока и традиционно выделяемой Уймено-Лебедской структурно-формационной зоны.

Внутреннее строение Бийского блока в его южной, существенно карбонатной, выклинивающейся части характеризуется развитием пакета счешуенных тектонических пластин и линз, для которых фиксируется фрагментарный характер линейной изоклиналиной складчатости с субгоризонтальным расположением шарниров. В целом доминируют разрывные нарушения субмеридиональной и север-северо-западной ориентировки левосдвиговой кинематики, менее развиты сопряженные с ними антитетические правосдвиговые и взбросо-сдвиговые разломы. В северо-восточной части блока с широким развитием базальтоидов манжерокского комплекса и отложений формации рифогенных известняков (сийской свиты раннего кембрия) преобладают дуговые разрывные нарушения северо-восточной до субширотной ориентировки со взбросо-надвиговой кинематической составляющей, сопряженные с зонами правых сдвигов северо-западной ориентировки. Характерны широкое развитие динамосланцев, разлинзование, милонитизация.

Мрасский блок (Мрасская глыба) имеет весьма характерную резко индивидуализированную каплевидную форму с выклиниванием на севере, где граничит со структурами Кузнецкого Алатау и автохтонного Хакасского массива. На юге границей блока является дуговой, с изгибом на юг, Алтае-Северосаянский разлом с кинематическими характеристиками надвига, по которому фиксируется торцовое сочленение мрасских океанических и верхне-лебедских островодужных структур.

Структурную основу Мрасской СФЗ, как и Бийского блока Бийско-Катунской СФЗ, составляют пакеты тектонических надвиговых пластин, при этом в целом Мрасская глыба разделена запад-северо-западным Томско-Абаканским разломом с кинема-

тикой правого взбросо-сдвига и субмеридиональным Пезасским разломом левосдвиговой кинематики соответственно на западный Александровский, центральный Шаныштагский и восточный Кубезский блоки второго порядка. Шаныштагский блок наиболее всего продвинут на юг, имеет остроклиновидную форму субмеридиональной ориентировки и сложен пакетом тектонических пластин базальтоидного и существенно карбонатного состава с дугowymi и волнисто-изогнутыми относительно положозалегающими detachментами различной ориентировки. В восточной части блока, менее затронутой более поздними сдвиговыми нарушениями (Кубезский блок) имеет преобладающую субширотную ориентировку слагающих его тектонических пластин и волнисто-изогнутых в плане detachментов (Айзасский надвиг). По данным Г.А. Бабина, фиксируется субвертикальное залегание кливажированных пластин в зоне влияния Алтае-Северосаянского взреза и более пологое, с ограничением по листрическим разломам и пологим надвиго-шарьяжным поверхностям с падением на север, залегание на удалении от него, где пластины базальтов имеют чешуйчатую форму и образуют тектонические пакеты совместно с карбонатными породами.

Строение и форма Мрасского блока однозначно свидетельствуют о его формировании как структуры латерального выжимания при аллохтонном смещении на юг (в современных координатах) южного фрагмента Кузнецко-Алатаусской структурной дуги, тогда как центральная часть последней испытывала только фронтальное сжатие.

Западно-Саянская группа блоков сложного строения включает фрагменты нескольких структурно-формационных зон, структурно объединенных в хорошо индивидуализированную структуру (мегаблок) с удлиненной в субширотном направлении каплевидной формой (см. рис. 1). На востоке данный мегаблок остро выклинивается на границе с Восточным Саяном, а на западе расширяется и ограничивается Курайско-Телецко-Кандатской дуговой системой разломов с кинематическими характеристиками надвигов и сдвига-надвигов. Его сложное внутреннее строение, ранее уже описанное автором [Туркин, Федак, 2008] включает большое количество мелких блоков различной формы – от пластинчатой с максимальной степенью линейаризацией мегадинамокластиков, слагающих Телецкую структурную дугу, до клиновидных и относительно изометричных. Очень характерным являются развитие дугowych надвигов и волнисто-изогнутых разломов сложной кинематики, а также наличие блоков метаморфических пород, вместе с островодужными структурно-вещественными комплексами составляющими вещественную основу данной группы блоков.

