

А. Н. Фомин^{1,2}, В. Е. Горохова^{1,2}*

Условия формирования углей тюменской свиты на юге Западно-Сибирского мегабассейна по углепетрографическим данным

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: fominan@ipgg.sbras.ru

Аннотация: Микроскопически изучен мацеральный состав углей тюменской свиты. Проведено их описание, выделены группы, классы, подклассы, типы и подтипы, показаны фотографии наиболее типичных мацералов. На основе этих материалов высказано предположение об условиях формирования угленосных пластов.

Ключевые слова: Западная Сибирь, тюменская свита, мацеральный состав углей, условия формирования

A. N. Fomin^{1,2}, V. E. Gorokhova^{1,2}*

Formation conditions of coals of the Tyumen Formation in the south of the West Siberian megabasin according to coal-petrographic data

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: fominan@ipgg.sbras.ru

Annotation. The maceral composition of the coals of the Tyumen Formation has been studied microscopically. Their description is carried out, groups, classes, subclasses, types and subtypes are distinguished, photographs of the most typical macerals are shown. Based on these materials, an assumption about the conditions for the formation of coal-bearing seams was made.

Keywords: Western Siberia, maceral composition of coals, Tyumen Formation, forest-to-coal process conditions

Введение

Как и неорганические породы, уголь не является гомогенным веществом и его неоднородная структура видна даже визуально, но детали строения обнаруживаются только под микроскопом. Он состоит из разнообразных по цвету, форме, структуре и рельефу микрокомпонентов (мацералов), имеющих однородный состав, образованных из одного исходного растительного материала и обладающих относительным постоянством петрографических признаков. Мацералы представляют собой органические остатки, либо сохранившие исходное анатомическое строение, либо они уже разложились и превратились в бесструктурную массу. В России широко используется генетическая классификация углей [1], в основу которой положены следующие признаки: природа исходных растений-

углеобразователей, степень их первичной окисленности (фюзинизации) и структурные особенности, отражающие уровень гелификации фрагментов (процесс остудневания лигниноцеллюлозных тканей растений, приводящий к превращению их в бесструктурное коллоидное вещество - гель). По признакам сходства (цвет, форма, рельеф и др.) остатки растительных тканей подразделяются на группы: гелифицированные (витринита и семивитринита); фюзинизированные (фюзинита); липоидные (лейптинита) и водорослевые (альгинита). Дальнейшее разграничение в пределах групп проведено по степени сохранности их анатомо-морфологического строения, а липоидных элементов (споровых, смоляных, кутикуловых и др.) - с учетом их функционального назначения при жизни растений. Все эти признаки позволяют предположить палеогеографические условия их фоссилзации, т.е. физико-географические обстановки, их динамику, изменения климата, тектонические движения на поверхности Земли в геологическом прошлом.

Методы и материалы

Микроскопически в проходящем свете определен мацеральный состав 16 проб среднеюрских углей тюменской свиты с 10 разведочных площадей Новосибирской (Дедовская, Малоичская) и Томской (Арчинская, Западно-Сомовская, Казанская, Ньюльгинская, Нижнетабаганская, Останинская, Фестивальная, Калиновская) областей - табл. 1. Для этого проводилось ручное сканирование всей поверхности шлифа по методике ГОСТ Р55662-2013 [2] и подсчитано процентное содержание мацералов, которые диагностировались по цвету, морфологии, микрорельефу, структуре, степени ее сохранности. Проведено их описание, выделены группы, классы, подклассы, типы и подтипы, показаны фотографии наиболее распространенных мацералов (рис. 1). В рассматриваемом районе угли в этом отношении практически не изучены.

Таблица № 1

Мацеральный состав углей тюменской свиты
на юге Западно-Сибирского мегабассейна

№ п/п	№ обр.	№ скважины	Глубина отбора, м	Мацеральный состав, %		
				<i>Vl</i> *	<i>F</i>	<i>L</i>
1	7193	Дедовская-3	2846	81	15	4
2	13/3-3	Малоичская-13	2892	67	30	3
3	13/3-4	Малоичская-13	2848,3	94	2	4
4	19/3-1	Малоичская-19	2800,9	93	2	5
5	21/3-3	Малоичская-21	2848,1	68	29	3
6	5561	Арчинская-40	2892	89	11	-
7	12248	Западно-Сомовская-11	2851,12	70	16	14
8	12247	Западно-Сомовская-11	2817,87	94	6	-
9	12244	Казанская-16	2889,49	85	2	13

№ п/п	№ обр.	№ скважины	Глубина отбора, м	Мацеральный состав, %		
10	3588	Нюльгинская-1	3084	54	46	-
11	3710	Нижнетабаганская-8	2749	58	42	-
12	3681	Нижнетабаганская-8	2853	100	-	-
13	2953	Останинская-436	2564	75	17	8
14	3567	Останинская-439	2613	86	3	11
15	3495	Фестивальная-255	3181	67	33	-
16	3018	Калиновая-2	2836	84	16	-

Группы мацералов:* Vt - витринита; F - фюзинита; L - лейптинита.

