

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ И АНТРАЦИТОВ В УГЛЕНОСНЫХ ФОРМАЦИЯХ ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЗОЯ

С.Г. Баланчивадзе

Геологический институт РАН

119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7

Поступила в редакцию 31 октября 2006 г.

Основными объектами исследований явились угленосные формации верхнего палеозоя. Выявлены закономерности метаморфизма углей, проведен анализ распространения коксующихся углей и антрацитов на площадях Донецкого, Кузнецкого, Тунгусского, Печорского, Астурийского (Кантабрийского), Боуэнского (Новый Южный Уэльс) бассейнов, а также среднекаменноугольных месторождений Северного Кавказа – Мамолабинского, Большелабинского, Толстобугорского, Кяфар-Богословского и Марух-Аксаутского. Рассмотрено влияние тепловых потоков и особенностей петрографического состава на повышение степени метаморфизма углей. Даны рекомендации по выявлению перспективных площадей с особо дефицитными марками углей.

Ключевые слова: *верхний палеозой, угольные бассейны, метаморфизм, тепловые потоки, петрографический состав, марка угля.*

THE DISTRIBUTION PECULIARITY OF COKING COAL AND ANTHRACITE IN UPPER PALEOZOIC COAL FORMATIONS

S.G. Balanchivadze

Geological Institute of RAS

The Upper Paleozoic coal bearing formations are the main object for these investigations. The main rules of coal seams metamorphism was identified, the petrographic composition, and locality of coking coal and anthracite of Donetsk, Kouznetsk, Tounquska, Pechoran, Asturian (Cantabrian), Boyen (New South Wels) coal basins as well as Middle Carbon North Caucasian deposits – Malolabinsk, Bolshelabinsk, Tolstobugor, Kjafar-Bogoslov, Maruh-Aksaut – was analised. There are some recommendations to find out of promising regions with especially rare sort of coal.

Key words: *Upper Paleozoic, coal basins, metamorphism, heat flows, coal petrography, sort of coal.*

Объектами исследований явились угленосные формации верхнего палеозоя. В основу работы положен материал, собранный более чем за двадцатипятилетний период исследования процессов формирования и распространения угленосных формаций, метаморфизма углей и особенностей его проявления в Восточном Донбассе, Подмосковном бассейне, на месторождениях Северного Кавказа, а также в Украине, в Западном Донбассе и Львовско-Волынском бассейне, на территории Западной Сибири, в Кузнецком бассейне, в Закавказье, на Ткибули-Шаорском и Ткварчельском месторождениях, в восточной Германии, на месторождениях Тюрингского леса (Делен, Хайнихен и

др.), в Южно-Африканской Республике, в бассейнах Витбанк, Ватерберг, Заутпасберг и др. Использованы литературные источники, а также первичные материалы по угленосным формациям верхнего палеозоя, включая угольные бассейны и месторождения России и зарубежных стран.

Выявлены закономерности регионально-го метаморфизма углей, увязанные с тепловыми потоками, имевшими максимальное значение в зонах проявлений тектонических движений, прилежавших к палеоподнятиям. Установлены особенности распространения метаморфизма углей и максимальной угленосности на площади бассейнов, примыкавших к палеопод-

нениям, развивавшимся синхронно осадконакоплению. Даны рекомендации по выявлению районов, перспективных для поисков особо дефицитных марок углей.

Метаморфизм углей и особенности его проявления в угленосных формациях верхнего палеозоя

Многими исследователями метаморфизм углей увязывается с влиянием регионального (геотермального), термального или контактного (магматогенного) и динамометаморфизма.

Практически во всех угольных бассейнах региональный метаморфизм проявляется в закономерном росте степени преобразования угля со стратиграфической глубиной (закон Хильта-Скока), в плане – по мере увеличения мощности одноименных отложений, в современном разрезе – по падению угольных пластов. Последнее свидетельствует о том, что процесс метаморфизма продолжается и после проявления основной фазы складчатости и изменения углей в центральной части синклинальных структур [Голицын, 1996].

Большинство исследователей (И.И. Аммосов, Ю.А. Жемчужников, А.З. Широков, А.И. Гинзбург, М. В. Голицын и др.) считают, что степень метаморфизма углей обусловлена величинами температуры и статического давления, существовавшего на момент максимального погружения угольных пластов в прогибе.

Региональный метаморфизм, по мнению Я.Б. Смирнова [1980], является сравнительно быстрым процессом и по длительности сопоставим с периодом проявления тектонических движений. При этом зоны теплового потока, за редким исключением, подчеркивают тесную связь его с геолого-тектоническим строением рассматриваемой территории. В современном структурном плане наиболее резкая дифференциация теплового потока отмечена в зонах проявления тектонических движений альпийского тектогенеза и в активных областях перехода от континента к океану. В тектонически активных зонах дифференциация проявляется в увеличении теплового потока в горно-складчатых сооружениях и рифтогенных структурах. Наиболее низкие значения установлены в краевых прогибах, межгорных и неотектонических впадинах и краевых тектонических желобах.

Формирование угленосных формаций верхнего палеозоя происходило преимущест-

венно в периферийных частях конседиментационно развивавшихся палеоподнятий или грабенах, примыкавших к ним [Баланчивадзе, 2006]. Периодический рост конседиментационных палеоподнятий или отдельных их частей сопровождался привносом терригенного материала в область осадконакопления вплоть до появления прибрежно-континентальных и континентальных обстановок с развитием ландшафтов, включавших заболачиваемые территории. С другой стороны, конседиментационное формирование палеоподнятий совпадало с проявлениями тектонических движений, носивших колебательный характер в их периферийных частях, где наиболее интенсивно проявлялись зоны теплового потока.

Следовательно, с известной степенью коррекции, с высокими значениями теплового потока можно ассоциировать структуры положительных изостатических аномалий, которыми являлись локальные активные палеоподнятия позднего палеозоя, формировавшиеся синхронно осадконакоплению на фоне общего погружения и осадконакопления, что позволяет сделать предположение о непосредственном влиянии тепловых потоков на степень метаморфизма угольных пластов в период их захоронения.

Исследования автора показали, что, наряду с приуроченностью наиболее метаморфизованных углей к областям максимального погружения, отмечается несовпадение с этими областями на территориях, примыкавших к палеоподнятиям (активным), конседиментационно формировавшимся на фоне общего погружения и осадконакопления.

Так, на площади Донецкого бассейна метаморфизм углей изменяется в широком диапазоне от бурых до антрацитов (рис. 1). Бурые и длиннопламенные угли распространены по северной и северо-западной окраине бассейна. Коксующиеся угли имеют значительное распространение в северной полосе мелкой складчатости и в западной части бассейна. Наиболее метаморфизованные угли – антрациты приурочены к угленосным площадям, расположенным в непосредственной близости от северо-западной, наиболее активной окраины Украинского кристаллического массива, где отмечаются наибольшие изменения степени метаморфизма как в стратиграфическом разрезе, так и в увеличении степени метаморфизма параллельно увеличению мощности отложений. Рассматривая изменения метаморфизма углей вдоль северной