Принадлежность Западно-Саянского блока аллохтонным сооружениям установлена многими ис-

следователями. Так, В.С. Сурковым и О.Г. Жеро [Сурков и др., 1973], Е.С. Кутейниковым [Структурный... 1994] Телецкий разлом интерпретировался надвиговой зоной во фронтальной части аллохтонного и перемещенного на запад Западно-Саянского мегаблока, что подтверждается и геофизическими данными. О том же свидетельствуют данные В.Е. Гоникберга, П.М. Бондаренко, Н.Н. Хераскова, Я.М. Грицюка, Л.В. Кунгурцева и многих других геологов. Менее исследованы причины такого перемещения с вероятной горизонтальной амплитудой в несколько сот километров. Но в настоящее время становится очевидным, что и ранее и особенно в средне-позднепалеозойское время аккреционные окраины Сибирского кратона испытывали сильное пульсирующее давление со стороны континентальных блоков гондванской группы (с юга в современных координатах), выразившееся в формировании островных дуг и коллизионных поясов. При этом субмеридиональное сжатие обеспечивалось нахождением на севере жестких консолидированных масс Сибирского кратона и Восточного Саяна. В этой обстановке индивидуализировавшийся Западно-Саянский блок был выжат в перпендикулярном направлении главного девиаторного растягивающего напряжения с формированием типичной по форме и строению структуры латерального выжимания.

Особенностью западной части рассматриваемого мегаблока является формирование в его контурах вторичных структур латерального выжимания (второго порядка). К таким структурам могут быть отнесены *Улаганский и Оройский блоки* (Улаганская структура латерального выжимания второго порядка), в совокупности также имеющие форму фестона с дуговой фронтальной зоной и клиновидной тыловой частью. Для этой структуры также характерно развитие прифронтальной изоклиальной складчатости и дугowych надвигов, ориентированных в субширотном-северо-восточном направлении в Оройском блоке, тогда как в ее тыловой части в Улаганском блоке оси складок и разломы сохраняют преимущественно субмеридиональную ориентировку, типичную как для фронтальной зоны Западно-Саянского мегаблока, так и для участков локального растяжения. То есть так же, как и для каимских структур латерального выжимания второго порядка относительно Салаирской структурной дуги, а мрасских – относительно Кузнецкого Алатау, происходили разворот структурного плана и индивидуализация блоков-фестонов в общем поле напряжений.

Обсуждение результатов и выводы

Как уже отмечалось, среди структур латерального выжимания Алтая и в целом западной части Алтае-Саянской складчато-блоковой области могут

быть выделены структуры первого (Салаирская и Западно-Саянская группы блоков) и второго (Каимская и Катунская группы блоков, Мрасский блок, Улаганская группа блоков) порядков. Первые были сформированы в результате сжатия выступающих на запад (в современных координатах) преимущественно раннепалеозойских окраин Сибирского континента, что обеспечивалось, с одной стороны, давлением блоков гондванского происхождения, а с другой – северной частью формирующегося Казахстанского ороклаина с древним Тобольским массивом и Томь-Колыванской островодужной системой. Обособление структур латерального выжимания происходило в области (секторе или квадранте) растяжения, а перемещение блоков – в направлении вектора главной оси растяжения, первично перпендикулярном главным осям сжатия (главным направлениям тектонического потока). Тектонические структуры латерального выжимания второго порядка оформлены уже в другом поле напряжений, развернутом на 90° относительно первичного и сформированного при фронтальном сжатии и столкновении с более инертными (автохтонными и параавтохтонными) структурами головной части структур латерального выжимания первого порядка. Для всех индивидуализированных структур (блоков) латерального выжимания очень характерной остается каплевидная клиновидно-секториальная форма, иногда измененная при наложении более поздних деформаций, но в общем виде соответствующая сектору растяжения – действующему на этот момент в данном районе полю напряжений. Наиболее типичны в этом плане Мрасский и Западно-Саянский блоки. Кроме того, все эти структуры характеризуются сходными структурными парагенезисами (СП) и их изменениями от фронта (СП сжатия) к тыловой части (СП растяжения).

Также достаточно характерным при анализе полей напряжений является локализация крупных средне-позднепалеозойских прогибов и опущенных блоков, формирование которых также определялось расположением локальных областей растяжения. Типичен в данном плане Хмелевский прогиб на северном фланге Салаирской структурной дуги, при этом область трансенсии формировалась здесь и в результате дисторсии главного салаирского тектонического потока. Также в подобной области растяжения был заложен и Тельбесский прогиб. Серия более мелких прогибов в совокупности с ареалом позднепалеозойско-мезозойских интрузивных гранитоидов локализована в тыловой части Мрасского блока. Большое количество гранитоидов сосредоточено в тыловой области Каимской группы блоков латерального выжимания. Но при этом, вероятно, не меньшее значение имеет пульсационный характер напряжений и деформаций, как в масштабе всего

геологического развития Алтая, так и на протяжении отдельных его этапов и стадий. Постоянно имели место кратковременные периоды релаксации напряжений, что приводило к заложению локальных прогибов, а общее субмеридиональное (с уклоном к север-северо-западному) сжатие обеспечивало такую же предпочтительную ориентировку рифтогенных структур [Гринев, 2007]. Впоследствии при эволюционном переходе к деформации простого сдвига такие структуры развивались уже как впадины типа pull-apart.

