

## ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ И ИСТОЧНИКОВ ВЕЩЕСТВА УГЛЕОБРАЗОВАНИЯ

А.А. Киселева

*Научный руководитель к.ф.-м.н. В.И. Рождествина*

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск, Россия*

Ископаемые угли - биогенная горная порода. Одним из важнейших вопросов является определение источников вещества (растений углеобразователей) и реконструкция палеоклиматических условий угленакопления. Теория о происхождении углей из растений через стадию образования торфа нередко ставится под сомнение, с отрицанием растительного вклада в процесс углеобразования [1]. В связи с этим, исследования, направленные на определение генетических процессов накопления и преобразования органического вещества угля, являются актуальными и фундаментально значимыми.

Нами проведены комплексные исследования растений углеобразователей с использованием различных методов инструментального анализа: оптическая и электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ, газовая и жидкостная хроматография. Исследования выполнены в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. В работе исследовались современные растения болот (древесные лиственные и хвойные, травянистые), торф (моховой очес верховых и низинных болот, образцы отобраны с глубины 0.3 м, 0.2 м и верховые побеги мха), миоценовые мягкие бурые угли Сергеевского месторождения и палеоценовые бурые угли Ерквецкого месторождения.

Большие возможности в исследовании структур органических молекул-биомаркеров (УВ-хемофоссилий), встречающихся в живой природе и сохранившихся в осадочных породах, имеют хроматографические методы анализа.

Доказано присутствие в высшей растительности *n*-алканов с числом углеродных атомов от 20 до 35, со значительным преобладанием соединений с нечетным числом атомов С. Причем распределение *n*-алканов для различных растений индивидуально. Исследованные растения различаются содержанием и индивидуальным набором *n*-алканов. В сфагнуме преобладают низкомолекулярные *n*-алканы С16-С18, в кустарниковых болотных растениях – С31, в хвощах преобладают четные гомологи С24-С26, в древесных лиственных растениях доминируют нечетные *n*-алканы С25, С27, С29 и С31, при этом максимальное количество *n*-алканов содержится в листьях, по сравнению с другими частями растения. Характерной особенностью хвойных растений, в отличие от лиственных, является присутствие на хроматограмме помимо алканов большого количества других компонентов, вероятно, соединений смол. Алканы, из-за своего строения (прочные сигма связи), являются очень стабильными, практически не вступают в химические реакции, и сохраняются неизменными на всех этапах преобразования органического вещества.

Алканы в битумоидах верхового торфа представлены гомологами С16–С26, с преобладанием низкомолекулярных С16-С18, свидетельствующих о высоком вкладе сфагнума. Хроматограммы, полученные от битумоидов низинного торфа, имеют двумодальное распределение, свидетельствующее о полигенности органического вещества. Алканы в битумоидах миоценовых углей представлены гомологами С17–С31. Доминируют С29Н60 (нонакозан) и С31Н64 (гентриаконтан), источником образования которых являются высшие растения. Подошва угольного пласта, вероятно, формировалась в водных условиях, так как здесь повышена концентрация С17Н36 (гептадекана), основным биологическим источником которого являются цианобактерии и водоросли. Алканы в битумоидах палеоценовых углей Ерквецкого месторождения представлены преимущественно высокомолекулярными гомологами С23–С33, с заметным преобладанием нечетных *n*-алканов. Что указывает на существенный вклад в образование угля высших древесных растений. Максимум концентрации во всех образцах приходится на С25Н52 (пентакозан). При этом концентрация этого алкана возрастает от подошвы к кровле пласта, это свидетельствует об увеличении вклада древесных растений в процессе накопления органической массы. В этом же ряду увеличиваются концентрации и других высокомолекулярных *n*-алканов с числом углеродных атомов С27, С29, С31, С33, источником образования которых являются высшие растения.

Изопреноидные алканы - пристан и фитан, присутствующие в углях [4, 5], в растениях не обнаружены. Пристан и фитан не содержатся в растениях, так как образуются из хлорофилла в результате реакции гидролиза. В восстановительной (бескислородной) обстановке образуется фитан, а в окислительной (кислородной) – пристан [2]. Таким образом, по соотношению этих биомаркеров можно судить об условиях углеобразования. Условия образования Ерквецких углей – преимущественно окислительные, характерные для седиментации осадков с наземным органическим веществом, источником органического вещества углей послужили преимущественно древесные растения. Условия образования Сергеевских углей – в большей степени восстановительные, угли формировались в условиях небольших мелководных озер, периодически затопляемых болотно-луговых территорий, источником органического вещества углей послужили преимущественно водные высшие и низшие растения.

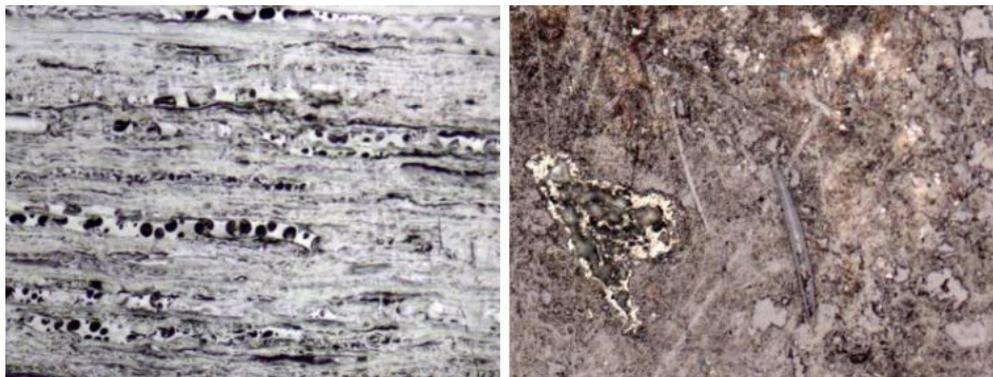
Вторым важным индикатором являются растительные микрофоссилии, называемые фитолитами – частицы кремнезема, образующегося в различных частях растений. К ним относятся частицы, продуцируемые древесными и травянистыми растениями, мхами, скелетные структуры диатомовых водорослей, цисты золотистых водорослей и прочие биоминеральные образования.

