

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦА КАМЕННОГО УГЛЯ С ПОМОЩЬЮ СЗМ

физика

Лаврентьев Л.Д.

9 класс, КГБОУ «БИЙСКИЙ ЛИЦЕЙ-ИНТЕРНАТ АЛТАЙСКОГО КРАЯ» г.

Бийск, Алтайский край

Научный руководитель: Долматова Н.М., КГБОУ «БИЙСКИЙ ЛИЦЕЙ-ИНТЕРНАТ АЛТАЙСКОГО КРАЯ» г. Бийск, Алтайский край

Уголь является одним из наиболее эксплуатируемых природных энергоносителей и распространенным видом топлива.

Главные области применения каменной разновидности – энергетика и металлургия. Его закупают как топливо для ТЭЦ, частных домов и котельных. Используют каменный уголь для получения химических соединений, редких элементов, производства лаков, красок, пластмассы и прочих нужных продуктов. Он недорог, несложен в обработке и незаменим в промышленности [6]. Уголь является сложным структурным объектом, что и делает его интересным для исследования.

В настоящее время идут исследования механизмов накопления ценных элементов в залежах угля. Эти редкоземельные элементы содержатся в залежах угля в очень небольших дозах. Редкоземельные элементы используются для ракетно-космической промышленности, в различных отраслях техники. Обычный человек может и не знать, что каждый день он носит с собой немного редкоземельных элементов, которые входят в детали мобильного телефона. Для России очень важно наладить собственные каналы добычи ценных элементов.

Большое значение имеет такое механическое свойство каменного угля, как пористость. Пористость углей играет важную роль при их взаимодействии с газами, жидкостями, в том числе химическими реагентами. Она определяет сорбционную активность углей в процессах их использования и переработки. Пористость определяют разными методами [8].

В результате анализа Интернет-источников, был сделан вывод о том, что данное ископаемое исследуется с помощью световых, электронных сканирующих, просвечивающих электронных микроскопов. Представленные снимки, выполнены со сравнительно малым увеличением.

Поэтому было принято решение провести изучение скола каменного угля с помощью туннельного микроскопа.

Цель исследования заключалась в том, чтобы с помощью туннельного микроскопа СММ-2000 получить изображение наноразмерной структуры поверхности каменного угля.

Объект исследования: туннельная микроскопия.

Предмет исследования: каменный уголь.

Задачи исследования:

1. Найти и проанализировать теоретический материал по данному вопросу;
2. Изготовить образцы каменного угля;
3. С помощью СТМ получить информацию о структуре и топографии поверхности образцов;
4. Выполнить обработку и описание полученных изображений;
5. Сделать вывод.

Методы исследования:

1. Теоретический (теоретический анализ и обобщение специализированной литературы).
2. Экспериментальный (изготовить образцы, получить изображение поверхности с помощью СТМ).
3. Сравнение полученных изображений.
4. Анализ данных, полученных опытным путем.
5. Обобщение.

Гипотеза: топография поверхности образцов каменного угля в нанометрическом диапазоне представляет собой пористую неоднородную структуру.

Практическая значимость работы:

При оценке пригодности использования углей в различных отраслях их подвергают техническому анализу и ряду специальных технологических исследований. Полученные результаты позволяют выбрать наиболее рациональные и экономически эффективные направления их использования, что играет не последнюю роль в определении экономической значимости угольных месторождений. [5]

Результаты данной работы могут внести вклад в исследования свойств углей.

Сканирующий туннельный микроскоп

Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ, англ. STM — scanning tunneling microscope) — вариант сканирующего зондового микроскопа, предназначенный для измерения рельефа проводящих поверхностей с высоким пространственным разрешением.

В СТМ острая металлическая игла подводится к образцу на расстояние нескольких ангстрем (0.1 нм). При подаче на иглу относительно образца небольшого потенциала возникает туннельный ток. Величина этого тока экспоненциально зависит от расстояния между поверхностью образца и иглой. Типичные значения силы тока — 1-1000 пА при расстояниях образец-игла около 1 Å. Сканирующий туннельный микроскоп первый из класса сканирующих зондовых микроскопов; атомно-силовой и сканирующий ближнепольный оптический микроскопы были разработаны позднее.