При рассмотрении механизма и кинематики формирования структур латерального выжимания вполне логично предположить существование блоков, сформированных только при частичном или периодическом действии главного вектора растяжения. И в этом плане отнесение Бийского блока к структурам латерального выжимания является несколько условным; во всяком случае, его восточная часть формировалась при доминирующем правосдвиговом структурном плане и дисторсии южного фланга Салаирской структурной дуги. Вероятно, в этом случае имел место реверс-эффект и правосдвиговые деформации в зоне фронтального Сийского разлома периодически сменялись левосдвиговыми. Но при этом надвигание блока на автохтонные структуры согласуется с наличием области растяжения в южной части Салаирского поля напряжений с формированием крупного девонского Тельбесского прогиба в его тылу.

Время начала и наиболее интенсивной фазы формирования вышерассмотренных структур латерального выжимания западной части Алтае-Саянской складчатой области определяется как синхронное заложению и развитию на всей этой территории геодинамического режима активной континентальной окраины. На ранней стадии в условиях сжатия при встречном близком к субмеридиональному (в современных координатах) направлении тектонического потока были заложены той же ориентировки зоны разрывов и локальных рифтовых структур как основных границ крупных, впоследствии аллохтонных и параавтохтонных блоков. При достижении пределов упругости и текучести уже обособленные блоки начинают перемещаться и деформироваться как в вертикальном (с формированием надвигов), так и в горизонтальном направлении. Можно утверждать, что данный процесс был пульсирующим и периоды интенсивного инициального и девиаторного сжатия чередовались с периодами релаксации напряжений. После девонского этапа период интенсивного сжатия с формированием структур латерального выжимания приходился на время коллизии континентов и уральской фазы складчатости во второй половине карбона и в начале перми, когда в основном сформировались структуры латерального выжимания

второго порядка, что в ряде районов сопровождалось реверс-эффектом. Последующие позднеэоценовые и раннеэоценовые периоды сжатия не оказали существенного влияния на общую, уже значительно консолидированную структуру региона.

При изучении структур латерального выжимания Алтая и в целом западной части Алтае-Саянской складчато-блоковой зоны обращает на себя внимание приуроченность к их фронтальным надвиговым зонам и структурным дугам известных золоторудных объектов, что фиксируется для Салаирского, Каимского, Мрасского, Улаганского и ряда других

мелких блоков. Как отмечено выше, подобная приуроченность уже была зафиксирована, в частности, для забайкальских структур латерального выжимания [Корольков, 2005]. В нашем случае также типична локализация объектов в зонах фронтального сжатия (Майское месторождение, Каянчинское и Кауринское проявления и др.) и геодинамических убежищах (Синюхинское и Топольнинское месторождения, Баранчинское проявление). И поэтому в целях прогнозирования новых рудных объектов просто необходимо полноценное изучение тектонической структуры перспективных районов.