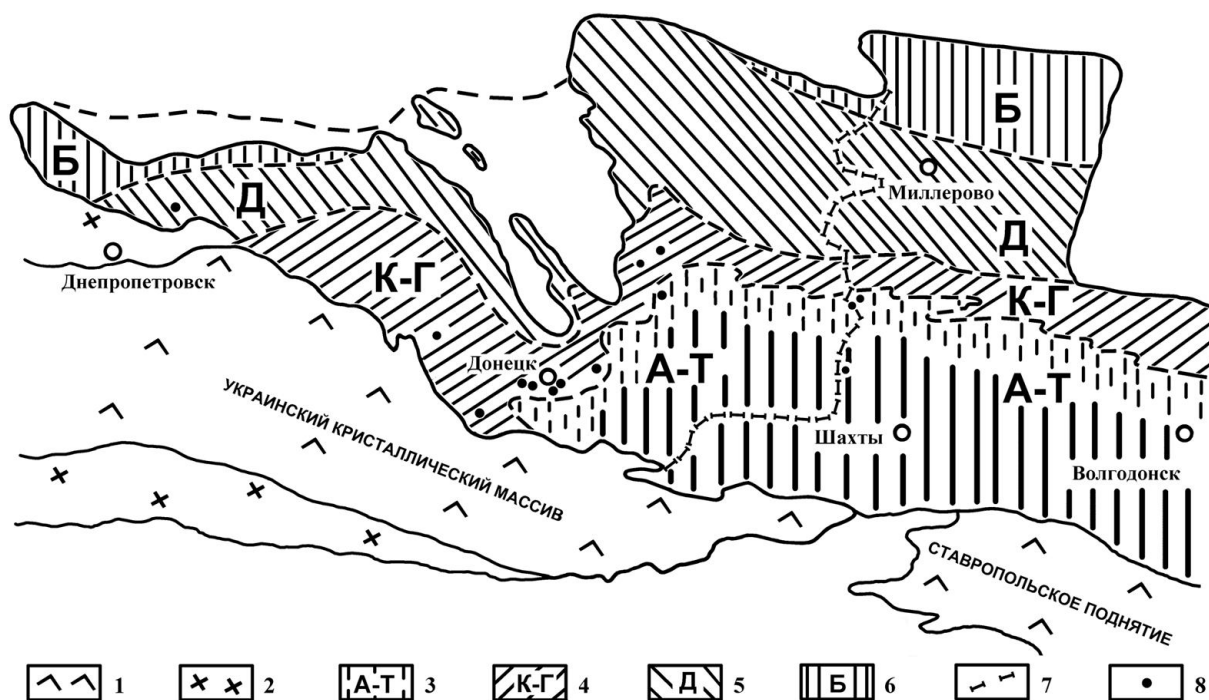


Рис. 1. Схема распространения марочного состава углей Донецкого бассейна.

1 – область распространения локальных палеоподнятий, формировавшихся синхронно осадконакоплению на фоне общего погружения и осадконакопления, с относительно расчлененным рельефом местности; 2 – область распространения палеоподнятий, формировавшихся на фоне поднятия и размыва, со слабо расчлененным рельефом местности; 3-5 – площади преимущественного развития марочного состава углей: 3 – антрациты и тощие угли, 4 – коксующиеся угли, 5 – длиннопламенные угли, 6 – бурые угли; 7 – государственная граница; 8 – точки наблюдения автора.

периферийной части массива, необходимо отметить, что угольные пласты в районе г. Павлограда, залегающие на идентичных с угольными пластами в районе г. Ново-Московска глубинах (до 300-500 м), имеют большую степень метаморфизма, достигая марки Г. На аналогичных глубинах на площади Петриковского угленосного района степень метаморфизма углей снижается до бурых марок. Перекрывавшие угольные пласты отложения в настоящее время размывы. Учитывая близкое расположение рассматриваемых площадей, можно предположить, что мощность перекрывавших осадков была сопоставимой. С другой стороны, следовавшие за осадконакоплением инверсионные процессы, которые затронули преимущественно центральную часть бассейна, способствовали выделению тепловых потоков и проявлению регионального метаморфизма в центральных и северных территориях, за исключением Старобельского и Миллеровского угленосных районов, которые не были вовлечены в инверсионные и иные процессы, что предопределило распространение на их площади длиннопламен-

ных и бурых углей. В инверсионные процессы не были вовлечены и угольные пласты в районах, примыкавших непосредственно к Украинскому кристаллическому массиву. Однако степень метаморфизма углей здесь достигает максимума. На площади распространены преимущественно коксующиеся угли и антрациты. При некотором удалении угленосных отложений от массива в северо-западной части бассейна влияние регионального метаморфизма резко уменьшается, здесь распространены длиннопламенные и бурые угли.

Следовательно, проявление в Донецком бассейне регионального метаморфизма можно увязывать, в том числе, с выделением в периферийных частях Украинского кристаллического массива значительных тепловых потоков, синхронных осадконакоплению, наибольшее воздействие которых испытывали угольные пласты, непосредственно прилегавшие к массиву (рис. 1).

Дальнейшие инверсионные тектонические движения отложили свой отпечаток на распределение тепловых потоков и изменение сте-

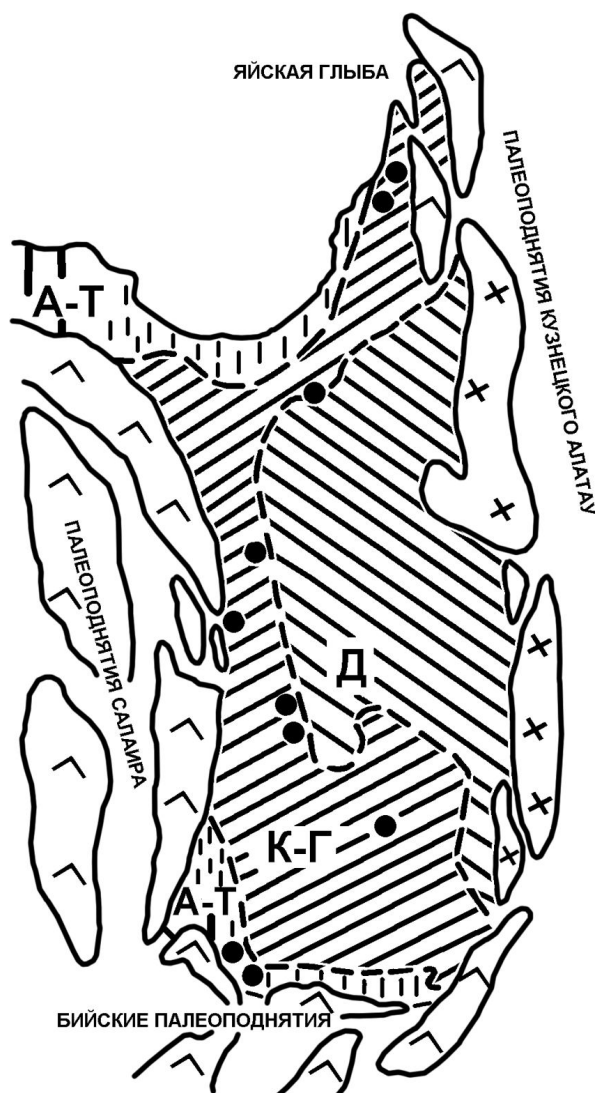


Рис. 2. Схема распространения марочного состава углей Кузнецкого бассейна.

Условные обозначения см. рис. 1.

могли подвергаться термальной переработке. Однако наиболее метаморфизованные угли – до антрацитов и тощих углей – отмечены в юго-восточных и южных угленосных районах, а также в Анжерском угленосном районе, где мощность угленосных осадков не превышает 1500 м и отсутствуют внедрения интрузивных тел, степень метаморфизма углей тем не менее достигает марки Т. При этом в соседнем Крапивинском угленосном районе, где мощность угленосных отложений достигает 3000 м, степень метаморфизма отвечает только длиннопламенным углям. Следовательно, причины, влиявшие на повышение степени метаморфизма углей в бассейне, были различными, и наряду с выявленными факторами необходимо рассматривать фактор приуроченности угленосных отложений к палеоподнятиям Яйской глыбы, восточной части Салаира и северных окраин Бийских палеоподнятий, конседиментационно формировавшихся на фоне общего погружения и осадконакопления (рис. 2). В районах, примыкавших к палеоподнятиям Кузнецкого Алатау, формировавшихся на фоне общего поднятия и размыва (пассивные), угленосность отложений резко уменьшается, а степень метаморфизма соответствует только длиннопламенным углям.

