

*А. В. Лаврова<sup>1,2</sup>, А. Н. Фомин<sup>1,2</sup>✉*

## **Условия формирования углей тюменской и васюганской свит на Каймысовском своде и смежных территориях юго-востока Западно-Сибирского мегабассейна по углепетрографическим данным**

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

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: fominan@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** Микроскопически изучен мацеральный состав углей тюменской и васюганской свит. Проведено их описание, выделены группы, классы, подклассы, типы и подтипы, представлены фотографии наиболее типичных мацералов. На основе полученных результатов высказано предположение об условиях формирования угленосных пластов.

**Ключевые слова:** Западная Сибирь, тюменская и васюганская свиты, мацеральный состав углей, условия формирования

*A. V. Lavrova<sup>1,2</sup>, A. N. Fomin<sup>1,2</sup>✉*

## **Formation Conditions of Coals of the Tyumen and Vasyugan Formations in the Kaimysov Arch and Adjacent Territories of the South-East of the West Siberian Megabasin According to Coal-Petrographic Data**

<sup>1</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,  
Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation  
e-mail: fominan@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** The maceral composition of the coals of the Tyumen and Vasyugan Formations 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, Tyumen Formation, Vasyugan Formation, maceral composition of coals, forest-to-coal process conditions

### ***Введение***

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 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 (липтинита) и водорослевые (альгинита). Дальнейшее разграничение в пределах групп проведено по степени сохранности их анатомо-морфологического строения, а липоидных элементов (споровых, смоляных и др.) - с учетом их функционального назначения при жизни растений. Все эти признаки позволяют предположить палеогеографические условия их фоссилизации, т.е. физико-географические обстановки, их динамику, изменения климата, тектонические движения на поверхности Земли в геологическом прошлом [2, 4, 7].

### *Методы и материалы*

Микроскопически в проходящем свете определен мацеральный состав 21 пробы углей тюменской и васюганской свит из 18 скважин на 16 разведочных площадях Каймысовского свода и смежных территорий юго-восточных районов Западно-Сибирского мегабассейна - табл. 1. Для этого проводилось ручное сканирование всей поверхности шлифа по методике ГОСТ Р55662-2013 [3] и подсчитывалось процентное содержание мацералов, которые диагностировались по цвету, морфологии, структуре и степени ее сохранности. Выполнено их описание, выделены группы, классы, подклассы, типы и подтипы по [1], приведены фотографии наиболее распространенных мацералов (рис. 1). По требованиям указанного выше ГОСТа, мацеральный состав углей определяют в полированных аншлиф-брикетах в отраженном свете. Но при этом освещении надежно диагностируются в основном мацералы групп витринита и инертинита (фюзинита), а другие часто сливаются с основной массой и плохо различимы на всех стадиях катагенеза. Тогда как мацералы групп липтинита и альгинита по формам, а также желтым и оранжевым цветам в проходящем свете очень четко выделяются на фоне красных и коричневых тонов основной массы гелитолитов. Изученные авторами угли умеренно преобразованы ( $R_{vt}^0 - 0.55-0.75 \%$ , градации  $МК_1^{1-2}$ ) и катагенез еще слабо отразился на цвете мацералов. Поэтому их исследовали в проходящем свете. Для достоверности получаемых результатов, из каждого образца изготавливалось несколько шлифов и в каждом определялся мацеральный состав, потом из них подсчитывались средние значения. В рассматриваемом районе угли тюменской и васюганской свит в этом отношении не изучены, отдельные сведения по смежным районам приведены в работах [5, 6].

## *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. В случае быстрого погружения исходного вещества в обводненные застойные условия образуются фрагменты с сохранившимся клеточным строением. При постепенном же опускании органических остатков и предварительной их гумификации (биохимическое разложение лигниноцеллюлозных тканей с возможным их окислением) в менее застойных условиях формируются бесструктурные фрагменты (в том числе и витринит) [2, 4, 7].