ЛИТЕРАТУРА

- Буслов М.М. Тектонические покровы Горного Алтая. Новосибирск : Наука, 1992. 95 с.
- Буслов М.М., Джен Х., Травин А.А., Отгонбаатар Д., Куликова А.В. и др. Тектоника и геодинамика Горного Алтая и сопредельных структур Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика. 2013. Т. 54, № 10. С. 1600–1627.
- Гринев О.М. Рифтовые системы Сибири: методология изучения, морфотектоника, минерагения. Томск : STT, 2007. 434 с.
- Гришин Д.В., Печерский Д.М., Дегтярев К.Е. Палеомагнетизм и реконструкция среднепалеозойской структуры Центрального Казахстана // Геотектоника. 1997. № 1. С. 71–81.
- Западная Сибирь // Геология и полезные ископаемые России : в 6 т. / гл. ред. В.П. Орлов ; ред. 2-го тома: А.Э. Конторович, В.С. Сурков. СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. Т. 2. 477 с.
- Копп М.Л. Структуры латерального выжимания в Альпийско-Гималайском коллизионном поясе // Труды ГИН РАН. М. : Научный мир, 1997. Вып. 506. 307 с.
- Корольков А.Т. Геодинамические особенности металлогенических формаций золоторудных районов Забайкалья // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 6. С. 53–57.
- Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области / С.П. Шокальский, Г.А. Бабин, А.Г. Владимиров и др. Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 187 с.
- Левашева Н.М., Дегтярев К.Е., Баженов М.Л. Ороклинальное изгибание средне-позднепалеозойских вулканических поясов Казахстана: палеомагнитные свидетельства и геологические следствия // Геотектоника. 2012. № 4. С. 42–61.
- Структурный анализ при палеогеодинамических реконструкциях. М., 1994. 256 с.
- Сурков В.С., Жеро О.Г., Уманцев Д.Ф. и др. Тектоника и глубинное строение Алтае-Саянской складчатой области // Труды Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья. М. : Недра, 1973. Вып. 152. 144 с.
- Туркин Ю.А. Коллизионно-сдвиговая структура Горного Алтая // Известия Бийского отделения Русского географического общества. Бийск : РИО БПГУ им В.М. Шукшина, 2005. Вып. 25. С. 43–49.
- Туркин Ю.А. Основные особенности геологического строения Горного Алтая и Салаира по данным современных региональных исследований // Актуальные аспекты геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Алтайского края : материалы краевой науч.-практ. конф. Барнаул : Изд-во Алтайского университета, 2004. С. 125–132.
- Туркин Ю.А. Структуры сочленения западной части Алтае-Саянской складчатой области и Обь-Зайсанской складчатой системы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2016. № 1 (25). С. 94–103.
- Туркин Ю.А., Федак С.И. Геология и структурно-вещественные комплексы Горного Алтая / под ред. В.М. Исакова. Томск : STT, 2008. 460 с.

Автор:

Туркин Юрий Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий геолог, региональная партия, отдельное структурное подразделение «Горно-Алтайская экспедиция», пос. Малоенисейское, Бийский район, Алтайский край. E-mail: Jurtour@yandex.ru

Ju.A. Turkin

Separate structural division «Gorno-Altayskaja expeditzia», p. Maloeniseyskoe, Biysky district of Altai, Russia

THE STRUCTURES OF THE LATERAL EXTRUSION OF THE WESTERN PART OF THE ALTAI-SAYAN FOLDED AREA

The article deals with the tectonic structure of the Altai and conjugate regions of the Western part of the Altai-Sayan folded area (ASFA) in the context of its General geotectonic position in the Central Asian folded belt. Selected major structures of the lateral extrusion of first and second order, formed on the General contraction of this part of the accretionary margins of the epikaledonian Siberian paleocontinent in the middlepaleozoic-mesozoic time. The structures of the lateral extrusion of the first order include large and complex structures of the Salair and Western-Sayan blocks and a smaller Kulundian massif. As the structure of the second order, formed with a

horizontal displacement of the structures of the first order, considered Kaimsko-Katunian group of blocks, Mrasskian block and the group of smaller blocks of the second order of the Western-Sayan block (Ulaganian and Oroyki blocks of the second order). The time of the beginning of formation of the collision shear-thrust structure of the Altai region corresponds to the beginning of the development of the geodynamic regime of the active continental margin in the large part of the Western Altai-Sayan folded area and is defined as early Devon. Early period of most intensive horizontal displacements of the blocks with the development of thrust zones and large-amplitudinal strike-slip faults corresponds to Telbessian Orogeny in the mid-late Devonian time. During this period of time, the structures of the first order lateral extrusion were mainly formed. At a later stage, corresponding to the collision of continents and the Uralian Orogeny in the second half of carboniferous and at the beginning of Permian, mainly formed the structure of the lateral extrusion of the second order, which in some districts was accompanied by a reverse effect. The subsequent Late-Triassic-Early-Jurassic and Early-Cretaceous compression periods did not have a significant impact on the overall structure of the region.

Keywords: structures of lateral extrusion, tectonic fault blocks, thrusts, strike-slip faults, structural arcs, reverse effect, Altai.