На Северном Кавказе в качестве примера рассмотрим распространение метаморфизма в угленосных формациях Кубано-Лабинский угленосной площади. Здесь отложения среднего карбона, к которым приурочены угольные пласты мощностью более 0,5 м, сохранились в синклинальных прогибах междуречья Малая Лаба – Аксаут и выделены в месторождения: Малолабинское, Бескесское, Большелабинское, Толстобугорское, Кяфаро-Богословское и Марух-Аксаутское (рис. 3). Располагаясь в южной периферийной части Ставропольского свода, где в рассматриваемый период синхронно осадконакоплению на фоне общего погружения и осадконакопления формировались Щедокское, Урупское, Зеленчукское (Кяфарское, Пастуховское) палеоподнятия, в периферийных частях которых угленосные отложения развивались неравномерно и неодновременно. Во второй половине башкирского века угленосные отло-

пени метаморфизма углей, но в период конседиментационного формирования Украинского кристаллического массива, территории, располагавшиеся на некотором удалении от массива, подвергались их наименьшему воздействию.

Максимальное (до 7000-8000 м) погружение отложений Кузбасса приурочено к западной и приосевой частям Кузнецкой котловины, несколько вытянутой в северо-западном направлении. Повышение метаморфизма по падению угольных пластов отмечал М.Ф. Шиловский [1971] и др., которые высказывали предположения о влиянии на метаморфизм местных вертикальных тектонических движений, связанных с инверсией, с появлением магматических интрузий и повышением геотермического градиента, что вызвало относительное увеличение пористости углей. В этой связи, в юго-восточной части Кузнецкой котловины выделены значительные площади, где угольные пласты

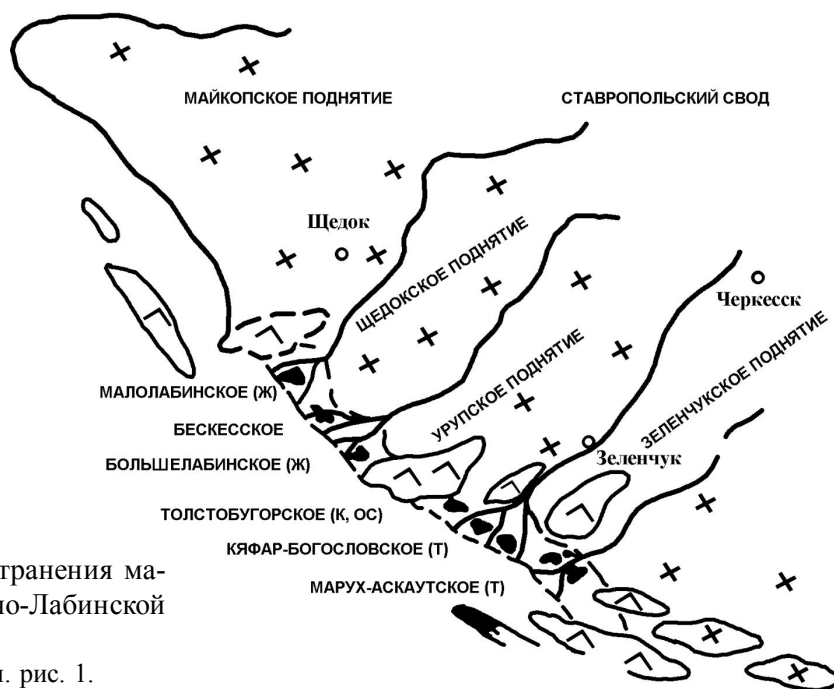


Рис. 3. Схема распространения марочного состава углей Кубано-Лабинской угленосной площади.

Условные обозначения см. рис. 1.

жения первоначально распространялись на площадях Толстобугорского, Кяфаро-Богословского и Марух-Аксаутского месторождений. В конце башкирского-начале московского веков площади распространения угленосных отложений расширились, охватывая на северо-западе территории Малолабинского, Большелабинского месторождений и Бескесского угленепроявления. В районе Малолабинского и Большелабинского месторождений мощность угленосных отложений среднего карбона не превышает 250-300 м, реже достигает 400 м (на Малолабинском месторождении). На Толстобугорском месторождении их мощность достигает 400-500 м, а на площади Кяфар-Богословского месторождения увеличивается до 600-850 м. В районе Марух-Аксаутского месторождения мощность угленосных отложений уменьшается до 580-650 м.

Метаморфизм углей, подчиняясь общим правилам регионального метаморфизма, изменяется от жирных марок углей на Малолабинском месторождении, коксующихся и отощенно-спекающихся на Толстобугорском и Кяфар-Богословском (на западе) до тощих углей на востоке Кяфар-Богословского и Марух-Аксаутского месторождений. Но и здесь отмечается некоторое несоответствие увеличения степени метаморфизма углей на площади Кяфар-Богословского месторождения, где с большей мощностью угленосных отложений связаны угли меньшей степени метаморфизма.

Следует отметить, что на площади месторождений среднего карбона на Северном Кавказе распространение углей различной степени метаморфизма, в общих чертах подчиняясь закону Хильта-Скока, обладает некоторыми особенностями. Так, угли марки КЖ наибольшей степени метаморфизма на площади Малолабинского месторождения приурочены к северной и северо-западной части, примыкающей к восточной окраине Щедокского палеоподнятия. На Большелабинском месторождении аналогичные марки углей установлены в восточной части, примыкающей к Урупскому палеоподнятию с запада. К восточной окраине Урупского палеоподнятия приурочены угли марки ОС, при общем распространении углей марки К на Толстобугорском месторождении. На площади Кяфар-Богословского месторождения угли наибольшей степени метаморфизма марки Т приурочены к восточной части, примыкающей к западной окраине Зеленчукского палеоподнятия.

Подобное площадное перераспределение степени метаморфизма углей, при практически сопоставимых мощностях углевмещающих отложений, указывает на непосредственное влияние тепловых потоков, возможно исходивших из зон развития вышеуказанных палеоподнятий.

Мощности перекрывающих угленосные формации верхнекарбоновых и пермских отложений в южной периферийной части Ставропольского свода сопоставимы и не превышают 2000-2500 м, при этом в районе Толстобугорского

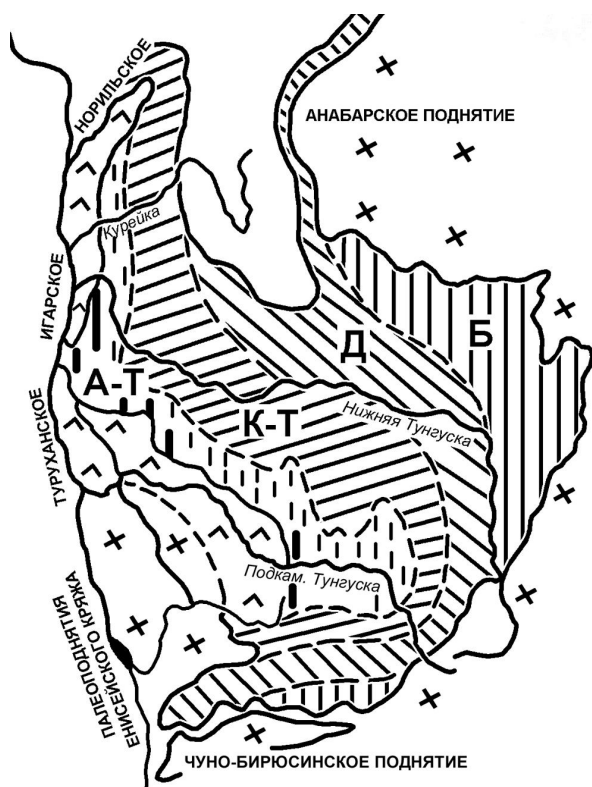


Рис. 4. Схема распространения марочного состава углей Тунгусского бассейна.