Согласно генетической классификации углей [1], в изученных образцах преобладает следующий вещественно-петрографический состав - группа гумолиты, класс гелитолиты, подкласс гелиты, тип липоидо-фюзинито-гелиты (при других сочетаниях мацералов формируются гелититы), подтип гомогелиты. 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 ( $L$  – липтинит) -  $V_t > 50\%$ ,  $F+L < 50\%$  и для них 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 повышенной циркуляции кислорода и происходило увеличение фюзинизированных мацералов [2, 4, 7].

Таблица № 1

Мацеральный состав углей тюменской и васюганской свит Каймысовского свода Томской области

№ п/п	№ обр.	Скважина	Глубина, м	Мацеральный состав, %		
				Vt	F	L
		<b>Тюменская свита</b>				
1	3621	Весенняя-225	2655	76	15	9
2	3624	Весенняя-225	2660	73	3	24
3	3754	Ледовая-5	2832	86	3	11
4	3755	Ледовая-5	2739	61	10	29
5	2638	Озерная-73	2790	71	9	20
6	4506	Саймовская-1	2882	76	19	5
7	4540	Соломбальская-1	2764	100	-	-
8	2631	Черемшанская-2	2680	78	4	18
9	7054	Медвежья-20	2958	85	4	11
10	7055	Медвежья-20	2863	59	41	-
		<b>Васюганская свита</b>				
11	8970	Двуреченская-11	2677	84	10	6
12	8972	Двуреченская-13	2687	91	6	3
13	8283	Двуреченская-15	2686	68	8	24
14	8973	Двуреченско-Мелимовская-29	2711	86	14	-
15	8978	Зап-Моисеевская-31	2713	80	8	12
16	7798	Зап-Крапивинская-223	2746	57	23	20
17	6761	Катыльгинская-100	2590	68	8	24
18	3605	Карандашовская-3	2588	82	11	7
19	7797	Крапивинская-216	2746	86	7	7
20	8282	Налимья-8	2909	94	3	3
21	7904	Первомайская-2287	2625	100	-	-