В процессе сканирования игла движется вдоль поверхности образца, туннельный ток поддерживается стабильным за счёт действия обратной связи, и показания следящей системы меняются в зависимости от топографии поверхности. Такие изменения фиксируются, и на их основе строится карта высот. Другая методика предполагает движение иглы на фиксированной высоте над поверхностью образца. В этом случае фиксируется изменение величины туннельного тока и на основе данной информации идёт построение топографии поверхности.

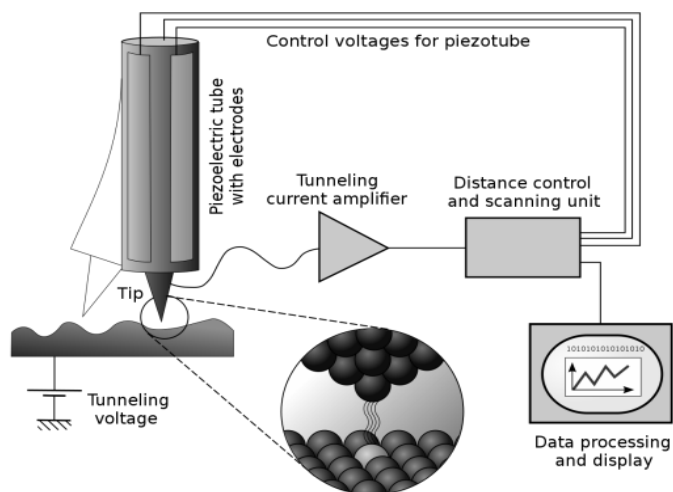


Рис. 1 [1]

Характеристика каменного угля

Многообразие угля велико даже в рамках одного болота. Самым популярным видом угля считается каменный. По степени метаморфизма он занимает среднее положение между бурым и антрацитом. Образовался вид 300-350 миллионов лет назад, в Протерозойскую и Палеозойскую эры.

Угольные пласты формируются из толстых слоев растительных остатков, обычно накапливающихся в болотах. Крошечные частицы растений и другие болотные отложения имеют разные цвета, поэтому уголь под микроскопом представляет собой яркое и интересное зрелище.

Каменный уголь - плотная порода чёрного, иногда серо-чёрного цвета (рис.2).



Рис. 2. Каменный уголь

Блеск смоляной или металлический. В органическом веществе каменного угля содержится 75—92 % углерода, 2,5—5,7 % водорода, 1,5—15 % кислорода. Содержит 2—48 % летучих веществ. Влажность 1—12 %. Высшая теплота сгорания в пересчёте на сухое беззольное состояние 30,5—36,8 МДж/кг.

Каменный уголь разделяют на блестящий, полублестящий, полуматовый, матовый. Как правило, блестящие виды угля малозольны вследствие незначительного содержания минеральных примесей [2].

Если провести каменным углем по светлой поверхности, он оставит на ней черный след. Структура у материала однородная, слоистая. Иногда внутри встречаются обуглившиеся останки растений. Под микроскопом в породе можно заметить споры, кутикулу [3].

Уголь образуется из пористой породы – торфа. В процессе метаморфизма угольное вещество претерпевает изменения под воздействием внешних сил и структурных трансформаций органической массы. В результате этих процессов возникает и преобразуется пористая структура угольного вещества, изменяются размер и общий объем пор (рис.3). Часть пор остается открытыми, соприкасается с внешней атмосферой. Через них активно впитывается влага. Другая часть пор закрыта. Их еще называют изолированными [7].



Рис. 3. Пористая структура угольного вещества

Поры в углях можно разделить на макропоры со средним диаметром 500 А° и микропоры с диаметром 5–15 А°. Площадь внутренней поверхности макропор составляет примерно 1 м² /г, а микропор ~ 200 м² /г [3].

Электрические свойства углей определяются их электрической проводимостью. Ископаемые угли могут быть отнесены к полупроводникам. Удельное электрическое сопротивление, измеренное для порошка, при комнатной температуре и атмосферном давлении составляет для каменных углей средней стадии метаморфизма $10^{10} - 2 \cdot 10^{10}$ Ом·см [4].

