

ГЕОХРОНОМЕТРИЯ КАЙНОЗОЙСКОГО ГОРООБРАЗОВАНИЯ В АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ПИРОМЕТАМОРФИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСАМ: ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ¹

Введение

Имеющиеся на сегодня возможности для определения геохронологических рубежей новейших орогенических движений немногочисленны. Время начала основных этапов роста горных сооружений обычно определяют, используя метод коррелятных отложений. Данный метод не дает конкретных дат, а заключается в том, что возраст активизации определяется временем появления в бассейнах горного обрамления грубообломочного материала. В пределах Алтае-Саянской области, да и во всей северной части Центральной Азии это событие обычно привязывается к смене буроцветных “неогеновых” толщ сероцветными “четвертичными”. Однако грубообломочные осадки в разрезах межгорных впадин появляются ниже этой геохронологически привязанной границы, и остается только гадать, насколько глубоко в неоген погружается время начала интенсивного роста горных сооружений. Кроме того, в привязке орогенных событий к смене “теплых” (буроцветных) толщ “холодными” (сероцветными) содержится внутреннее противоречие, поскольку значительный рост гор сам по себе вызывает локальное похолодание в связи с возникновением в их пределах вертикальной климатической зональности [1]. Быстро развивающиеся методы детритовой термохронологии (в частности трековый метод) позволяют определить нижний предел возраста осадконакопления и исследовать эксгумационную эволюцию пород питающих провинций [2]. К сожалению, результаты этих реконструкций, основанных на методах решения обратных задач, часто неоднозначны, более того, в новейших горных сооружениях рассматриваемой области денудационный срез за период новейшей активизации нигде не достигает 3000 м, необходимых для вывода на поверхность пород, находившихся на глубинах с температурами 100°С до начала новейшего поднятия.

При восстановлении истории осадочных бассейнов могут быть плодотворно использованы и методы изотопной геохронологии, которые хорошо работают в том случае, когда орогенез сопровождается вулканическими процессами.

Однако вулканизм далеко не всегда сопутствует возникновению новейших горных сооружений, особенно развивающихся на значительном удалении от коллизионных зон и территорий, подвергшихся воздействию мантийных плюмов. В частности, можно уверенно утверждать, что на новейшем этапе в пределах Алтае-Саянской горной области кайнозойские вулканиты полностью отсутствуют западнее 95 меридиана.

В поисках широко распространенных объектов, генетически связанных с ранними этапами крупных фаз роста горных сооружений и пригодных для изотопных геохронологических исследований, мы обратили внимание на пирогенные комплексы. Слагающие их породы – так называемые “горельники” (или пирометаморфические породы) – образуются в ходе длительных высокотемпературных пожаров ископаемого топлива, которые, в свою очередь, возникают в результате вовлечения в процессы воздымания горных сооружений угленосных моласс предгорных впадин.

Целью данной статьи является геологическое обоснование применимости этого подхода к детализации истории развития рельефа главных орогенных эпох континен-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 09-05-00285а и № 09-05-00610а).

тального этапа развития Алтае-Саянской области. Она является первой статьей из цикла, посвященного разработке нового метода определения абсолютных возрастов периодов активизации горообразовательных движений внутриконтинентальных орогенов.

Геологический очерк континентального этапа развития Алтае-Саянской области

Алтае-Саянская горная область как единая горная система была впервые выделена В.А. Обручевым [2]. В ее состав им были включены Алтай (Русский и Монгольский), Саяны, Салаир, Кузнецкий Алатау, Кузнецкая и Минусинская впадины. Эта новейшая орогенная область в целом совпадает с территорией, где на поверхность выходят палеозойские складчатые комплексы, и иногда именуется “складчатой областью”. Авторы воспринимают эти термины как равнозначные, хотя первичным критерием выделения является, несомненно, новейшая орогения, а вывод на поверхность в границах ее проявления древних складчатых сооружений палеозоя представляет собой следствие.

Периодичность возникновения горных сооружений на территории Алтае-Саянской области установлена по стратиграфическим данным. В результате анализа геологического строения межгорных и предгорных впадин выделены три основные эпохи орогенеза региона [4]. В 1960-е годы формирование горного рельефа объяснялось вертикальными движениями, связанными с процессами в мантии. В настоящее время получили распространение представления о том, что орогенические эпохи внутри Евразийского континента преимущественно связаны с коллизионными событиями на его границах, при этом вертикальные перемещения блоков земной коры являются производными от горизонтальных движений [5–7]. В своих работах по Большому Алтаю мы также декларируем связь движения тектонических плит с новейшим горообразованием в пределах данной территории [8]. В данном случае мы прибегаем к подобным интерпретациям в поисках источника горизонтального сжатия (которое однозначно реконструируется из особенностей морфотектоники региона) за отсутствием иных механизмов, объясняющих данное явление. Связь этого внутриконтинентального режима сжатия в центре Азии на большом удалении от складчатых систем Гималаев на современном уровне знания достаточно сложно доказать, хотя уже существуют работы, рассматривающие эволюцию геологического строения региона на примере территории Монголии с точки зрения тектоники плит [9]. Хочется надеяться, что предпринимаемые нами усилия по уточнению методами изотопной геохронологии истории новейшего горообразования региона позволят внести большую ясность в этот вопрос.

Первый этап развития региона, когда в континентальных условиях впервые произошло формирование горного рельефа и началось повсеместное формирование угленосных моласс в компенсационных впадинах горного обрамления, приходится на поздний карбон–раннюю пермь [4]. Реконструируемые границы распространения позднепалеозойских орогенов, судя по сохранившимся осадкам впадин обрамления, существенно отличаются от границ современного горного рельефа. В частности, северная граница палеозойских горных сооружений проходила вдоль Горловской впадины. В основании разреза расположенной южнее Бийско-Барнаульской впадины залегают только юрские отложения, следовательно, в позднем палеозое эта впадина еще не существовала. Не исключено, что позднепалеозойские горы протягивались и дальше на север, поскольку Горловская впадина, скорее всего, является смещенной по сдвигу частью Кузнецкой. В Кузнецкой впадине с верхнего карбона–ранней перми происходило формирование мощной угленосной молассы [10]. В Джунгарской впадине этому времени также соответствует начало накопления слабоугленосной континентальной молассы мощностью более 5 км [11]. Пермские терригенные угленосные осадки мощностью менее 1 км отмечаются и в основании разреза некоторых впадин Западной Монголии [9, 12] и в единичных грабенах вдоль Курайско-Телецкой зоны

разломов Горного Алтая. Судя по мощности и площадям распространения осадков, в пермское время на территории Алтае-Саянской области возник горный рельеф. В течение триасового периода он был срезан эрозией и на возникшем пенеплене была сформирована кора выветривания, сохранившаяся в ряде мест в основании разреза юрских осадков [13–14].

В юрское время события происходили по сходному сценарию: вновь произошла тектоническая активизация, сопровождавшаяся формированием горного рельефа. Главным отличием этого этапа было то обстоятельство, что все обрамляющие ороген бассейны уже не были связаны с океаном. Горные сооружения юрского времени были уничтожены эрозией в течение позднемелового–раннепалеогенового времени. Границы юрского орогена в настоящее время реконструируются только по распространению коррелятных терригенных угленосных осадков предгорных впадин. По своему пространственному расположению и конфигурации области распространения юрских моласс в основном соответствуют позиции современных предгорных прогибов и образуют в них самостоятельный структурный этаж. Эти осадки слагают среднюю часть разреза Джунгарской и Зайсанской впадин, а также залегают в основании разрезов Бийско-Барнаульской впадины и системы впадин Котловины Больших Озер (прогиб между Хангаем и Монгольским Алтаем). Кроме того, юрские угленосные терригенные осадки известны в отдельных межгорных впадинах вдоль границы Горного Алтая с Саянской горной системой и в пределах Алтая [12–14].

Сходство областей распространения позднепалеозойских, мезозойских и кайнозойских молассовых отложений позволяет говорить о существенной степени унаследованности структурной позиции современных горных сооружений Алтае-Саянской области по отношению к орогенам предшествующих эпох. Это позволяет рассматривать его территорию как мобильную зону в окружении более устойчивых блоков, испытывающую деформации при каждом крупном коллизионном событии на границах континента, в центре которого она расположена.