References

- Buslov M.M. *Tektonicheskie pokrovy Gornogo Altaya* [Tectonic nappes of the Gorny Altai]. Novosibirsk: Nauka, 1992. 95 p. In Russian
- Buslov M.M., Dzhenn K.H., Travin A.A., Ottonbaatar D., Kulikova A.V. i dr. Tectonics and geodynamics of Gorny Altai and adjacent structures of the Altai-Sayan folded area // *Russian Geology and Geophysics*. 2013. T. 54, № 10. pp. 1250–1271
- Grinev O.M. *Riftovyje sistemy Sibiri: metodologiya izucheniya, morfotektonika, minerageniya* [Rift system of Siberia: the methodology of investigation, morphotectonics, minerageny]. Tomsk: STT, 2007. 434 p.
- Grishin D.V., Pecherskij D.M., Degtyarev K.E. *Paleomagnetizm i rekonstruktsiya srednepaleozojskoj struktury Tsentral'nogo Kazakhstana* [Paleomagnetism and reconstruction of the middle-paleozoic structure of Central Kazakhstan] // *Geotectonics*. 1997. № 1. pp. 71–81. In Russian
- Zapadnaya Sibir' / Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii* [Western Siberia / Geology and mineral resources of Russia] V shesti tomakh. T. 2 / Gl. red. V.P. Orlov. Red. 2-go toma: A.E. Kontorovich, V.S. Surkov. St. Petersburg : Izd-vo VSEGEI, 2000. 477 p. In Russian
- Kopp M.L. *Struktury lateral'nogo vyzhmaniya v Al'pijsko-Gimalajskom kollizionnom poyase* [Structures of lateral extrusion in the Alpine-Himalayan collision belt]. Tr. GIN RAN, vyp. 506. Moscow : Nauchnyj mir, 1997. 307 p. In Russian
- Korol'kov A.T. *Geodinamicheskie osobennosti metallogenicheskikh formatsij zolotorudnykh rajonov Zabajkal'ya* [Geodynamic features of metallogenic formations of gold ore districts of Transbaikalia] // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2005, T. 308, № 6. pp. 53–57. In Russian
- Korrelyatsiya magmaticheskikh i metamorficheskikh kompleksov zapadnoj chasti Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti* [Correlation of magmatic and metamorphic complexes of the Western Altai-Sayan folded area] / S.P. Shokal'skij, G.A. Babin, A.G. Vladimirov i dr. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, filial «Geo», 2000. 187 p. In Russian
- Levasheva N.M., Degtyarev K.E., Bazhenov M.L. Oroclinal bending of the middle-late-paleozoic volcanic belts of Kazakhstan: paleomagnetic evidence and geological consequences // *Geotectonics*. 2012. № 4. pp. 285–302.
- Strukturnyj analiz pri paleogeodinamicheskikh rekonstruktsiyakh* [Structural analysis in paleogeodynamic reconstructions]. Moscow, 1994. 256 p. In Russian
- Tektonika i glubinnoe stroenie Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti* [Tectonics and deep structure of the Altai-Sayan folded area] / Surkov V.S., Zherov O.G., Umantsev D.F. i dr. // *Trudy Sib. nauch.-issled. in-ta geol., geofiz. i min. syr'ya*. Vyp. 152. Moscow : Nedra, 1973. 144 p. In Russian
- Turkin Ju.A. *Osnovnye osobennosti geologicheskogo stroeniya Gornogo Altaya i Salaira po dannym sovremennykh regional'nykh issledovanij* [The main features of the geological structure of the Gorny Altai and Salair according to modern regional investigations] // *Aktual'nye aspekty geologicheskogo izucheniya neдр i vosproizvodstva mineral'no-syr'evoy bazy Altajskogo kraja. Materialy kraevoj nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Barnaul : Izd-vo Altajskogo universiteta, 2004, pp. 125–132. In Russian
- Turkin Ju.A. *Kollizionno-sdvigovaya struktura Gornogo Altaya* [Collision-shear structure of the Altai Mountains] // *Izvestiya Bijskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. Vyp. 25. Bijsk : RIO BPGU im V.M. Shukshina, 2005. pp. 43–49. In Russian
- Turkin Ju.A. *Struktury sochleneniya zapadnoj chasti Altae-Sayanskoj skladchatoj oblasti i Ob'-Zajanskogo skladchatoj sistemy* [Structures of the joint of the western part Altai-Sayan folded area and Ob'-Zajanskaja folded system] // *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri*. 2016. № 1 (25). pp. 94–103. In Russian
- Turkin Ju.A., Fedak S.I. *Geologiya i strukturno-veshhestvennye komplekсы Gornogo Altaya* [Geology and structural-material complexes of Gorny Altai] / Pod red. V.M. Isakova. Tomsk: STT, 2008. 460 p. In Russian

Author:

Turkin Juryi A., Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Geologist, Regional party, Separate structural division «Gorno-Altayskaja ekspeditsiya», p. Maloeniseyskoe, Biysky district of Altai, Russia. E-mail: Jurtour@yandex.ru