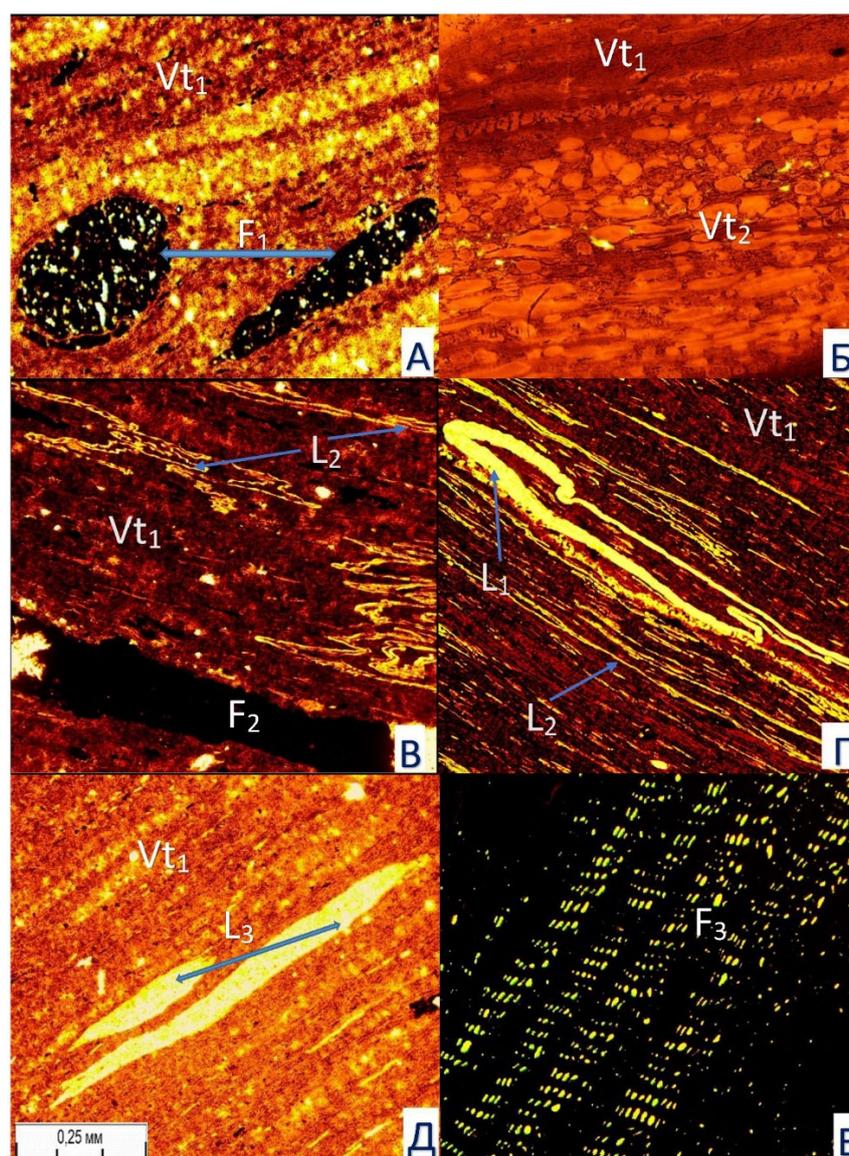


Рис. 1. Группы мацералов в углях тюменской свиты. Витринита: Vt₁ – коллинит; Vt₂ – телинит. Фюзинита: F₁ – семифюзинит; F₂ – микринит; F₃ – фюзинит. Лейптинита: - L₁ – споринит; L₂ – кутинит; L₃ - резинит.