Поскольку орогенные эпохи позднего палеозоя и мезозоя сопровождались интенсивными магматическими проявлениями, в литературе их пока еще редко связывают с коллизионными событиями, но, судя по имеющимся тенденциям, пересмотр взглядов на этот вопрос в ближайшем будущем неизбежен. На территории Алтая широко развиты интрузивные образования соответствующих возрастов, т. е. формирование позднепалеозойского и мезозойского горного рельефа может быть объяснено и процессами тектоно-магматической активизации, что является традиционной точкой зрения. Хронология событий орогенеза Алтая в позднем палеозое и мезозое, воссозданная по коррелятным отложениям, подтверждается и данными абсолютного датирования синорогенных интрузивов. Широко распространенные на этой территории гранитоидные комплексы, ранее либо коррелировались с калбинским комплексом пермского возраста, либо считались более древними – девонскими. Внедрение $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, U–Pb и Rb–Sr методов датирования коренным образом изменило представление о возрасте гранитоидного магматизма региона. Часть массивов действительно была отнесена к позднедевонско–раннекаменноугольным, однако большинство из них оказались синхронными с позднепермской и юрской орогенными эпохами [16, 17].

Хронология новейшего (кайнозойского) орогенеза Алтае-Саянской области до последнего времени строилась исключительно на стратиграфических данных, свидетельствующих о начале новейшей орогенной эпохи в конце палеогена и резкой активизации процесса в неоген–четвертичное время [18, 19]. Все имевшиеся до последнего времени абсолютные изотопные датировки, относящиеся к этому возрастному интервалу, были получены по базальтам Восточного Саяна, Хангая и Гобийского Алтая. Сами излияния базальтов здесь прямо не были связаны с орогенными процессами и, вероятно, относятся к проявлениям мантийного плюма. В районе распространения базальтового вулканизма развиты верхнеюрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные базальты, которые традиционно используются в качестве возрастных реперов. Их соотношения с элементами современного рельефа позволяют оценить

временные рамки последнего орогенеза. Верхнемеловые, палеогеновые и местами нижненеогеновые базальты бронируют выровненный доорогенный рельеф, а верхненеогеновые и четвертичные базальтоиды выполняют долины рек [19, 20], что подтверждает время формирования современного горного рельефа региона, реконструируемое по стратиграфическим данным [14, 19].

Вместе с тем, большая часть территории Алтае-Саянской области лишена новейших магматических образований, и возможность получения изотопных геохронологических датировок новейших тектонических событий, сопровождавшихся формированием горного рельефа, была здесь более чем проблематична, а потребность в них для геодинамических построений крайне высока. В ходе наших поисков удалось выявить объекты, сингенетичные последнему орогенезу, и выделить в их составе группы пород, перспективных для датирования методами изотопной геохронологии. Этими объектами являются пирометаморфические комплексы, или комплексы горелых пород, формирующиеся на ранних этапах крупных фаз орогенных движений в пределах деформируемой периферии предгорных бассейнов. Они характерны для обрамления новейших горных сооружений по всему миру. В Центральной Азии они обнаружены в обрамлении Тянь-Шаня (Джунгарская, Ферганская, Иссык-Кульская впадины), на Памиро-Алае, в Кендерлыкской и Кузнецкой впадинах [21, 22]. В 2006 г. в ходе наших исследований пирогенные комплексы были изучены также в Чуйской межгорной впадине Горного Алтая.

Практика угледобычи давно установила, что угольные пласты в первичном залегании не могут гореть из-за отсутствия притока кислорода. Самопроизвольное возгорание углей происходит лишь при их вскрытии горными выработками или эрозионной сетью в ходе тектонических деформаций территории, приводящих к изменению их положения относительно базиса денудации. Поэтапное вовлечение периферических частей впадин в поднятие в ходе роста горных сооружений является характерной особенностью всех новейших горных областей Центральной Азии, в том числе Алтае-Саянской области [8]. Морфотектонические исследования показывают, что фронт деформаций всегда движется от горных сооружений к впадинам и процесс вовлечения осадков впадин в поднятие проходит в несколько стадий. На первой стадии на некотором отдалении от хребта выдавливаются узкие пластины – форберги, а на последующей вся отделенная ими полоса поднимается, образуя предгорные ступени. При наличии в осадках угольных пластов, последние попадают в зону аэрации и оказываются выше уровня грунтовых вод, они испытывают тектонические напряжения, сопровождаемые дроблением, истиранием и, что очень важно, дегазацией углей, и прорезаются эрозионными ложбинами. Все эти факторы создают предпосылки, необходимые для горения угольных горизонтов и возникновения высокотемпературных пород – паралав и клинкеров [22]. Принципиально важно, что высокотемпературные очаги горения возникают только как немедленный отклик системы на тектоническое событие. После экспозиции угольных пластов они либо возгораются, либо выветривание целиком уничтожает горючую массу угля за сотни–первые тысячи лет. Этот процесс детально изучен в угольной геологии и углехимии и носит название окислительной дезактивации топлива. При недостатке кислорода и малой теплоотдаче этот процесс может переходить в тление, гореть способен только свежий уголь. Именно поэтому датировки пирогенных пород соответствуют начальным фазам конкретных тектонических событий.

Ранее в петрологическом отношении высокотемпературные комплексы угольных пожаров севера Центральной Азии были изучены только в Кендерлыкской впадине горной системы Саура-Тарбагатай, расположенной к западу от Алтая [23]. Возникшие в ходе подземного угольного пожара плавленые породы – базитовые паралавы, хотя и имеют специфический химический состав, настолько похожи на обычные базальтоиды, что нередко описываются как кайнозойские базальтовые излияния [24–25].

В качестве эталонной территории для отработки методики определения возрастных рубежей новейших орогенных событий по продуктам пирометаморфических пре-

образований осадочного протолита была выбрана Кузнецкая впадина, на западной окраине которой сосредоточены крупнейшие в России пирогенные комплексы.

Тектоническая позиция и геоморфология Кузнецкой котловины

Кузнецкая котловина расположена в переходной зоне от Западно-Сибирской равнины к высоким горам юга Сибири. В тектоническом отношении она находится в зоне, отделяющей Западно-Сибирскую платформу от мобильных зон Алтая и Саян. Это промежуточное тектоническое положение накладывает свой отпечаток на развитие геолого-геоморфологической структуры данной территории, по крайней мере, с позднего палеозоя, когда она стала существовать в континентальном режиме. Положение в переходной зоне делает Кузнецкую котловину и в основном соответствующую ей в тектоническом плане Кузнецкую впадину интереснейшими источниками информации по истории геологического развития региона. Особенно важно их значение в изучении позднепалеозойского и мезозойского этапов. Отложения соответствующих возрастов в пределах Западно-Сибирской платформы погребены под многокилометровой толщей осадков, а в пределах мобильных поясов Алтая и Саян они практически полностью уничтожены денудацией в связи с неоднократным поднятием и формированием в их пределах горного рельефа. В Кузнецкой же впадине позднепалеозойские и мезозойские образования слагают обширные пространства, прикрытые маломощным плащом позднекайнозойских осадков. В пределах северной и западной деформированных периферий бассейна даже этот маломощный чехол во многих местах удален в ходе добычи каменного угля открытым способом.

Кузнецкая котловина в геоморфологическом отношении представляет собой всхолмленную расчлененную равнину, окруженную с запада, юга и востока полукольцом низкогорных сооружений Салаира, Горной Шории и Кузнецкого Алатау (рис. 1). Умеренная интенсивность роста горного обрамления в ходе новейшей тектонической активизации обусловила незначительное поступление обломочного материала в пределы впадины, с выносом которого существующая дренажная система успешно справлялась, и котловина являлась в кайнозое, по сути, зоной транзита. Единственным площадным типом кайнозойских отложений котловины, достигающим существенной мощности, являются четвертичные водораздельные лёссовидные суглинки.