Условные обозначения см. рис. 1.

поднятий (рис. 4). А.Б. Гуревич [2001] считает, что фоновая зональность углей в бассейне в основном обусловлена региональным проявлением термального метаморфизма, а все наблюдаемое разнообразие состава и свойств углей — наложением на него контактного метаморфизма.

Вместе с тем, увеличение степени метаморфизма углей на западе бассейна до антрацитов и коксующихся углей увязывается с территориями, примыкавшими к локальным палеоподнятиям, конседиментационно сформировавшимся на фоне общего погружения и осадконакопления на западной окраине Сибирской платформы (рис. 4). Следовательно, наряду с контактным метаморфизмом, на площади бассейна имел место региональный метаморфизм, проявлявшийся в большей степени в периферийных частях активных палеоподнятий, в результате воздействия тепловых потоков.

В периферийных частях Анабарского щита — пассивного палеоподнятия, развивавшегося на фоне общего поднятия и размыва, отмечена наименьшая угленосность, а степень метаморфизма соответствует только бурым углям.

Аналогичные закономерности изменения степени метаморфизма углей отмечены на площади Печорского (рис. 5), Боуэн (Большая синклиналь) (рис. 6), Астурийского (рис. 7) и др. бассейнов.

В Печорском бассейне известны угли всего метаморфического ряда от бурых на западе, газовых и коксующихся на востоке, до антрацитов на севере (рис. 5). Исследованиями Ю.В. Степанова [1972], установлено, что основное влияние на распределение марочного состава углей оказывает региональный метаморфизм, подчиняющийся определенной вертикальной зональности. Изменение метаморфизма углей, находящихся на одном стратиграфическом уровне, зависит от глубины палеопогружения, т.е. определяется первоначальной мощностью перекрывающих отложений. Область максимального погружения подошвы верхнепермских отложений, фиксируемая на начало юрского времени, протягивается вдоль юго-западного склона Пай-Хоя, восточного борта Коротайхинской впадины, через Юньягинскую мульду и центральную часть Усинского

кого и Марух-Аксаутского месторождений их мощность сокращается до 1500 м.

Следовательно, увеличение степени метаморфизма в пределах Кубано-Лабинский угленосной площади с северо-запада на юго-восток, с одной стороны, и на участках месторождений, примыкавших к палеоподнятиям, с другой стороны, при относительно равных условиях формирования угленосных формаций, можно увязать с влиянием тепловых потоков в периферийных частях активных палеоподнятий в районе, примыкавшем к Центральной зоне Кавказа, где они были наиболее интенсивными.

В Тунгусском бассейне, по мнению А.Б. Гуревича [2001], прямая связь степени метаморфизма с мощностью и глубиной максимального погружения отсутствует. Не отражаются на степени метаморфизма существенные различия в мощности отложений. Увеличение степени метаморфизма от длиннопламенной до антрацитовых стадий по направлению к западной окраине Сибирской платформы происходило при мало меняющейся мощности перекрывающих отложений. Максимальное прогибание и максимальная мощность отложений отмечены в центральной части Тунгусской синеклизы, а антрациты и коксующиеся угли приурочены к периферийным областям Приенисейского, Туруханского, Игарского и Норильского палео-

месторождения. К западу от этой области отмечено уменьшение степени метаморфизма углей в разновозрастных отложениях.

Изменение степени метаморфизма отмечено вдоль палеоподнятий Уральского кряжа. Согласно исследованиям Ю.В. Степанова [1972], показатель отражательной способности витринита (R_a), при содержании в углях 70 % группы витринита, изменяется, но в пределах марок углей К-Г, тогда как на западе распространены угли марок Д-Б.

Л.А. Анищенко с соавторами [2004] считают, что изменение степени катагенеза разновозрастных пород подчеркивает малую значимость времени в процессе метаморфизма. Основным фактором, по их мнению, в Печорском бассейне в катагенетическом преобразовании является температура, т.е. палеогеотермические условия в недрах, которые были неодинаковы в разных структурных зонах Предуральяского прогиба.

Следовательно, распределение степени метаморфизма углей по площади Печорского бассейна могло зависеть от тепловых потоков, которые исходили из зон, примыкавших к активным палеоподнятиям Уральского кряжа, где отмечались наибольшие значения палеотемпературных градиентов.

В ранней перми в периферийных частях активных палеоподнятий Лакланской системы – Новой Англии, Тексасского, Ярраманского, Эйнакского и др., на восточной окраине Австралийского континента, получили распространение угленосные формации бассейнов Сидней (Новый Южный Уэльс) и Боуэн (Большая синклиналь) (рис. 6).

Распределение по площади и глубине марочного состава углей, представленного преимущественно коксующимися углями (марки ОС, К-Г), подчиняются общим правилам регионального метаморфизма. Однако на площадях месторождений Ашфорд, Клочестер, Кларенс и др., формировавшихся в обрамлении палеоподнятий Новой Англии, Тексасского и др., степень метаморфизма углей достигает антрацитов (марки А). Аналогичные угли марки А отмечены в северной части бассейна Боуэн, примыкающей к Эйнакскому палеоподнятию (рис. 6).

Угли наименьшей степени метаморфизма на площади бассейна Боуэн (марка Д) установлены в крайней западной части, удаленной от зоны влияния тепловых потоков на углевмещающие породы в период захоронения угольных пластов.

Располагаясь на северо-западе Испании, Астурийский бассейн представляет замкнутую структуру, обрамленную с запада, юга и востока палеоподнятиями Иберийского массива. Месторождения среднего карбона (вестфальского возраста) – Тверга-Сан Емельано, Куирос, Сан-тиформе-Нарансо, Ла Камоча, Централь коалбазис, Кобалес, Сюиве-Либардон, Себарга, Кабралес, Ла Перния-Барруело и Гуардо-Вал де Рруеда выявлены в центральной, северной и восточной частях бассейна (рис. 7). На юге и западе бассейна известны месторождения позднего карбона (стефанского возраста) – Саберо, Сеньера-Маталлана, Ла Магдалена, Эль Биерго, Виллаблино, Карбалло, Ренгос, Сенгас-Тинэо и Арнао.

Согласно данным Я. Р. Кольманеро и Я.Г. Прадо [1993], основанным преимущественно на показателях выхода летучих веществ (V_{daf}), выделены области распространения битуми-

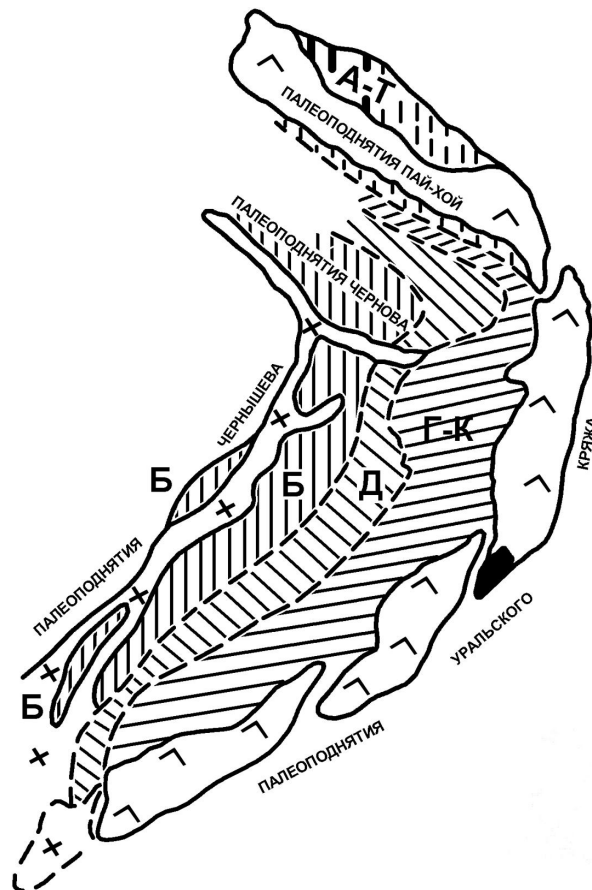


Рис. 5. Схема распространения марочного состава углей Печорского бассейна. Условные обозначения см. рис. 1.