Фитолиты встречаются у многих растений в листьях, междуузлиях и чешуях, при этом их морфоструктура, образованная в процессе минерализации и определяемая анатомическим происхождением, может отличаться в зависимости от органа растения, однако легко идентифицируется. Фитолиты являются более стойкими, чем пыльца и споры сосудистых растений, к разрушению; существенно варьируют по размерам и форме на

разных таксономических уровнях; обладают большей, чем другие органические остатки растений, плотностью; сохраняют свою морфологию, после того как растение отмирает; весьма ограниченно переносятся ветром или потоками воды и остаются рядом с материнским растением после его разложения. Они хорошо сохраняются в почвенных горизонтах без консервации в течение длительного времени. Все это позволяет наряду со спорами и пылью широко использовать их для стратификации и датирования растительности прошедших эпох. Для определения принадлежности фитолитов к роду или виду растений используются индикаторные группы растений с аналогичными характеристиками и требованиями к экологии. Некоторые морфотипы являются общими для широкого диапазона представителей флоры.

В раннемиоценовом мягком буром угле Сергеевского месторождения нами определены 7 категорий морфотипов согласно классификации Fredland and Tieszen (1994), которые продуцируются подсемействами Panicoideae, Pooideae, Cloridoideae. В ансамбле фитолитов встречаются и морфотипы, которые достаточно трудно описать, и они, вероятно, представлены двудольными растениями как травянистыми, так и древесными формами. Подсемейство Panicoideae: основные морфотипы представлены следующими группами фитолитов: паникоидный тип, лопастной, зубчатые палочки (колючие клетки), характерны для подсемейств Panicoideae (Просовые) и Arundinoideae (Тростниковые). Паникоидный тип фитолитов продуцируется растениями (фотосинтетический путь), которые произрастают в теплом и влажном климате. Подсемейство Pooideae (Мятликовые) представлено такими доминантными морфотипами как городчатые клетки. Фитолиты такого типа как седловидные формы характерны для подсемейства Chloridoideae [3]. Таким образом, состав растений подтверждает, что условия образования создавались преимущественно в озерных или речных обстановках внутриконтинентальной седиментации. Наличие фитолитов покрытосеменных растений в этих отложениях – еще одно свидетельство молодости угольного пласта. Данные согласуются с полученными нами ранее, где рассмотрен диатомовый комплекс данного месторождения. Обилие пресноводных или слегка солоноватоводных видов диатомовых водорослей позволяет говорить о том, что существовал водоем с застойными водами. Наличие золотистых водорослей также свидетельствует в пользу развития болотных растительных сообществ на данной территории [5].

Растительные фоссилии сохраняются не только в виде фитолитов, но и в результате минерализации исходной растительной ткани с сохранением структурных особенностей. На рисунке 1 представлены микрофотографии шлифов угольных образцов Ерковецкого и Сергеевского месторождений. Описанные выше результаты и сделанные на их основе выводы имеют высокую сходимость с данными, полученными при изучении особенностей микростроения угольных аншлифов.



*Рис. Микростроение углей: сосудистая строение фоссилизированной древесины Ерковецкое месторождение (а), бесструктурная масса с выделением микрокомпонентов сосудистых растений, остатков диатомовых водорослей, фромбидов пирита Сергеевское месторождение (б)*

Микрокомпоненты углей Ерковецкого месторождения нередко характеризуются наличием фоссилизированной древесины с хорошо сохранившейся структурой сосудистой ткани. Здесь же нередко отмечаются микрокомпоненты, строение которых позволяет заключить, что они относятся к различным видам травянистых растений. В аншлифах Сергеевского месторождения преобладает бесструктурная масса с локальными микрокомпонентами. Такое строение обусловлено формированием угля из торфяной массы, болотистой растительности. Ближе к подошве угольного пласта появляются диатомовые водоросли, активизируется процесс пиритизации (фраммоидальный пирит и пиритизация отдельных структурных единиц).

#### Литература

1. Деменкова Л.Г., Игишева А.Л. Каменный уголь: состав, строение, теории образования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 3-2. – С. 392-395.
2. Гусева А.Н., Соболева Е.В. Практикум по геохимии горючих ископаемых: Уч. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 136 с.
3. Киселева А.А., Рождествина В.И., Леусова Н.Ю. Индикаторная функция фоссилий в определении палеоклиматических условий и источников вещества углеобразования // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Четвертая Всерос. науч. конф.: сб. докладов. – Благовещенск: ИГиП ДВО РАН, 2016. Т.1. – С. 137-140.
4. Киселева А.А., Рождествина В.И., Сорокин А.П., Леусова Н.Ю. Палеорекострукция условий угленакопления Сергеевского бурогоугольного месторождения // Вестник АмГУ, выпуск 67, 2014. – С. 145-150.
5. Киселева А.А., Рождествина В.И. Угольные фитоценозы: молекулярный и электронно-микроскопический анализ // Успехи наук о жизни. 2013. № 6. – С. 50-65.