Днище Кузнецкой котловины представляет собой расчлененную денудационную равнину, выработанную в позднемеловое–раннепалеогеновое время в верхнепалеозойских осадочных и мезозойских осадочно-вулканогенных умеренно деформированных толщах. Дно котловины пересекает густая сеть долин и балок, разделенных округлыми водораздельными пространствами. В современном рельефе отчетливо выражены в виде локальных возвышенностей устойчивые к денудации геологические образования. Плащ лёссовидного суглинка придает эрозионному рельефу обычно нехарактерный для него сглаженный характер. По краям котловины, подвергшимся подъему и деформации в ходе новейшей тектонической активизации, глубина долин увеличивается, а мощность лёссовидных суглинков, напротив, падает, и рельеф приобретает более резкие очертания. Глубина долин здесь может превышать 100 м. Разделяющие их увалы имеют плоскую поверхность. Благодаря густому заложению эрозионных форм, ширина увалов обычно не превышает 1 км. Современная дренажная сеть образована в эпохи большего, чем сегодня увлажнения. Источником воды для формирования столь грандиозной эрозионной сети, лишь частично используемой современными водотоками, принято считать таяние позднеледниковых ледников горного обрамления территории [26]. Ширина склонов крупных долин достигает 5–10 км, а высота 200 м. Ступенчатость склонов говорит о многоэтапности их формирования. При интенсивном врезании крупные водотоки не тяготеют к областям менее устойчивых пород и местами прорезают наиболее прочные породы чехла Кузнецкой впадины – мезозойские базальтоиды, а также пирогенные клинкеры и брекчии (долины рек Тугай и Калзыгай). На водоразделах данные породы образуют денудационные останцы, при-

чем возвышенности, сложенные мезозойскими базальтами, расположены исключительно в центральных частях впадины, а отпрепарированные комплексы горелых пород тяготеют к западной ее границе.

Геологическое строение и тектоника Кузбасса

Начало систематическому геологическому изучению Кузнецкой котловины как территории, исторически принадлежащей правящей династии, было положено в конце XIX в. работами сотрудников Геологической части Кабинета Его Императорского Величества. После безвозмездной передачи ее в государственную собственность в 1914 г. изучение было продолжено известным специалистом по геологии Донбасса Л.И. Лутугиным и его учениками П.И. Бутовым и В.И. Яворским [27], последнему из которых предстояло стать на многие десятилетия ведущим специалистом по геологии Кузбасса.

Выполняющие Кузнецкую впадину верхнекарбоновые и пермские угленосные осадки суммарной мощностью более 10 км залегают без явного углового несогласия, но со стратиграфическим перерывом и размывом на морских известняках и аргиллитах нижнего карбона. Прогибание, скомпенсированное осадконакоплением, длилось до конца поздней перми. Триас был временем размыва и формирования на отдельных участках континентальных эффузивно-осадочных толщ. В центральной части разреза этого возраста среди осадочных пород вскрываются три пластовых тела базальтов, из которых ниже является силлом, а два верхние – покровами [28]. Водная седиментация в юре и раннем мелу продолжилась на ограниченных площадях. В кайнозое территория уже не являлась осадочным бассейном, и в ее пределах происходило локальное образование аллювиальных, склоновых и, в большей степени, лёссовидных водораздельных отложений.

Уже на ранних этапах изучения района было установлено, что по периферии Кузнецкой впадины ее верхнекарбоновые и пермские осадки еще в раннем мезозое сначала были собраны в сложные складки и затем разбиты системой разрывных нарушений, движения по которым неоднократно возобновлялись в мезозое и кайнозое [29]. В.И. Яворский и П.И. Бутов первыми обратили внимание на то, что от периферии к центру бассейна ослабевают как пликативные, так и дизъюнктивные дислокации, а древние периферические взбросы обновлены в кайнозое и образуют систему ступеней, хорошо выраженную в рельефе местности зон перехода от горного обрамления к впадине. Поскольку по периферии Кузнецкой впадины обнажаются породы нижней части ее чехла, именно они в наибольшей мере подвержены складчатости и разбиты разломами. Присалаирская часть бассейна, особенно в Прокопьевско-Киселевском районе, дислоцирована сильнее всего [30]. В ее пределах широкое распространение имеют сильно сжатые складки, нередко с опрокинутыми к центру впадины крыльями, с частыми разрывами сплошности, взбросами и надвигами. Границы Кузбасса с окружающими горными сооружениями в подавляющем большинстве случаев имеют разломную природу. Все они являются взбросами и надвигами с падением плоскостей сместителей под горные сооружения обрамления. В осевой части бассейна разломы редки, а палеозойские и перекрывающие их триасовые и юрские отложения собраны в широкие синклинали с очень пологими крыльями. В отличие от Донецкого бассейна, Кузбасс не испытывает самостоятельной складчатости, а лишь подвергся горизонтальному давлению соседних складчатых массивов, "...особенно со стороны Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау..." [31].

В геологическом строении Кузбасса, также как и в большинстве крупных межгорных впадин Центральной Азии, запечатлены три основные эпохи орогенеза континентального этапа развития региона. В ходе своей истории он не только играл роль предгорной впадины, сохраняя в своем разрезе летопись горообразования, но и сам подвергался в периферических частях деформациям. При этом бассейн существенно сократился в размерах в связи со складкообразованием и вовлечением в поднятие его

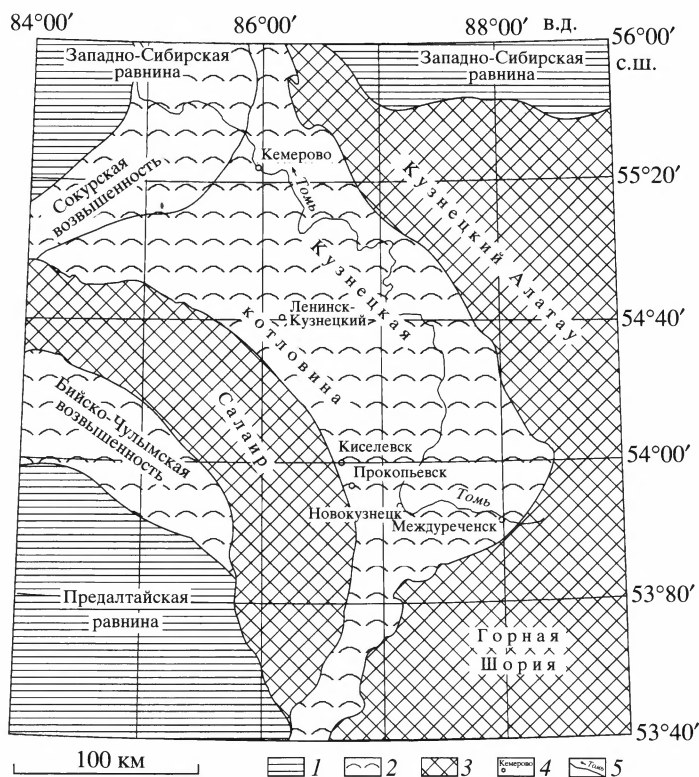


Рис. 1. Положение Кузнецкой впадины в орографической структуре юга Западной Сибири
 1 – равнины, 2 – всхолмленные равнины, 3 – горные области, 4 – главные населенные пункты, 5 – основные водные артерии

периферических частей. В.И. Яворский оценивает сокращение бассейна в субширотном направлении за счет взбросо- и складкообразования (главным образом в Присалаирской зоне) примерно в 21% [26, с. 573].

В настоящее время тектоника отложений, выполняющих Кузнецкую впадину, изучена весьма детально [32]. В разрезе чехла выделяются три структурных этажа, разделенных несогласиями и отличающихся по характеру деформаций. Первый этаж образуют угленосные терригенные отложения позднего карбона–перми и раннего триаса, второй представлен породами юрского возраста и третий – неоген–четвертичными покровными образованиями.

Первый структурный этаж деформирован более всего. Распространение деформаций в пределах бассейна крайне неравномерно. Вдоль западной и северной его границ выделяются зоны интенсивной складчатости и взбросообразования (Присалаирская и Приколывань-Томская), первая из которых составляет до трети ширины бассейна (рис. 2). Эти же районы частично подверглись и новейшей активизации. В силу этого они хорошо выражены в современном рельефе, и именно в их пределах расположена большая часть угледобывающих предприятий и все крупные пирогенные комплексы. К Присалаирской зоне с юго-востока примыкает зона пологих складок, занимающая южную треть осевой части бассейна. В северо-восточной части бассейна отложения первого структурного этажа имеют моноклинальное падение к западу и северо-западу. Хотя в разрезе здесь присутствуют все основные угольные пласты, местные горно-геологические условия не способствуют ни угледобыче, ни развитию угольных пожаров.