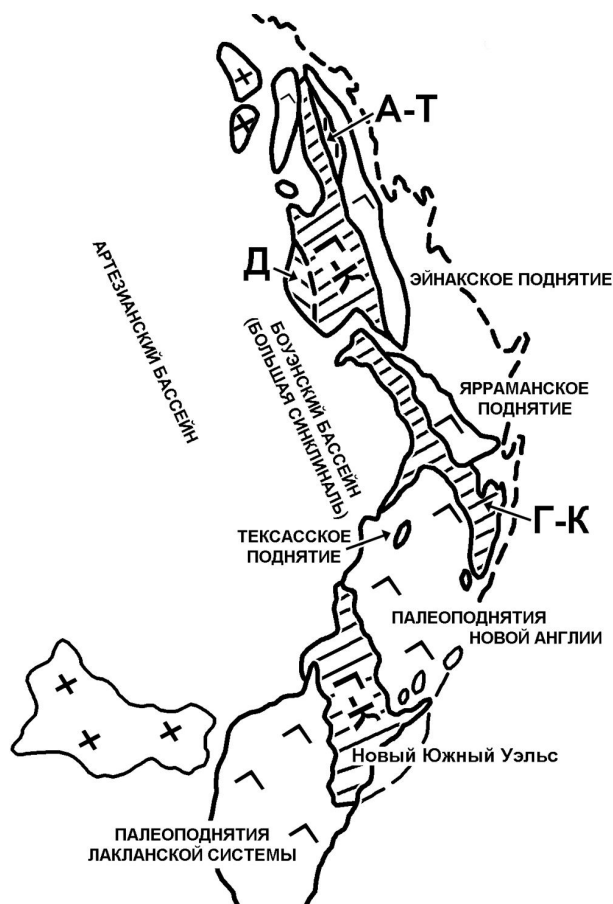


Рис. 6. Схема распространения марочно-го состава углей бассейнов Боуэн и Новый Южный Уэльс.

Условные обозначения см. рис. 1.

ственно примыкавших к палеоподнятиям, формировавшихся синхронно осадконакоплению на фоне общего погружения и осадконакопления. Эти зоны не всегда совпадают с областями максимального осадконакопления, как это имеет место на Кубано-Лабинской угленосной площади, в Кузнецком, Донецком, Тунгусском, Боуэнском, Астурийском и других бассейнах. Следовательно, на повышение степени метаморфизма углей существенное воздействие оказывали тепловые потоки, возникавшие непосредственно в зонах, примыкавших к палеоподнятиям, располагавшихся в наиболее активных участках земной коры. Этому способствовали и особенности петрографического состава углей позднего палеозоя.

Особенности петрографического состава углей верхнего палеозоя

По мнению И.И. Аммосова [1975], на состав и свойства ископаемых углей оказывали влияние такие геолого-генетические факторы, как исходный органический материал, условия его накопления, степень обводненности торфяников, длительность и характер чередования аэробных и анаэробных процессов превращения лигнинно-целлюлозных тканей, химический характер среды превращения органического материала и влияние температуры в условиях повышенного давления при опускании угленосных отложений.

Как известно, в ископаемых углях витринит в большинстве случаев является преобладающим микрокомпонентом, поэтому степень изменения витринита принята в качестве характеристики глубины преобразования углей в процессе их метаморфизма, а его количественное содержание в сочетании с другими микрокомпонентами, определяющими состав и свойства углей, характеризуют качество.

Изменение группового состава растений на протяжении позднего палеозоя не носило четкой приуроченности к определенному геологическому возрасту. Тем не менее, устанавливается преобладающее развитие кутинитовых лип-

нозных углей (марки Б-Д), коксовых углей (марки Г-ОС), углей с низким выходом летучих веществ (марка Т), антрацитов (марка А) и термоантрацитов.

На площади Астурийского бассейна степень метаморфизма углей вестфальского возраста возрастает от бурых на севере, в районе месторождений Сантiformе-Нарансо, Ла Камоча, до углей марки Т и А в Централь коал базис, наиболее погруженной центральной части бассейна, что соответствует общим закономерностям распределения регионального метаморфизма. Однако на площади месторождений стефанского возраста, расположенных в южной и западной частях бассейна и примыкающих к палеоподнятиям Иберийского массива, угольные пласты, залегающие на гораздо меньших глубинах, представлены марками Т, А и термоантрацитами.

Таким образом, в период формирования угленосных формаций верхнего палеозоя на распределение метаморфизма углей на площади бассейнов и месторождений оказывал влияние региональный метаморфизм, наиболее активно проявлявшийся в зонах, непосред-

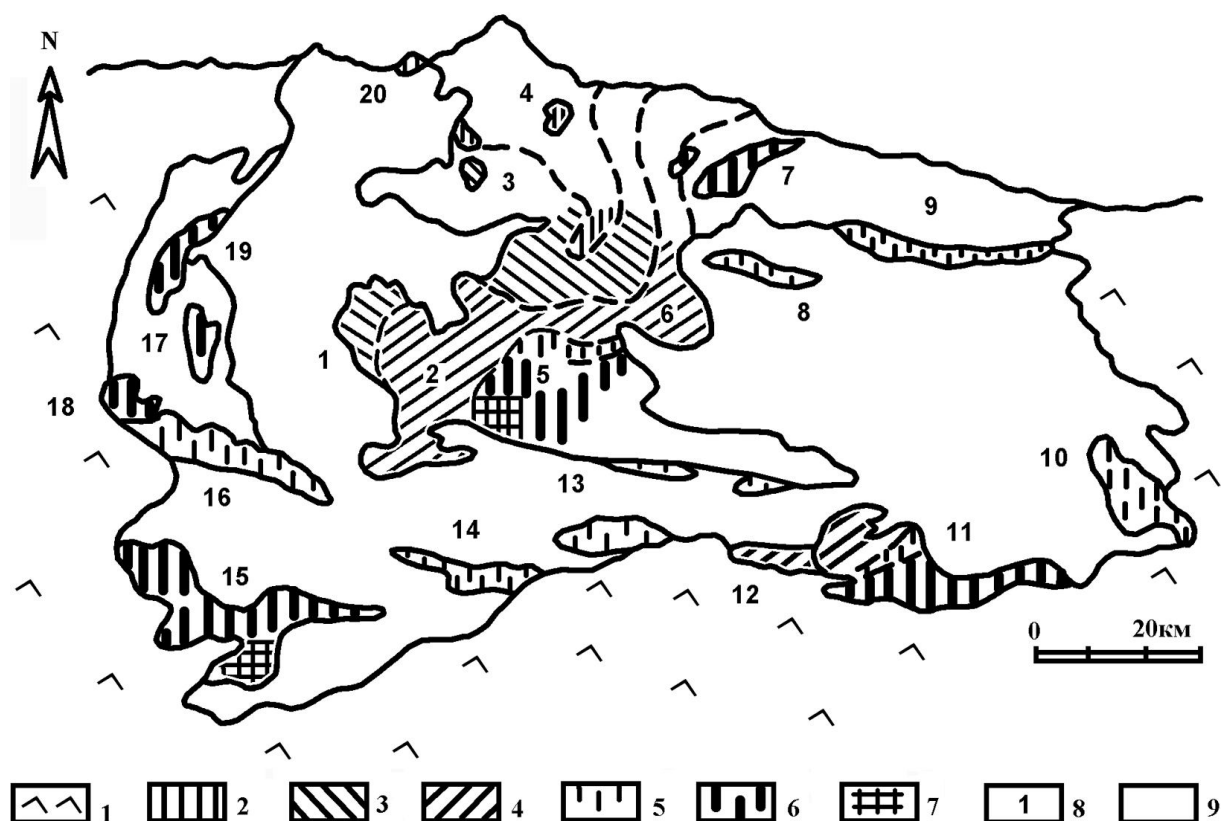


Рис. 7. Схема распространения марочного состава углей Астурийского бассейна (по данным Я.Р. Колменеро и Я.Г. Прадо, [1993]).