**Группы мацералов:** Vt - витринита; F – фюзинита (инертинита); L - липтинита.

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

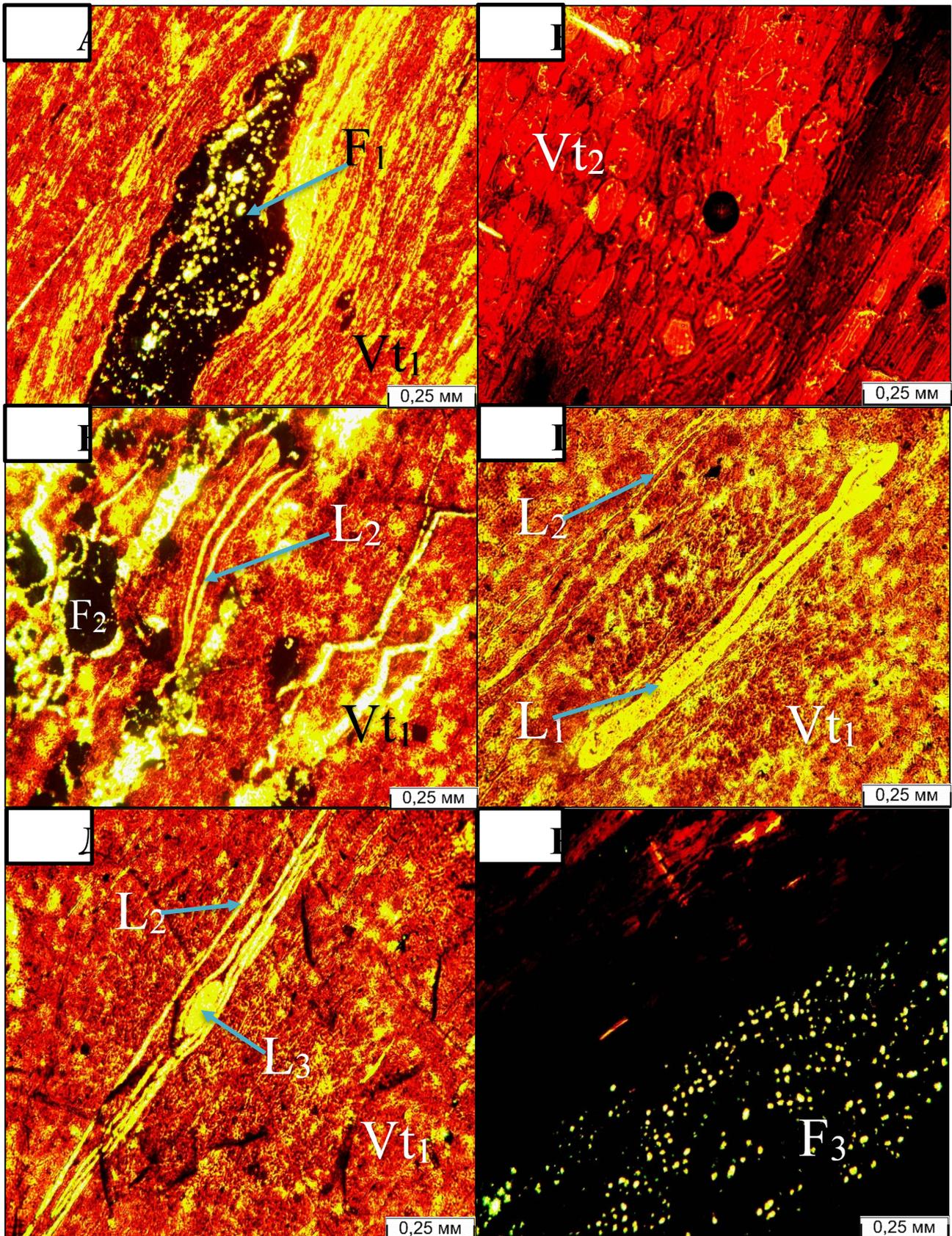


Рис. 1. Группы мацералов в углях тюменской свиты. Витринита: Vt<sub>1</sub> – коллинит; Vt<sub>2</sub> – телинит. Фюзинита: F<sub>1</sub> – семифюзинит; F<sub>2</sub> – микринит; F<sub>3</sub> – фюзинит. Липтинита: - L<sub>1</sub> – споринит; L<sub>2</sub> – кутинит; L<sub>3</sub> – резинит.

(коллинит 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 57–100 %). 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 9 %, при вариациях 0–41%) 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 липтинита (среднее 11 %, вариации 0–32%), 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 про-

ходящем 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 примерно такого же цвета, 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) иногда в значительных количествах. 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 и васюганской свит 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 витреновых углей, аэробные и окислительная среда способствовали фюзинизации и образованию фюзеновых углей. Вымывание проточными водами продуктов 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. Волкова И.Б., Вальц И.Э., Гаврилова О.И. Петрография углей СССР. Основы петрографии углей и методы углепетрографических исследований. - Л.: Недра. – 1982. - 191 с.
3. ГОСТ Р55662-2013. Методы петрографического анализа углей. Часть 3. Метод определения мацерального состава. - М.: Стандартинформ. - 2014. - 9 с.
4. Жемчужников Ю.А., Гинзбург А.И. Основы петрологии углей. - М.: АН СССР. – 1960 - 400 с.
5. Трушков П.А. Петрографическая характеристика органического вещества юрских и меловых отложений Западно-Сибирской плиты. – Новосибирск: Труды СНИИГГиМС, вып. 231 // *Геохимические критерии перспектив нефтегазоносности мезозойских и палеозойских отложений Сибири*. – 1976. - С. 47-57.
6. Фомин А.Н., Горохова В.Е. Мацеральный состав и условия формирования углей тюменской свиты на юго-востоке Западно-Сибирского мегабассейна // *Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири*. – 2024. - № 46(61). - С. 23-31.
7. Штах Э., Маковски М.-Т., Тейхмюллер М., Тейлор Г., Чандра Д., Тейхмюллер Р. *Петрология углей*. – М.: Мир. - 1978. - 554 с.

© А. В. Лаврова, А. Н. Фомин, 2025