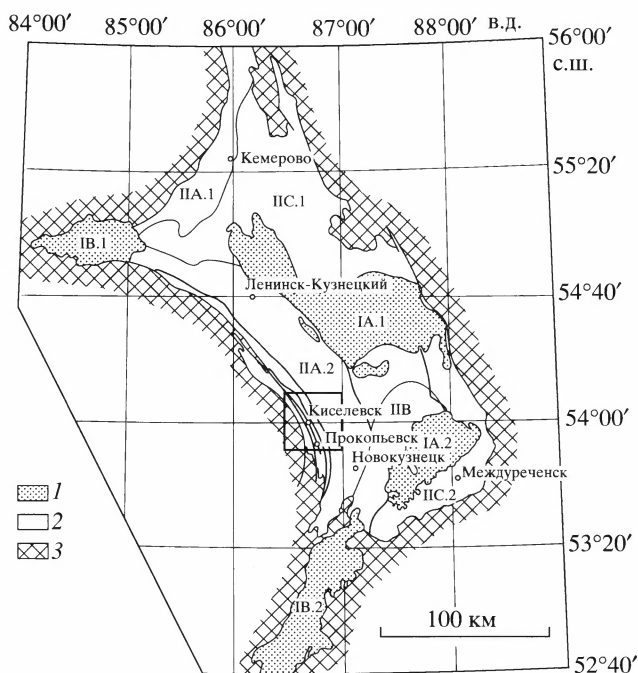


Рис. 2. Тектоническая схема Кузнецкого бассейна (по [32] с изменениями)

Структуры чехла: 1 – мезозойские впадины: А – унаследованные (IA.1 – Чусовито-Бунгарапская, IA.2 – Подобаско-Тутуасская), В – наложенные (IB.1 – Доронинская, IB.2 – Ненинско-Чумышская), 2 – позднепалеозойская впадина: А – зоны линейной складчатости (IIA.1 – Приколывань-Томская, IIA.2 – Присалаирская), В – зона пологих складок (ПВ), С – зона моноклиналей (IIC.1 – северный сектор, IIC.2 – южный сектор); 3 – фундамент.

Квадрат – район детальных исследований (рис. 4).

Отложения второго (юрского) структурного этажа сосредоточены в изолированных впадинах. Из них Подобаско-Тутуасская и Чусовитино-Бунгарапская расположены в осевой, наиболее погруженной части Кузнецкой впадины, где верхнепалеозойские угленосные отложения имеют максимальную мощность и явно унаследованное залегание. Доронинская и Ненинско-Чумышская впадины имеют наложенный характер. Они расположены в северо-западном и юго-западном углах Кузбасса, залегая как на породах горного обрамления, так и на толщах первого структурного этажа.

Первая по счету континентальная орогенная эпоха рассматриваемого района охватывает пермское и триасовое время. В перми происходил рост горных сооружений обрамления, сопровождавшийся постепенным компенсированным прогибанием бассейна. В триасе (на завершающих этапах этой эпохи) периферия бассейна впервые подверглась подъему и размыву. Вторая эпоха орогенеза имела место в юрский период, когда интенсивные деформации охватили практически всю периферию бассейна на значительную ширину, а накопление континентальной молассы происходило только в осевой его части. Последняя – новейшая – эпоха орогенеза длится в течение всего кайнозоя. В связи с формированием высоких горных сооружений новейшего времени к югу от бассейна и Горной Шории, бассейн в кайнозой уже не являлся предгорной впадиной и областью накопления молассовых толщ. В новейшее время лишь его периферические части вновь оказались вовлечены в воздымание, сопровождавшееся формированием характерных предгорных ступеней.

В ходе своей геологической истории Кузнецкий бассейн трижды переживал эпохи орогенеза (более или менее синхронно со всей Центральной Азией). В раннетриасовое, позднеюрско–раннемеловое и неоген–четвертичное время пермо–карбоновые угленосные осадки в ходе поднятия по окраинам бассейна неизбежно должны были попадать в зону аэрации, что должно было сопровождаться их возгоранием сразу во многих точках. Можно предполагать, что условия для формирования пирометаморфических комплексов в деформированных частях бассейна (в особенности в Присалаирской части) должны были возникать за это время, как минимум, трижды. Поэтому данный район является перспективным для поиска докайнозойских погребенных пирогенных комплексов, пока нигде в мире не известных. Но учитывая последовательное сокращение площади бассейна в ходе орогенных эпох, вероятность сохранности вблизи современной поверхности постпермских и постюрских пирогенных комплексов представляется крайне низкой. На подобные находки можно рассчитывать только в остаточных мульдах за пределами основной площади бассейна.

Геологическое строение и геоморфология Присалаирской зоны

В ландшафте наиболее деформированной как древними, так и новейшими деформациями части бассейна – Присалаирской зоны (Прокопьевско-Киселевский район) отчетливо проявляется пространственная и генетическая связь между процессами развития геологического основания, геоморфологической эволюцией территории и событиями пирометаморфизма. В позднепалеозойскую орогенную эпоху в этой зоне произошло вдавливание Салаирского блока в пределы Кузнецкой впадины, сопровождавшееся сминанием угленосных осадков в узкие, часто запрокинутые складки, и формирование системы взбросов, осложняющих складчатую структуру и имеющих простирающие плоскости сместителей аналогичное простираанию осей складок (рис. 3). В эпоху кайнозойского орогенеза произошло обновление краевых взбросов разломной системы с формированием трех протяженных субмеридионально ориентированных ступеней, высота которых колеблется в интервале между горными сооружениями Салаира и равниной Кузнецкой впадины. Абсолютные высоты ступеней меняются по их простираению, но перепады высот между ступенями в каждом конкретном сечении относительно постоянны. Верхняя ступень сложена преимущественно раннекарбоновыми породами фундамента Кузнецкой впадины. Тектонические деформации обусловили выход на поверхность в пределах нижней и средней ступеней нижней части разреза чехла впадины, которая содержит наиболее мощные угольные пласты. Поэтому пространственно эти ступени совпадают с Прокопьевско-Киселевским районом угледобычи.

Верхняя (третья) ступень является частью Салаирского кряжа. Она возвышается над второй ступенью, переходной к Кузнецкой впадине примерно на 80 м, отделяясь от нее отчетливым уступом, известным в местной топонимике под именем “Тырган”. Он связан с разломом, испытавшим обновление в новейшее время и носящим название “Тырганский взброс”. Слагающие ступень породы относительно однородны по степени устойчивости к денудации, благодаря чему она имеет вид ничем не примечательного слабо всхолмленного плато, изрезанного поперечными логами. Абсолютные высоты земной поверхности в пределах Тыргана составляют 440–460 м, а к востоку понижаются до 320–350 м.