Условные обозначения: 1 – область распространения палеоподнятий, формировавшихся синхронно осадконакоплению; 2-7 – площади распространения марочного состава углей: 2 – бурые, 3 – длинопламенные, 4 – газовые и коксующиеся, 5 – тощие, 6 – антрациты, 7 – термоантрациты; 8 – месторождения, 9 – площадь с размывами угленосными отложениями.

Месторождения: 1 – Тверга-Сан Эмельяно, 2 – Куирос, 3 – Сантиформе-Наранко, 4 – Ла Камоча, 5 – Центральный угольный бассейн, 6 – Кобалес, 7 – Сюиве-Либардон, 8 – Себарга, 9 – Кабралес, 10 – Ла Перния-Барруэло, 11 – Гуардо-Вал де Руэда, 12 – Саборо, 13 – Сеньера-Маталлана, 14 – Ла Магдалена, 15 – Эль-Бьерго, 16 – Виллабрино, 17 – Карбалло, 18 – Ренгос, 19 – Сенгас-тинэо, 20 – Арнао.

тобиолитов в девоне, споровых в среднем девоне и фюзено-клареновых углей в ранней перми.

Проведенный авторами анализ содержания групп микрокомпонентов в ископаемых углях бассейнов и месторождений позднего палеозоя (табл. 1) показал, что петрографический состав углей раннекаменноугольного времени характеризуется невысоким (до 47-60 %, реже до 75 %) содержанием компонентов группы витринита в углях Завьяловского и Самарского месторождений. Особенно низкое их содержание отмечено в гумусовых углях Кизеловского, Карагандинского, Подмосковного, Экибастузского бассейнов, где оно не превышает 60 %. При этом отмечено довольно высокое содержание отошающих компонентов, в первую очередь фюзинита 15-20 %, иногда достигающего

30-35 %, а содержание микрокомпонентов группы липтинита на отдельных месторождениях и угленосных площадях Кизеловского, Донецкого, Подмосковного и Львовско-Волынского бассейнов достигает 17-26 %. Однако, только угли Подмосковного бассейна обладают низкой степенью метаморфизма (марка Б) вследствие удаленности в период формирования угленосных отложений от формировавшегося синхронно осадконакоплению Воронежского массива.

Угли средне- и позднекаменноугольного времени отличаются более высоким содержанием микрокомпонентов группы витринита преимущественно до 65-75 %, исключение составляют угли Донецкого бассейна в районах Ново-Московском, Петропавловском, Центральном и северной части Южно-Донбасского,

Таблица 1

Микрокомпонентный состав гумусовых углей позднего палеозоя

Угольные бассейны, месторождения	Возраст	Группы микрокомпонентов (%)			
		Витринит, V ₁	Семивитринит, S _v	Инертинит, I	Липтинит, L
Донбасс	C ₁	35-75	3-8 до 14	10-15 до 35	5-10 до 30
	C ₂	85-90	1-3	3-7 до 20	1-3 до 12
	C ₃	80-95	–	1-5	0-3
Львовско-Волынский	C ₁	65-75	1-3 до 20	7-15 до 21	10-17
Люблинский	C ₁	70-74	1-5	8-9 до 13	7-13
Кизеловский	C ₁	41-60	6	15-20 до 37	7-17 до 26
Подмосковный	C ₁	40-52	8-20	20-35	5-25
Экибастузский	C ₁	41-50	4-6	26-45	6-9 до 12
Карагандинский	C ₁	44-60	5-15 до 35	15-21 до 35	1-6 до 13
	C ₂	55-75	2-5 до 9	10-12 до 15	1-4
	C ₃	66-75	4-6	10-11	7-8
Завьяловское	C ₁	59-70	1-3	12-18	4-5
	C ₂	75-80	0-1	7-9	1
Самарское	C ₁	59-75	4-7	10-12	9-10
	C ₂	64-80	3-4	9-10	7-8
Северный Кавказ	C ₂	65-75	1-5	3-9 до 15	4-6 до 10
В. Силезский	C ₂	65-75	–	17-19 до 33	10-14
Н. Силезский	C ₂	65-70	–	15-19	10-11
Курайское	C ₃	26-52	10-24	27-59	–
Малолабинское	C ₃	60-65	–	10-13 до 20	1-3
Добруджский	C ₃	50-60	–	20-30	15-20
Печорский	P ₁	74-79	4-10	9-19 до 23	0-3
	P ₂	70-84	4-9	11-16 до 20	0-3
Тунгусский	P ₁	20-65	0-3	30-45 до 75	–
	P ₂	68-79	8-10	17-20	–
Кузнецкий	P ₁	44-65	3-7 до 16	32-45 до 56	0-2
	P ₂	73-89	4-6	8-10 до 18	0-3
Горловский	P ₁	42-59	15-18	38-43 до 55	–
Минусинский	P ₁	58-60	10-13	20-25	1-4
Таймырский	P ₂	до 80	–	10-16 до 30	–
Боуэнский	P ₂	71-91	–	8-15 до 60	1-5 до 12
Санта-Катарина	P ₁	45-60	–	20-35 до 60	3-11
Тавантологой	P ₂	76-86	–	4-6	1-6
Ватерберг	P ₁	40-85	–	17-40 до 60	2-4 до 6

где оно достигает 92-96 %. При этом резко снижается содержание микрокомпонентов группы липтинита до 1-3 %, реже до 12-15 %. В углях Экибастузского и Карагандинского бассейнов, месторождений Северного Кавказа и Завьяловского отмечено присутствие липоидных компонентов в количестве 1-6, реже – 12-13%. Одновременно с уменьшением содержания липоидных компонентов резко уменьшается количество микрокомпонентов группы семивитринита – до 0-4 %. Содержание инертинита остается достаточно высоким и составляет 10-12 %, а в углях Верхне-Силезского и Нижне-Силезского бассейнов достигает 19-33 %.

В ранней перми содержание микрокомпонентов группы витринита остается на уровне средне- и позднекаменноугольного времени. Однако существенно увеличивается содержание семивитринита – до 10 % в углях Печорского и Минусинского бассейнов, до 16-18 % в Кузнецком и Горловском бассейнах. Одновременно отмечено снижение содержания микрокомпонентов группы липтинита до 0-3 %, за исключением углей Гондваны, где в бассейнах Санта-Катарина, Риу-Гранди-ду-Сул, Витбанк и др. оно достигает 10-11 %. Прослеживается довольно существенное увеличение инертинита в углях бассейна Санта-Катарина – до 35-60 %,

Кузнецкого бассейна – до 45-56 %, Тунгусского бассейна – до 45-75 %.