Результаты

Различия в исходном органическом материале, степени обводненности торфяников, химическом составе среды, фациальных обстановках осадко- и торфо-накопления, обуславливающие направленность и интенсивность протекания окислительных и восстановительных микробиологических процессов, создали основу для образования различных генетических типов углей. Наблюдения над морфологией и структурой органического вещества (ОВ) позволяют предположить условия его фоссилизации. Сохранность анатомического строения, ровная поверхность фрагментов и четкие края их свидетельствуют о том, что при седиментогенезе ОВ подвергалось разложению сравнительно короткое время и не испытало окисления. В зависимости от условий и длительности нахождения ОВ в этой зоне оно может быть структурным или гомогенным. В последнем случае оно длительное время было под влиянием процессов гелификации, вследствие чего растительные ткани превратились в однородное бесструктурное вещество. В процессах гелификации существенное значение имеет динамика водной среды бассейна (застойность или проточность) и скорость захоронения растительного материала. При быстром погружении исходного вещества в обводненные застойные условия образуются фрагменты с сохранившимся клеточным строением. При постепенном же опускании органических остатков и предварительной их гумификацией (биохимическое разложение лигниноцеллюлозных тканей с возможным их окислением) в менее застойных условиях формируются бесструктурные фрагменты (в том числе и витринит).

Согласно генетической классификации [1], в рассмотренных образцах углей преобладает следующий вещественно-петрографический состав: группа гумолиты, класс гелитолиты, подкласс гелиты, тип липоидо-фюзинито-гелиты (при других сочетаниях мацералов формируются гелититы), подтип гомогелиты (реже телогелиты). Классификация построена с учетом преобладания того или иного углеобразующего вещества, генетических ассоциаций мацералов и позволяет рассматривать петрографический состав углей на уровне той степени детальности, которая необходима при любом виде исследования. Она является не только вещественно-петрографической, но и генетической, поскольку признаки, на которых она построена, отражают комплекс первичных фациальных условий углеобразования. В гелитолитах преобладают гелифицированные компоненты (V_t – витринит) над фюзинизированными (F – фюзинит) и липоидными (L – лейптинит) - $V_t > 50 \%$, $F + L < 50 \%$ и для этих углей характерен повышенный блеск. Накопление и преобразование исходного материала гелитолитов происходило в сильно обводненных торфяных болотах с различной динамикой среды – застойных и проточных. Степень обводненности болота определяет формирование мацерального состава. В более застойных условиях образуются угли подкласса гелитов ($V_t > 75 \%$), в проточных – гелититов ($V_t - 50-75 \%$). В последних лигниноцеллюлозные ткани частично окислялись из-за свободной циркуляции кислорода, в связи с чем увеличивалось содержание фюзинизированных мацералов.

В изученных нами образцах преобладают угли класса гелитов (подтип гомогелитов). В них наиболее распространены мацералы группы витринита (кол-

линит и телинит), которые не испытали сильного воздействия процессов первичного окисления (фюзинизации) и прошли в период своего разложения различные стадии гелификации. Это нашло отражение в общих признаках мацералов данной группы. В углях преобладает бесструктурная, гелифицированная оранжево-красная масса коллинита – в среднем 79 % (при вариациях 54-100 %). Этот мацерал является продуктом наиболее полного разложения растительных тканей при гелификации до жидкого коллоидного состояния и утративших поэтому свою растительную структуру (рис. 1А-Д). Он служит связующим веществом, которое полностью пропитывает и цементирует другие компоненты угля. Коллинит обычно совершенно однороден и напоминает окаменевший клей, имеет повышенную трещиноватость, четкие границы фрагментов, характеризуется различными оттенками красно-коричневого цвета в проходящем свете. Телинит встречается редко и представляет фрагменты лигниноцеллюлозных тканей различной степени сохранности клеточного строения. Среди гомогенной массы витринита он образует отдельные участки, выделяющиеся ячеистой или сотовой структурой, оставшейся от древесной ткани (рис. 1Б).

Среди фюзинизированных фрагментов (среднее 18 %, при вариациях 0-46 %) широко распространен микринит (рис. 1В), представляющий собой растительные ткани, которые сначала были подвержены значительной гелификации, а затем - фюзинизации. В проходящем свете он темно-коричневый и черный с отдельными светлыми точками, представляющими собой просвечивающие остатки заплывших полостей клеток. Форма его разнообразная - вытянутая, округлая. Нередко встречается и фюзинит (рис. 1Е) - это сильно окисленные растительные ткани с хорошо сохранившейся клеточной структурой не подвергшиеся гелификации. В проходящем свете он темно-коричневый, черный, с отчетливо различимыми светлыми полостями клеток, стенки которых обычно крупные, пустые, структура похожа на перфорированную ткань. Форма вытянутая, иногда изометричная. Также часто встречается семифюзинит (рис. 1А) - различные по структуре растительные ткани коричневого и бурого цвета. По рельефу, морфологии, структуре и цветовым оттенкам он занимает промежуточное положение между семителинитом и собственно фюзинитом, поэтому иногда можно наблюдать плавные переходы семифюзинита в эти мацералы. Ячеистая структура у него обычно хуже сохранилась, чем у фюзинита. Мацералы групп фюзинита и витринита наиболее распространены в углях (особенно в гумолитах) и их называют углеобразующими. Исходным материалом для них послужили стволы, ветви, пни, корни и листья деревьев. Но фюзинит и витринит образуются в разных фациальных обстановках: первый - в проточных водоемах с восстановительно-окислительной обстановкой седиментации, второй - в анаэробных условиях сильнообводненных болот.