Примыкающая к Тыргану средняя (вторая) ступень, переходная к Кузнецкой впадине и отделенная от нее “Афонинско-Киселевским взбросом”, и нижняя (первая) ступень, отделенная от основной части впадины Киселевским взбросом, напротив, имеют весьма необычную морфологию, обусловленную резко неоднородными физическими свойствами слагающих их пород, т. к. незатронутые пожаром осадки легко разрушаются, а горельники – напротив весьма устойчивы к денудации, то рельеф здесь представлен протяженными субпараллельными грядами холмов и грив, целиком сложенных высокотемпературными горелыми породами. В долинах рек и ручьев они обры-

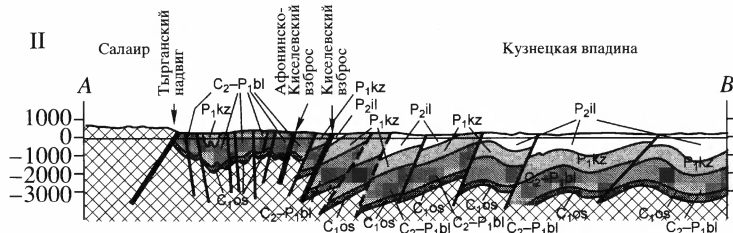
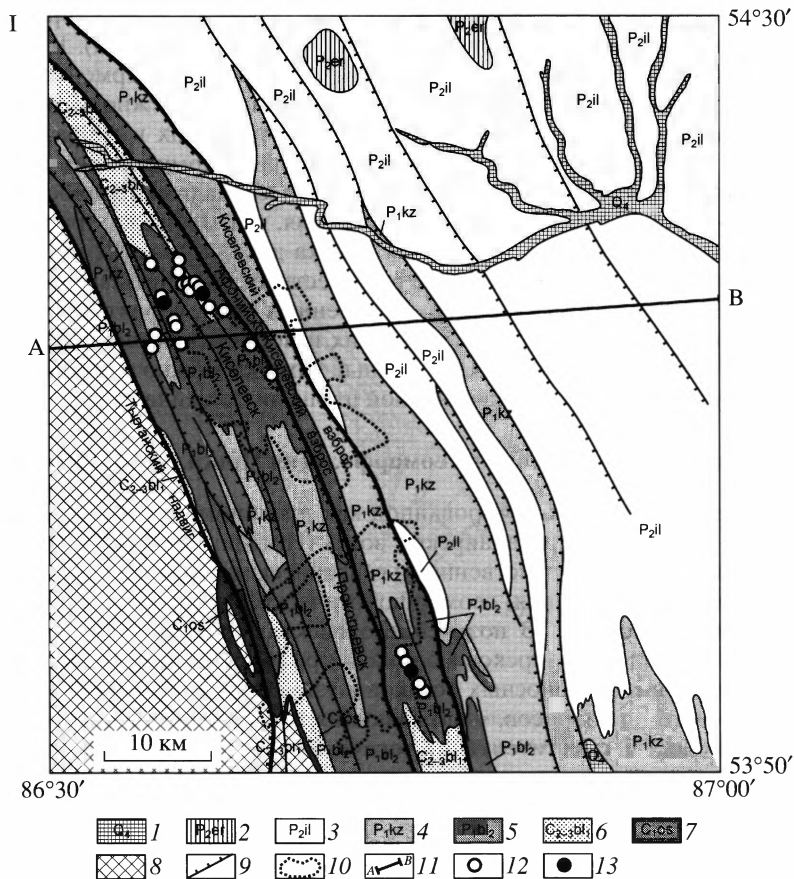


Рис. 3. Геологическая схема Прокопьевско-Киселевского района Присалаирской зоны деформаций с вынесенными точками наблюдения пирометаморфических комплексов (I). Геологический разрез по линии А-В (II, по данным среднемасштабной геологической съемки)

1 – аллювиальные отложения речных долин; пермские отложения – подсерии: 2 – ерунаковская, 3 – ильинская, 4 – кузнецкая, 5 – верхнебалахонская; карбоновые: 6 – нижебалахонская подсерия, 7 – острогская свита; 8 – породы фундамента Кузнецкой впадины; 9 – главные разрывные нарушения; 10 – застроенная территория населенных пунктов; 11 – линия разреза; точки: 12 – наблюдения, 13 – отбора проб на абсолютное датирование

ваются, образуя живописные скалы. Многие сопки и гряды горельников имеют собственные названия: Долгий Камень, Черкасский Камень, Тайбинские горы, Соколиные горы (рис. 4), горы Глядень и Караул. Как правило, независимо от элементов залегания угленосной толщ, эти холмы имеют крутые и обрывистые южный и западный склоны.

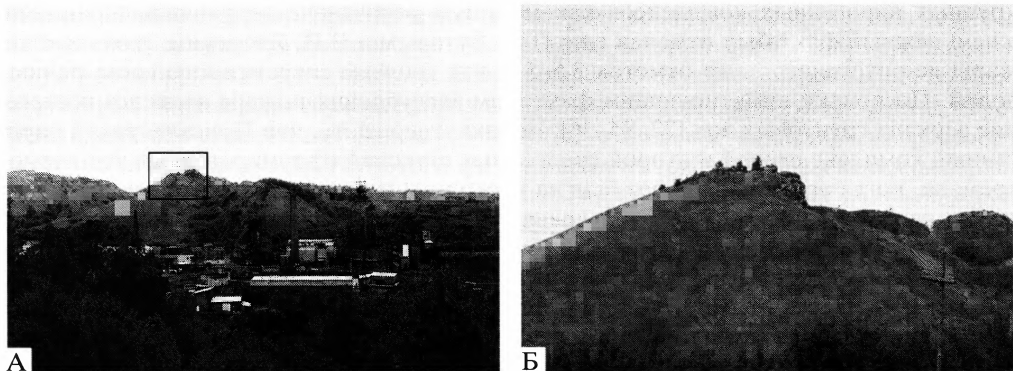


Рис. 4. Соколиные горы – гряда современного рельефа, возникшая в ходе препарировки устойчивого к денудации горизонта пирометаморфических пород

А – панорама южных склонов с правобережья р. Тайбы; на переднем плане здания разреза “Киселевский”; азимут простираения гряды 330°. Б – увеличенный фрагмент фото А – крупный план куэстообразной сопки Яворского (западная сопка Соколиных гор); ее характерная форма обусловлена наличием пологопадающего к западу горизонта остеклованных клинкеров

Ширина Присалаирского комплекса, включающего первую и вторую ступени, достигает 5–6 км, а общая его протяженность – 45–50 км. Ориентировка гряд на поверхности ступеней целиком задается залеганием выгоревших угольных пластов. В субширотном направлении эту территорию дренируют притоки реки Абы (бассейн Томи), их междуречные пространства имеют вид вытянутых увалов. Продольные профили долин плохо выработанные, повсеместно проявлен донный размыв, и встречаются порожистые участки. Поперечные профили основных долин корытообразные, в долинах развиты две цокольные террасы – 8 и 15 м над урезом воды. Поперечные профили боковых притоков V-образные. Речная сеть имеет решетчатый плановый рисунок, что обусловлено заложением водотоков по двум основным направлениям: северо-восточному (в соответствии с основным уклоном местности в направлении от Салаира к Кузнецкой впадине) и юго-восточному (совпадающему с простираением осей складок и разрывных нарушений). Характер врезания долин однозначно указывает на относительно недавнее (ориентировочно – среднечетвертичное) поднятие территории вдоль границы с центральной частью Кузнецкой впадины. Вторая ступень была вовлечена в деформации раньше, чем первая (вероятно в раннечетвертичное время), поскольку Тырганский уступ в значительной степени изменен процессами денудации, а первая и вторая надпойменные террасы пересекают его.

Над поверхностью плоских междуречных пространств гряды “горелых сопок” возвышаются на 60–80 м, редко на 120 м [33]. До начала массовой карьерной добычи каменных углей Прокопьевско-Киселевского района, отдельные гряды горелых пород непрерывно протягивались на 3–5 км [27]. В XX в. рельеф этой местности был радикально преобразован угледобычей, часть гряд скрыта, но и сегодня протяженность непрерывных полос пирометаморфических пород достигает здесь 1.5 км. Во второй половине XX в. к горелым сопкам добавилась еще одна категория форм рельефа, лежащих с ними на одной линии. Это провалы, представляющие собой рвы и воронки шириной до 40 м и глубиной до 15 м, располагающиеся рядами на месте выработанных участков невыгоревших угольных пластов.