Существенные изменения в распределении групп микрокомпонентов в углях бассейнов и месторождений позднего палеозоя отмечены во второй половине перми. Угли характеризуются высоким содержанием витринита – до 70-85 %. Вместе с тем, в углях Ускальской и Казанково-Маркинской свит Кузнецкого бассейна его содержание достигает 87-89 % и 86 % – в углях месторождения Таван-Толгой. Особо следует отметить высокое содержание витринита до 90-91 % в углях бассейнов Боуэн (Большая синклиналь) и Сидней (Новый Южный Уэльс). Одновременно отмечается уменьшение микрокомпонентов группы семивитринита в углях Гондваны и увеличение лейптинита до 11-12 %. При этом содержание инертинита остается достаточно высоким и составляет от 15-20 до 60 %.

Ю.А. Жемчужников [1935] отмечает, что среди палеозойских углей находятся лучшие коксующиеся угли из всех известных угольных бассейнов. Объяснение этому он находил в том, что растения каменноугольного возраста, состоящие в большинстве из хвощевых и плауновых, не имели развитой древесины и, наоборот, в строении стебля и листьев преобладали паренхимные ткани.

На происхождение резинитовых углей, содержащих значительный процент липтинита, существуют различные точки зрения.

А.И. Гинзбург [1960] считает, что образование всех липтобиолитов происходит в проточных болотах, в которых процесс превращения растительных тканей протекает иначе, чем в застойных. Здесь, по ее мнению, на некоторой глубине течение обеспечивает циркуляцию кислорода. Создаются аэробно-анаэробные условия со смешанной деятельностью микробов и с длительным постепенным разложением лигнинно-целлюлозного вещества. В зависимости от продолжительности существования проточного болота, а следовательно, и от длительности действия микроорганизмов может произойти частичное или полное исчезновение лигнинно-целлюлозного материала, явившегося исходным для структурных и бесструктурных микрокомпонентов группы витринита. В этих условиях останутся не разложенными лишь липоидные компоненты.

П.П. Тимофеев и Л.И. Боголюбова [1971] отмечают, что угли с повышенным содержа-

ем липтинита образуются в весьма устойчивой области торфонакопления при малой скорости захоронения торфяного слоя и при продолжительном разложении растительного материала.

По мнению автора, образование торфяного слоя с повышенным содержанием споринита, кутинита, смолинита, весьма вероятно в дельтовых торфяниках, которые связаны со значительной проточностью.

Позднепалеозойский этап развития Земли является одним из наиболее насыщенных периодов мощного накопления органического вещества в разных регионах земной коры. Угли позднего девона и раннего карбона в связи с отсутствием у растений развитой древесины в большей степени содержат паренхимную ткань, которой сложены в основном листья. Листья в одних случаях имели сильно вытянутый вид и окаймлены кутикулой, а в других характеризуются линзовидной формой и включают нередко смоляные тела. Ткань листьев представлена ксиловитреном или комковатым ксиловитреном с полузаплывшими или заплывшими клетками, которая чаще встречается в углях Кизеловского, Подмосковного, Львовско-Волынского, Карагандинского бассейнов. Отмечена она и в раннекарбоновых углях Донецкого бассейна.

В позднем палеозое угленосные формации накапливались в основном в периферийных частях конседиментационно формировавшихся палеоподнятий (активных) на фоне погружения и осадконакопления, примыкавших к краевым частям мобильных прогибов [Баланчивадзе, 2000, 2006].

В периферийных частях активных палеоподнятий границы ландшафтных зон торфонакопления фиксировались кратковременным обмелением бассейна и соответствующей сменной фациального состава осадков. В отдельные периоды стабилизации растительный материал в торфяниках испытывал длительный период разложения. Тогда как при кратковременной, неравномерной их проточности создавались условия для вымывания и переотложения паренхимной составляющей углей, способствовавшей ее концентрации и захоронению в отдельных участках торфяников.

В пределах континентальных бассейнов осадконакопления границы ландшафтных зон торфонакопления ограничивались площадью распространения аллювиальных долин, мигрирующими руслами малых и относительно крупных рек. Поэтому при преобладании в разрезе

Таблица 2

Углепетрографические и технологические показатели углей Ткибули-Шаорского месторождения

№ №	Угли исследуемых пластов	Петрографический состав					Показатели спексаемости (мм)			Отражательная способность V ₁ (%)			Индекс Roga Ri
		V ₁	S _v	F	L	MI	X	Y	R ^a	R ^o	Ri		
1	Квр-г № 23 пл. III, гор 165	54	9	1	5	21	57	5	7,2	0,54		15	
2	Квр-г № 23 пл. II, гор 235	68	1	2	9	20	54	0	7,2	0,55		14	
3	Квр-г № 23 пл. IV, гор 165	61	10	–	13	16	56	5	7,5	0,62		16	
4	Квр-г № 7 пл. IV, гор 300	65	11	1	4	19	45	10	7,2	0,54		30	
5	Квр-г № 7 пл. IV, гор 300 сл. 2	60	10	–	–	30	50	6	7,3	0,56		21	
6	Квр-г № 7 пл. III, гор 300	69	11	1	10	9	50	10	7,4	0,58		23	
7	Квр-г № 7 пл. III, гор 300 сл. 2	64	9	–	5	22	50	6	7,5	0,63		15	
8	Квр-г № 7 пл. II, гор 300	62	2	–	10	26	54	8	7,2	0,55		14	
9	Концентрат Ткиб. ЦОФ	67	12	–	7	13	46	9	7,6	0,56		35	
10	Концентрат Ткиб. ЦОФ	71	10	1	7	12	48	8	7,5	0,63		28	
11	Концентрат Ткиб. ЦОФ	65	10	-	12	13	50	9	7,4	0,55		32	
12	Скважина № 301 пл. .IV	62	13	2	8	15	44	7	7,4	0,58		25	
13	Скважина № 305 пл. .IV	70	10	2	6	12	45	11	7,5	0,69		30	
14	Скважина № 305 пл. .III	53	13	1	3	30	45	5	7,4	0,63		27	
15	Скважина № 305 пл. II	61	4	1	15	19	45	0	7,2	0,64		15	
16	Скважина № 306 пл. IV	77	13	1	12	17	55	4	7,2	0,59		16	
17	Скважина № 330 пл. IV	67	5	–	3	21	51	6	7,5	0,65		18	
18	Скважина № 330 пл. II	62	8	–	5	25	49	4	7,5	0,56		15	
19	Скважина № 330 пл. II	57	3	1	8	31	45	0	7,4	0,53		14	
20	Скважина № 330 пл. I	62	2	1	15	20	49	0	7,3	0,54		14	