В изученных углях встречаются и мацералы группы лейптинита (среднее 7 %, вариации 0-14 %), представленные споринитом, кутинитом и резинитом. Первый образуется из внешних оболочек спор и пыльцы, в состав которых входит спорополенин (устойчивое нерастворимое воскообразное вещество), наличие которого во многом обуславливает хорошую сохранность споринита. В проходя-

щем свете он имеет различные оттенки желтого цвета - от бледно-желтых и почти бесцветных до темно-желтых и оранжевых (рис. 1Г). Исходным материалом кутинита послужили верхние части кожицы листьев и стеблей растений. Кутикула не проницаема для воды и предохраняет их от потери влаги, т.е. выполняет функцию защиты от высыхания. Поэтому наиболее толстая кутикула отмечается у растений засушливых зон, а тонкая - на территориях с влажным климатом. В проходящем свете кутинит имеет примерно такой же цвет, что и споринит, т.е. различные оттенки желтого до оранжевого. Кутинит в поперечном сечении имеет вид узких, длинных полос (рис. 1В, Г), обволакивающих витринит, одна сторона которых относительно ровная, а другая обычно зубчатая. В углях встречаются желто-оранжевые эллипсоидные или удлинённые фрагменты резинита (рис. 1Д). Он образуется преимущественно из смоляных тел хвойных растений, произрастающих в теплом климате. Цементирующим материалом для них обычно является остаточное окисленное вещество лигниноцеллюлозных тканей. Смоляные тела служат для защиты растений от высыхания и гниения, а также от разрушения микроорганизмами в местах их повреждений.

Заключение

Изучение мацерального состава углей тюменской свиты показало, что они формировались в близких фациальных условиях. Исходным материалом их были остатки высших растений - лигниноцеллюлозные ткани, в меньшей мере липоидные компоненты. Вещественно-петрографический состав изученных углей следующий: группа гумолиты, класс гелитолиты, подкласс гелиты, тип липоидо-фюзинито-гелиты, подтип гомогелиты. Это наиболее распространенные витринитовые угли, встречающиеся практически во всех угленосных толщах. Их формирование происходило преимущественно в болотах, занимавших низменные побережья заливов, лагун, пресноводных бассейнов (автохтонное накопление). Менее распространен был снос с прилегающих участков суши в застойные водоемы растительного материала (обычно уже в разной степени окисленного) и продуктов его преобразования - аллохтонное. Накапливавшийся растительный материал в результате биохимического разложения превращался в торф, при этом значительное влияние оказывали обводненность и химический состав водной среды. Анаэробные условия приводили к гелификации (остуднение лигниноцеллюлозных тканей растений и превращение их в гель) органического вещества и формированию блестящих витринитовых углей, аэробные и окислительная среда способствовали окислению (фюзинизации) и образованию фюзеновых углей. Вымывание проточными водами продуктов разложения и окисления лигниноцеллюлозных тканей сопровождалось обогащением органической массы остатками наиболее устойчивых частей растений (споринита, кутинита и резинита). Спокойная тектоническая обстановка с медленным опусканием бассейна седиментации отразилась на сохранности строения растительных тканей, в результате чего образовалась в основном бесструктурная гелифицированная масса. Тонкая кутикула на листьях растений свидетельствует о том, что они росли во влажном климате.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Проекта № FWZZ-2022-0011 программы ФНИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вальц И.Э., Гинзбург А.И., Крылова Н.М. Основные принципы вещественно-петрографической классификации углей // Химия твердого топлива. – 1968. – № 3. – С. 9–20.
2. ГОСТ Р55662-2013. Методы петрографического анализа углей. Часть 3. Метод определения мацерального состава. – М.: Стандартиформ. – 2014. – 9 с.

© А. Н. Фомин, В. Е. Горохова, 2023