Хотя современные угольные пожары в этом районе возникают регулярно, их масштабы не идут ни в какое сравнение с грандиозными пожарами древности. Комплексы горелых сопок, судя по высокой степени их препарировки денудацией, темпы которой в данной местности невелики, представляют собой достаточно древние образования. Судя по перекрытию их лёссовидными суглинками, возраст формирования

крупных пирогенных комплексов как минимум допозднечетвертичный. Принципиально важный факт был отмечен еще П.И. Бутовым и В.И. Яворским: угольные пожары не опускались ниже отметок 3,5–5 м над уровнем современного вреза речных долин. Поскольку лимитирующим фактором заглубления пожара является положение зеркала грунтовых вод [22, 34–36], можно утверждать, что Присалаирский пирогенный комплекс первой и второй предгорных ступеней сформировался в тот период времени, когда эрозионный врез был на несколько метров выше современного. Еще одним свидетельством достаточно древнего возраста этих пожаров является мощность и характер делювиальных отложений, перебивающих разрезы горелых пород. В логах между “горелыми” сопками обычны пролювиальные отложения мощностью до 6 м, в составе которых преобладают фрагменты слабо прокаленных метапелитов и тонкодисперсный материал их гипергенного преобразования. Отложения этого типа легко распознаются по специфическому цвету – рыжему или розовому – типичному для приповерхностных горельников, возникающих в условиях свободного доступа кислорода. Резонно предполагать связь крупных пожаров с начальными стадиями самостоятельных этапов неотектонической активизации на западной окраине бассейна, когда в зону аэрации выводились свежие угольные пласты. Этот процесс неизбежно сопровождался дроблением углей, их дегазацией, спонтанными выбросами метана, взрывами и возгораниями. Если возгорания углей не происходили немедленно вслед за их экспозицией, они быстро (в геологических масштабах времен – мгновенно) подвергались выветриванию, и с ними уже не могли быть связаны крупные пожары. Таким образом, предложенный нами подход к датированию новейших тектонических событий, легко может быть проверен “на прочность”. В случае правомочности предложенного подхода, абсолютные датировки пирогенных плавленых пород из пространственно разобщенных фокусов возгораний должны образовывать несколько компактных групп, в зависимости от тектонической позиции горельника.

Пирометаморфические комплексы Присалаирской зоны

В Кузбассе пирогенные породы распространены чрезвычайно широко и имеют столь характерный облик, что были правильно диагностированы уже первыми исследователями этого района [27]. Судя по масштабам пирогенных комплексов, максимальной интенсивности древние пожары достигли в Присалаирской полосе дислоцированных угленосных отложений балахонской серии. С продвижением к центру бассейна – области распространения верхнепермских и юрских угленосных толщ – распространенность пирогенных комплексов резко снижается, возгорания углей происходили здесь преимущественно в бортах речных долин. Такова, в частности, природа череды обнажений горельников в правом борту р. Томи в окрестностях г. Новокузнецка, на правом берегу р. Ини у деревни Коновалово, в долине р. Чесноковки. В ходе полевых работ 2005–06 гг. авторами были обследованы 22 участка развития горелых пород в центре Кузбасса, а также на его западной и южной окраинах. Комплексы подразделяются на три группы: молодые, древние и промежуточного возраста, различающиеся также по соотношению с рельефом и петрографическому составу. Возгорания, связанные с деятельностью человека, и современные пожары в этом ряду не рассматриваются, отметим лишь, что они менее масштабны и по интенсивности преобразования они относятся к наиболее молодой низкотемпературной группе.

Молодые пирогенные комплексы имеют очаговый характер, площади их развития варьируют от нескольких десятков до нескольких сот квадратных метров, мощность – от 3 до 20 м. Располагаются преимущественно в бортах речных долин, ограничены в своем распространении на глубину уровнем 1-й речной террасы, локализованы среди пологопадающих осадочных толщ. Хорошо распознаются по характерному ярк-красному цвету, обусловленному пропиткой пород тонкодисперсным гематитом. Последнее обстоятельство указывает на воспламенение в зоне свободной аэрации. Во вмещающем их разрезе сохраняются вышележащие и подстилающие горелый гори-

зонт осадочные породы. Преобладают легко разрушающиеся пирогенные породы слабой степени преобразования (так называемые желтый и розовый горельники). Структуры обрушения и связанные с ними плавленые породы локальны или вообще отсутствуют. Фрагменты горелых пород обильны в делювиальных отложениях, перекрывающих эти комплексы. Однако, глинистые отложения характерного розового цвета, возникающие в ходе глубокого физико-химического преобразования материала горельников, в данном случае отсутствуют. Разрез перекрывается маломощными горизонтами бурых суглинков (до 0.3 м) и современными почвами. Молодые комплексы не выражены в современном рельефе. Они наиболее характерны для областей распространения слабодислоцированных верхнепермских и юрских отложений центральной части бассейна, в отдельных точках отмечены на его юго-западной окраине.

Комплексы промежуточного возраста занимают площади в тысячи квадратных метров, отпрепарированы денудацией, образуют самостоятельные ландшафтные элементы (сопки или гряды холмов). Верхние горизонты пирогенных пород (желтый и розовый горельники), а также угленосные осадки окружения полностью удалены эрозией и денудацией. Преобладают породы средней степени термического преобразования – клинкеры, сохраняющие текстурный рисунок протолита, их мощность составляет 5–15 м. Глубина зоны выветривания достигает 6 м. Ниже обычны многочисленные очаги высокотемпературных возгораний с брекчиями обрушения и плавлеными породами. Делювий содержит многочисленные фрагменты горелых пород. В логах между грядами горельников существуют отдельные участки развития розовых глин, представляющих собой переотложенные продукты химического выветривания клинкеров. Пирогенные породы нередко перекрыты бурыми покровными суглинками мощностью до 3–5 м и современными почвами. Подобные комплексы слагают Абинские сопки в г. Прокопьевске и обнажаются в излучине р. Кондома близ деревни Малиновка.

Древние пирогенные комплексы формируют наиболее характерные формы рельефа в Прокопьевско-Киселевском районе Присалаирской зоны – субпараллельные гряды и цепочки сопок, сложенные отпрепарированными денудацией горельниками, которые непрерывно простираются на 0.5–1.5 км при ширине 50–70 м. Пирогенные породы представлены исключительно высокотемпературными разностями, преобладают брекчии обрушения и взрыва, широко распространены продукты полного или частичного плавления протолита. В логах, разделяющих сопки, развит делювий из горелых пород мощностью до 3–6 м. Значительная часть материала горельников полностью преобразована процессами выветривания и превращена в характерную розовую глину.

Основное внимание авторами уделялось изучению площадей высокотемпературных и глубоко эродированных пирогенных пород, поскольку именно они перспективны для поиска очагов древних возгораний, инициированных неотектонической активизацией. К этой категории, в первую очередь, относятся мощные горизонты горельников Прокопьевско-Киселевского района, сосредоточенные в пределах блока, отсеченного поперечными разломами, совпадающими с долинами рек Тугай и Калзыгай. Серия субпараллельных региональных разломов прослеживается здесь в направлении, согласном с общим простиранием пород. Два из них – Тырганский и Киселевский взбросы – ограничивают этот блок с запада и востока. Мелкие опоряющие разломы ориентированы к ним субперпендикулярно и осложняют общий структурный рисунок. Прямые геологические наблюдения и GPS-съемка позволили установить непосредственную приуроченность большинства крупных возгораний (как современных, так и древних) к зонам субмеридиональных разломов. Таков, в частности, тектонический блок, расположенный между Соколиными горами на востоке и деревней Октябрька на западе, где сосредоточены четыре наиболее крупные и протяженные гряды высокотемпературных пирометаморфических пород. По петрологическим реконструкциям температуры здешних пожаров превышали 1000° С. Это обеспечило

условия для возникновения устойчивых к денудации мощных горизонтов плотно спеченных и оплавленных клинкеров и брекчий.

В целом, в изученной полосе при сохранении общего простираания пирогенных пород, области выгорания угольных пластов расположены пятнами. Угли могли выгорать как непрерывно на расстоянии 1–3 км, так и очагами – на площади не более нескольких сот квадратных метров. Нередко из двух смежных угольных пластов выгорал только один [27, 37]. Так, в частности, сопоставление данных 1916–20 гг. и наблюдений 2005–06 гг. позволяет утверждать, что на одной из сопок Соколиных гор уже в XX в. произошло возгорание угольного пласта (не уничтоженного ранее древним пожаром) с формированием низкотемпературного пирогенного комплекса. Подобные ситуации в Присалаирской зоне не редкость, и продукты современных подземных пожаров регулярно приходится наблюдать в зонах развития древних горельников). Мы объясняем это разницей в газонасыщенности отдельных угольных пластов, которая играет ключевую роль при их возгорании.