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОКСУЮЩИХСЯ УГЛЕЙ

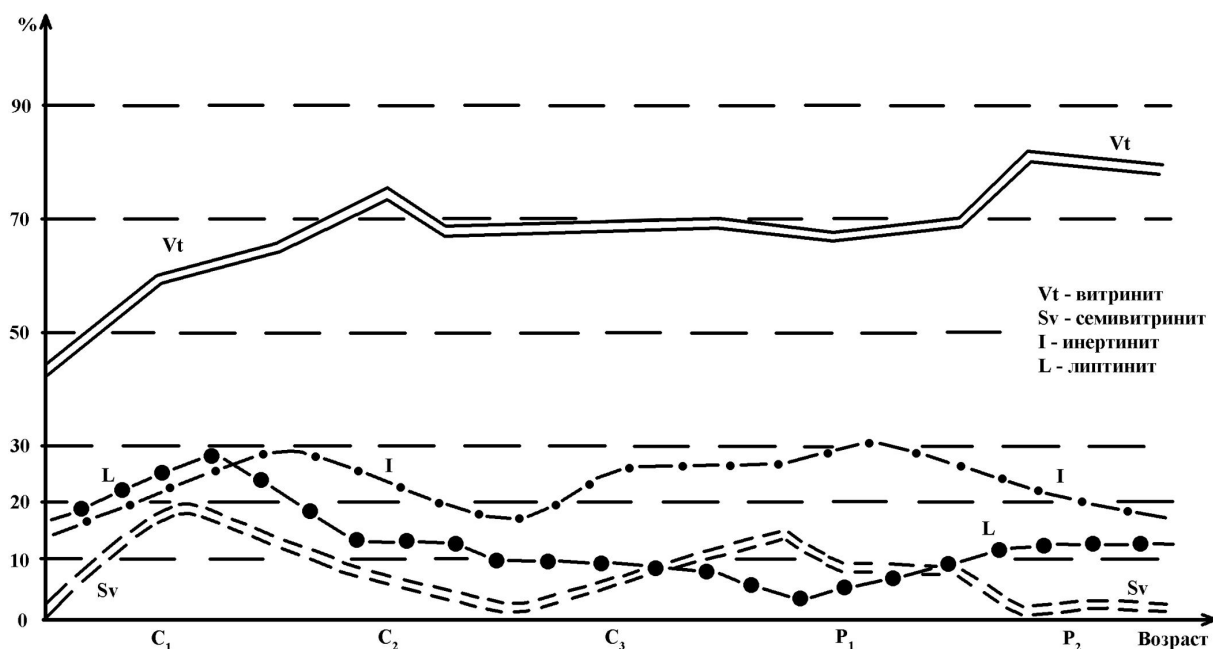


Рис. 8. Диаграмма содержания групп микрокомпонентов в углях позднего палеозоя.

Микрокомпонентный состав углей позднего палеозоя: V_t – витринит, S_v – семивитринит, I – инертинит, L – липтинит.

комплекса аллювиальных фаций, включавших фации торфяных болот с большей проточностью, при формировании последних происходило большее вымывание нестойких компонентов, а полуразложившаяся паренхимная ткань и стойкие к разложению форменные элементы обогащали микрокомпонентный состав гумусовых углей позднего палеозоя.

Петрографическими исследованиями углей Донецкого бассейна и Закавказских месторождений, проведенными автором [Баланчивадзе, 1985], доказано, что увеличенное содержание микрокомпонентов групп семивитринита и липтинита, содержащих большее количество пектиновых веществ, оказывает существенное воздействие на повышение спекаемости углей при достаточно низкой отражательной способности витринита и заниженном его процентном присутствии в углях (табл. 2).

Таким образом, уже на этапе формирования и захоронения торфяники позднего палеозоя постоянно обогащались наиболее стойкими к разложению микрокомпонентами, впоследствии определявшими качество ископаемых углей и их свойства.

Приуроченность более метаморфизованных углей к периферийным частям палеоподнятий, развивавшихся синхронно осадконакоплению на фоне общего погружения и осадко-

накопления, может быть объяснена повышенным термальным воздействием тепловых потоков на перекрытые вмещающими осадками торфяники, которые находились в непосредственной близости от зоны проявлений тектонических движений, а повышенное содержание микрокомпонентов группы семивитринита и липтинита в углях раннего карбона, липтинита в углях среднего карбона и поздней перми и семивитринита в ранней перми (рис. 8) способствовало повышению спекаемости углей не испытывавших значительных погружений.

Выводы

На метаморфизм углей оказывали влияние различные факторы. На распределение по площади и глубине бассейнов верхнего палеозоя марочного состава углей наибольшее влияние оказывал региональный метаморфизм. Несоответствие территорий распространения коксующихся углей и антрацитов с областями максимального осадконакопления и погружения на площади угольных бассейнов свидетельствует о непосредственном влиянии тепловых потоков на изменение степени метаморфизма угольных пластов, что могло проявляться в период их захоронения в зонах, непосредственно примыкавших к активным палеоподнятиям. В

период проявления тектонических движений (колебательных), которые были наиболее интенсивными в периферийных частях активных палеоподнятий, формировавшихся синхронно осадконакоплению на фоне общего погружения, тепловые потоки могли оказывать существенное воздействие на угольные пласты.

Несмотря на различия в строении разреза, мощностях и др., как в пределах бассейна, так и по сравнению с соседними бассейнами осадконакопления, угленосные формации имеют характерные особенности, сближающие их и позволяющие прогнозировать открытие угольных площадей.

Приуроченность коксующихся углей и антрацитов, а также максимальной угленосности, к районам, прилегавшим непосредственно к активным палеоподнятиям, развивавшимся синхронно осадконакоплению, позволяет прогнозировать выявление перспективных угленосных площадей на территории Кузнецкого бассейна, в районах, примыкающих к его западной окраине, в восточных районах Печорского бассейна, примыкающих к Полярному Уралу, а также в западной части слабо освоенного Тунгусского бассейна и в энергодефицитных районах Северного Кавказа и Урала. В европейской части России к наиболее перспективным можно отнести периферийные районы, непосредственно примыкающие к Тиманским палеоподнятиям. Выявление на ранних стадиях геологоразведочных работ конседиментационно формировавшихся активных палеоподнятий позднего палеозоя также увеличат вероятность открытия перспективных площадей с особо ценными марками углей, приуроченных к их периферийной части.

Список литературы

Анищенко Л.А., Клименко С.С., Рябинина Н.Н. и др. Органическая геохимия и нефтегазоносность

пермских отложений севера Предуральяского прогиба. СПб.: Наука, 2004. 214 с.

Аммосов И.И. Основные направления и главные задачи развития петрологии углей СССР // Петрография палеозойских углей СССР. М.: Недра, 1975. С. 7-24.

Баланчивадзе С.Г. Особенности осадконакопления и углеобразования средне-юрских угленосных отложений Ткибули-Шаорского месторождения. Автореф. канд. дис. М., 1985. 26 с.

Баланчивадзе С.Г. Геолого-экономическая оценка угольной сырьевой базы Северного Кавказа // Угольная база России. Т. 1. М., 2000. С. 49-53.

Баланчивадзе С.Г. Распространение угленосных формаций верхнего палеозоя // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 81. Вып. 4. 2006. С. 34-50.

Гинзбург А.И. Особенности состава и условий образования углей класса гелинитов // Петрографические типы углей СССР. М.: Недра, 1960. С. 85-88.

Голицын М.В., Голицын А.М. Коксующиеся угли России и Мира. М., Недра, 1996, 239с.

Гуревич А.Б. Тунгусский угольный бассейн. Метаморфизм // Угольная база России. Т. 4. М., 2001. С. 18-36.

Жемчужников Ю.А. Общая геология каустобиолитов. М.: ОНТИ, НКТП, СССР, 1935.

Кольманеро Я.Р., Прадо Я.Г. Кантабрийский угольный бассейн северо-запада Испании // Интернациональный журнал Геология угля. Амстердам. 1993. № 23. С. 215-229.

Смирнов Я.Б. Тепловое поле территории СССР. М.: ГУГик, 1980. 150 с.

Степанов Ю.В. Прогнозные карты для поисков технологических углей в Печорском бассейне // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым северо-востока Европейской части СССР. Вып. 7. Сыктывкар, 1972. С 7-14.

Тимофеев П.П., Боголюбова Л.И. Органическое вещество и его изменения в процессе углеобразования // Осадконакопление и генезис углей карбона СССР. М.: Наука, 1971.

Шиловский М.Ф. Метаморфизм углей Кемеровского района Кузбасса и его связь с тектоническими структурами // Советская геология. 1971. № 10. С. 65-76.

Рецензент доктор геол.-мин. наук М.В. Голицын