При выгорании крупных скоплений угля (ядра антиклиналей или пласты повышенной мощности) обычно возникали так называемые “карманы”. Породы кровли над выгоревшими участками могли обрушаться непосредственно в процессе пожара. К аналогичным последствиям приводили взрывы газо-угольной смеси. Поэтому пирогенные брекчии, сложенные фрагментами клинкеров, спеченными между собою или сцементированными паралавами, распространены здесь повсеместно. Пустоты, образовавшиеся в результате взрывов метана, выделяющегося из угольных пластов, и при выгорании последних вследствие обрушения сводов, не всегда полностью заполнялись обрушившейся породой. Нередко там накапливались грунтовые воды, которые при проходке аварийно прорывались в забой вместе с фрагментами горельников [37].

Пожары неизменно распространялись от кровли к подошве угольного пласта, что определялось режимом поступления кислорода в зону горения. Неоднократно приходилось наблюдать расположение высокотемпературных оплавленных пород над преобразованными угленосными осадками, лежащими в основании холмов. Эта характерная особенность взаимоотношений пирогенных пород и протолита, отмеченная для десятков угольных пожаров по всему миру, сохраняется и в Кузбассе [22, 27].

Таким образом, строение пирогенных комплексов Присалаирской зоны Кузбасса типично для метаморфических образований этого рода и характеризуются четкой вертикальной зональностью. Клинкеры умеренной степени преобразования венчают современный разрез и перекрывают наиболее высокотемпературные породы, возникшие в заглубленных очагах. Очаговую зону неизменно слагают брекчии обрушения и взрыва нескольких морфологических и вещественных типов. Обломочный материал брекчий представлен почти исключительно клинкерами, возникшими по песчаникам и аргиллитам (алевролитам). Размер фрагментов варьирует от 5–10 см до 50–70 см. Клинкеры остеклованные, фарфоровидные, иногда со следами оплывания и пластических деформаций, что указывает на значительную степень плавления вещества и свидетельствует об их преобразовании при температуре, превышавшей 1000°C [22, 38]. При наличии в исходном разрезе сидеритов локально возникают плавленные породы – обогащенные железом паралавы, цементирующие фрагменты клинкеров. В участках наиболее высоких температур формируются кордиеритовые паралавы с отчетливыми “теневыми” структурами ассимиляции фрагментов метапелитовых пород. Иногда роль связующего материала в пирогенных брекчиях играют шлаки, возникшие при частичном плавлении песчаников с карбонатным цементом. Однако чаще всего приходится наблюдать прочно сваренные между собой в монолит фрагменты самих клинкеров. Нижние контакты горельников с угленосными осадками в обнажениях удалось наблюдать только дважды. Горельники располагаются непосредственно над сохранившимся угольным пластом, который только в самой верхней своей части (30–60 см) несет следы термических преобразований (выглядит более плотным и имеет более яркий блеск). Ниже этого уровня видимых следов термического воздействия не наблюдается.

Рассмотрение геологического строения территории Алтае-Саянской горной области показывает, что в ее пределах реализовывался классический сценарий геологических событий, приводящий в итоге к возникновению масштабных пирогенных комплексов: дифференциация рельефа с формированием низкогорных сооружений, разделенных бассейнами водной седиментации, – замедление процесса роста гор и формирование мощных угленосных толщ во впадинах – резкое усиление роста гор – осушение бассейнов – вовлечение угленосных моласс в поднятие – возгорание угольных пластов – формирование пирогенных комплексов.

В силу контрастности реологических характеристик территории Центральной Азии (наличия жестких блоков основания, разделенных дефрагментированными мобильными зонами) каждому событию регионального сжатия отвечал этап роста горных сооружений. Горы формировались в пределах мобильных зон в результате сближения блоков обрамления. На континентальном этапе развития данной территории горные системы формировались здесь трижды – в позднем палеозое, юре и кайнозое. В разрезах современных впадин описаны пермо–карбоновые, юрские и неогеновые угли. В ходе новейшей активизации все они могут вовлекаться в воздымание и возгораться с формированием пирогенных комплексов. В позднем кайнозое в Кузнецком бассейне горели преимущественно верхнепалеозойские угли, а в Чуйской впадине Горного Алтая неогеновые. Грандиозные пирогенные комплексы Джунгарии созданы пожарами юрских углей.

Вертикальная мощность разрезов пирогенных комплексов обычно не превышает 100 м. Поэтому сохранность комплексов позднепермского и позднеюрского возраста от денудации возможна только при достаточно редком сочетании геологических условий, которые бы обеспечили их захоронение на фоне общего воздымания территории. В частности, это возможно при захоронении пирогенного комплекса под всеячим крылом надвига. До сих пор такие комплексы в Центральной Азии не выявлены, но по аналогии с позднекайнозойскими пирометаморфическими комплексами они неизбежно должны были формироваться и обнаружение их продуктов хотя бы в переотложенном виде является только вопросом времени. Кайнозойские пирометаморфические комплексы проявлены практически на границах всех крупных новейших горных сооружений региона.

Проведенные исследования выявили достаточно распространенную группу пород, пригодную для датирования методами абсолютной геохронологии; ее формирование генетически связано с процессами внутриконтинентального горообразования в пределах мобильных зон. Геохронологические исследования данных пород позволят в ближайшем будущем существенно уточнить и дополнить историю развития рельефа Алтае-Саянской горной области на новейшем этапе. Учитывая широкое распространение пирогенных комплексов также и в Тянь-Шане, можно надеяться, что со временем мы сможем получить изотопные датировки начала крупных стадий новейших деформаций всей Центральной Азии [39, 40]. Начало этому уже положено. Геохронологическими лабораториями ИГМ СО РАН (к.г.-м.н. Травин А.В) и ИГЕМ (к.г.-м.н. Лебедев В.А.) были получены согласующиеся между собой оценки изотопного возраста ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и $\text{K}/^{40}\text{Ar}$ определения) плавленых пирогенных пород.

Все продатированные образцы были отобраны в пределах системы активизированных в новейшее время линейных блоков, расположенных на границе Салаира и Кузбасса. Полученные даты фиксируют этапы распространения фронта новейших деформаций от горных сооружений Салаира к Кузнецкой впадине. Более древнюю группу (1.216 ± 0.441 млн. л. ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$); 1.7 ± 0.2 млн. л. и 1.8 ± 0.2 млн. л. ($\text{K}/^{40}\text{Ar}$) образуют даты, полученные для образцов из блока, ограниченного Тырганским надвигом и Афонинско-Киселевским взбросом (вторая ступень). Вторую, более молодую группу образуют горельники, сосредоточенные восточнее – в пределах блока между Афонинско-Киселевским и Киселевским взбросами (первая ступень), для которых получе-

ны изотопные датировки 0.193 ± 0.262 млн. л. ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) и 0.48 ± 0.11 млн. л. ($\text{K}/^{40}\text{Ar}$). Даты, полученные разными методами, в целом согласуются между собой, в природе некоторого расхождения результатов еще предстоит разобраться. Методическая база подхода к этим определениям должна быть целиком идентична работе с четвертичными базальтоидами [41]. Полученные даты являются первыми изотопными датировками крупных этапов новейшей активизации для западной части Алтае-Саянской области. Они доказывают, что ее северная периферия была впервые вовлечена в интенсивное новейшее воздымание лишь на рубеже неогена и четвертичного периода и что в среднем плейстоцене имел место соизмеримый по интенсивности эпизод активизации. Следует отметить, что, несмотря на крайнюю трудоемкость отбора и подготовки образцов, мы надеемся в ближайшем будущем охарактеризовать изотопными датировками неотектонические границы горных сооружений региона везде, где это возможно, и установить хронологические рамки основных этапов и тенденции развития новейшей активизации сначала Алтае-Саянской горной области, а затем и всего Центральноазиатского горного пояса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Molnar P., England P. Late Cenozoic uplift of mountain ranges and global climatic changes: Chicken or egg? // *Nature*. 1990. V. 346. P. 29–34.
2. Hodges K.V. Geochronology and Thermochronology in Orogenic Systems // *Treatise in Geochemistry*. 2003. P. 263–292.
3. Обручев В.А. Геология Сибири. Т. II. Средний и верхний палеозой. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1936. С. 368–780.
4. Адаменко О.М., Девяткин Е.В., Стрелков С.А. Алтай // История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока (Алтае-Саянская горная область). М.: Наука, 1969. С. 54–120.
5. Добрецов Н.Л., Берзин Н.А., Буслов М.М., Ермиков В.Д. Общие проблемы эволюции Алтайского региона и взаимоотношения между строением фундамента и развитием неотектонической структуры // *Геология и геофизика*. 1995. Т. 36. № 10. С. 5–19.
6. Копп М.Л. Структуры латерального выжимания в Альпийско-Гималайском коллизиином поясе. М.: Науч. мир, 1997. 314 с.
7. Трифонов В.Г. Неотектоника Евразии. М.: Науч. мир, 1999. 252 с.
8. Новиков И.С. Морфотектоника Алтая. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал ГЕО, 2004. 313 с.
9. Геологические формации Монголии / А.Б. Дергунов, В.И. Коваленко. М.: Шаг, 1995. 179 с.
10. Яворский В.И. Географическое положение Кузнецкого бассейна и общие сведения о нем // *Очерки по геологии Кузнецкого и Донецкого бассейнов*. Л.: Геолтехиздат, 1970. С. 55–93.
11. Hendrix M.S., Graham S.A., Amory J.Y., Badarch G. Noyon Uul syncline, southern Mongolia: Lower Mesozoic sedimentary record of the tectonic amalgamation of central Asia // *Geol Soc Amer Bull*. 1996. V. 108. Iss. 10. P. 1256–1274.
12. Шувалов В.Ф. Мезозойские отложения юго-восточной части Монгольского Алтая // *Геология мезозоя и кайнозоя Западной Монголии*. М.: Наука, 1970. С. 7–19.
13. Боголепов К.В. Мезозойская тектоника Сибири. М.: Наука, 1967. 328 с.
14. Адаменко О.М. Мезозой и кайнозой Степного Алтая. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 168 с.
15. Башарина Н.П. Мезозойские впадины Алтае-Саянской и Казахской складчатых областей. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. 124 с.
16. Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П. О рифтогенно-сдвиговой природе позднепалеозойских–раннемезозойских гранитоидов Алтая // *Докл. РАН*. 1996. Т. 350. № 1. С. 83–86.
17. Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П. и др. Позднепалеозойский–раннемезозойский гранитоидный магматизм Алтая // *Геология и геофизика*. 1997. Т. 38. № 4. С. 715–729.
18. Девяткин Е.В. Геология кайнозоя Западной Монголии // *Геология мезозоя и кайнозоя Западной Монголии*. М.: Наука, 1970. С. 44–102.
19. Девяткин Е.В. Кайнозойские отложения и неотектоника Юго-Восточного Алтая. М.: Наука, 1965. 244 с.
20. Ярмолюк В.В., Иванов В.Г., Коваленко В.И. Динамика формирования и магматизм позднемезозойско–кайнозойской Южно-Хангайской горячей точки мантии (Монголия) // *Геотектоника*. 1994. № 5. С. 28–45.
21. Саидов М.Н. Мезо–кайнозойские континентальные отложения Джунгарской впадины // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1956. № 10. С. 85–97.
22. Пирогенный метаморфизм / Э.В. Сокол, Н.В. Максимова, Е.Н. Нигматулина и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал ГЕО, 2005. 284 с.

23. Калугин И.А., Третьяков Г.А., Бобров В.А. Железородные базальты в горелых породах Восточного Казахстана. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 80 с.
24. Кузубный В.С., Шевченко Н.Я., Ерофеев В.С. и др. Кайнозойские базальты Зайсанской складчатой области // Пробл. магматич. геологии Зайсанской складчатой области. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1981. С. 89–104.
25. Геология и металлогения Юго-Западного Алтая (в пределах территории Казахстана и Китая) / Беспавев Х.А., Полянский Н.В., Ганженко Г.Д. и др. Алматы: Гылым, 1997. 288 с.
26. Геология СССР. Т. XIV. Ч. I. Геологическое описание / В.И. Яворский. М.–Л: Геолтехиздат, 1948. 708 с.
27. Бутов П.И., Яворский В.И. Материалы для геологии Кузнецкого каменноугольного бассейна // М-лы по общ. и прикл. геологии. Петербург: Геолком, 1922. Вып. 48. 88 с.
28. Кутолин В.А. Трапповая формация Кузбасса. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР: 1963. 118 с.
29. Яворский В.И., Бутов П.И. Кузнецкий каменноугольный бассейн // Тр. геолкома. Нов. сер. Л.: Изд-во геолкома, 1927. Вып. 177. 224 с.
30. Пригоровский М.М. Геологические исследования и палеогеографический анализ при разведках угленосных районов СССР. М.: Углетехиздат, 1948. 134 с.
31. Коровин М.К. Историческая геология. М.: Госгеоллиздат, 1941. 487с.
32. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 7. Кузнецкий, Горловский бассейны и другие угольные месторождения Западной Сибири / В.И. Яворский. М.: Недра, 1969. 912 с.
33. Крупенинников Б.С. Прокопьевский и Киселевско-Афонинский районы // Полезные ископаемые Зап. Сиб. края. Т. III. Угли. Новосибирск: ОГИЗ, 1935. С. 297–325.
34. Heffern E.L., Coates D.A. Geological history of natural coal-bed fires, Powder River basin, USA // International Journal of Coal Geology. 2004. V. 59. P. 25–47.
35. Эйхвальд Э.И. Об открытиях месторождений каменного угля и графита и о подземных пожарах по Нижней Тунгуске и Таймыру // Горный журнал. 1864. Кн. 3. № 7. С. 117–153.
36. Cosca M.A., Essene E.J., Geissman J.W. et al. Pyrometamorphic rocks associated with naturally burned coal beds, Powder River Basin, Wyoming // Amer. Miner. 1989. V. 74. P. 85–100.
37. Яворский В.И., Радугина Л.В. Каменноугольные пожары в Кузнецком бассейне и связанные с ними явления // Горный журнал. 1932. № 10. С. 55–59.
38. Bendor Y.K. Combustion metamorphic glasses // Jour. Non-Cryst. Solids. 1984. V. 67. P. 433–448.
39. Novikov I.S., Sokol E.V. Combustion metamorphic events as age markers of orogenic movements in Central Asia // Acta Petrologica Sinica. 2007. V. 23. № 7. P. 1561–1572.
40. Асияков И.С., Сокол Э.В., Травин А.В., Новикова С.А. Пирометаморфические индикаторы кайнозойских орогенных движений: минералогические и геохронологические аспекты на примере зоны перехода от Салаира к Кузбассу // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 6. С. 503–526.
41. Чернышев И.В., Лебедев В.А., Акарелянц М.М. К/Аг датирование четвертичных вулканитов: методология и интерпретация результатов // Петрология. 2006. Т. 14. № 1. С. 69–89.

ИГиМ СО РАН, Новосибирск

Поступила в редакцию
10.08.2007

GEOCHRONOMETRY OF CENOZOIC OROGENY IN THE ALTAI-SAYAN REGION BY PYROMETAMORPHIC COMPLEXES: A GEOLOGIC FOUNDATION

I.S. NOVIKOV, E.V. SOKOL

S u m m a r y

Melted pyrogenic rocks – paralavas – are analogous to magmas regarding their certain mineralogical and geochemical characteristics. Present methods of volcanic rocks radiometric dating may be used for the absolute dating of coal fires. Petrologic study of pyrometamorphic complexes was fulfilled in the Prokop'evsky-Kiselevsky region of Kuzbass; some rock groups were shown to be applicable for such dating. First radiometric datings were obtained: older group – 1.22 ± 0.44 Ma (40Ar/39Ar) and 1.8 ± 0.2 (K/40Ar) – is represented by rocks from the block between the Tyrgansky thrust and Afonin-Kiselevsky overlap fault. Another, younger group – 0.19 ± 0.26 Ma (40Ar/39Ar) and 0.48 ± 0.11 Ma (K/40Ar) – consists of paralavas from the more eastern block between Afonin-Kiselevsky and Kiselevsky overlap faults. These datings correspond to main stages of neotectonic activation of the boundary between the Salair and Kuznetsk basin because the coal fires were contemporised to the uplifts of the territory and to the putting the coal into the zone of aeration.