Исследование поверхности образцов с использованием сканирующего зондового микроскопа (СЗМ)

Для исследования были взяты образцы каменного угля Кузбасса. Угольные сколы были наклеены на стальные подложки (рис. 4).



Рис. 4. Образцы каменного угля Кузбасса, взятые для исследования

Так как СТМ режим предполагает использование электропроводных образцов, то необходимо было установить электрическое сопротивление исследуемого материала.


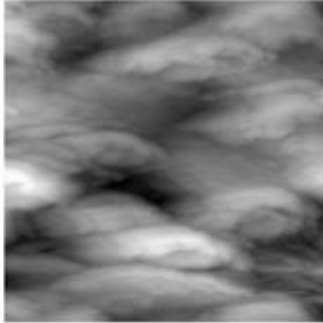

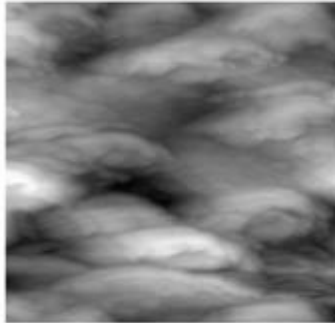


Исследование электропроводности сколов показало, что их сопротивление велико. Поэтому было принято решение произвести вакуумное напыление серебра на их поверхность.

Исследование проводилось в режиме сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). В качестве зонда использовался отрезок медной проволоки длиной 0,6 мм. Работа режима происходила при неизменной высоте острия иглы. В процессе исследования была подобрана оптимальная скорость сканирования 29 нм/с, что позволило получить двух- и трехмерные СТМ-кадры структуры поверхности каменного угля.

Наиболее удачные кадры были получены при сканировании образцов №2 (размеры сканируемой области - 298 нм x 291 нм.) и №3 (размеры сканируемой области- 9,337 x 9,548 мкм).

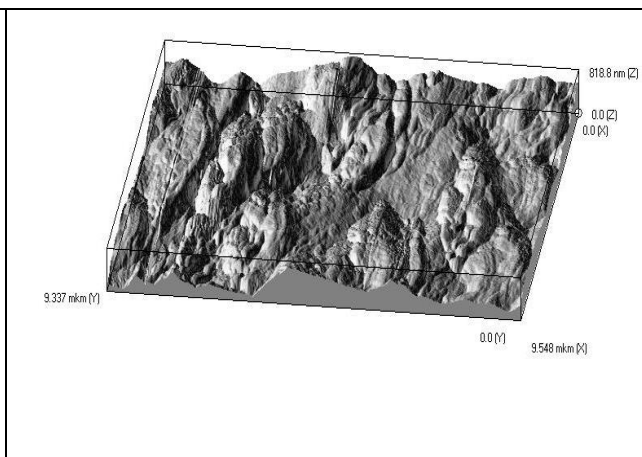
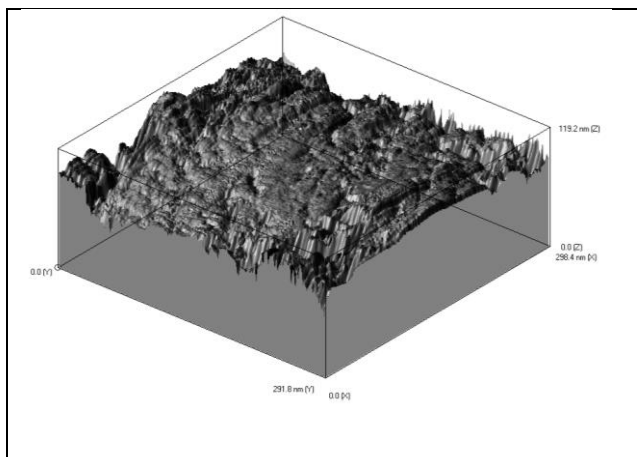
Результаты исследования отражены в таблице.

СТМ кадры и их описание

Образец №2	Образец №3
2D-изображение до обработки	
	
2D-изображение после матричной обработки 3x3	
	
 <p>0 1 2 3 10^{-7}м</p>	 <p>0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10^{-6} м</p>
3D-изображение	

Заключение

Начальный этап исследования представлял собой анализ теоретического материала о строении и происхождении каменного угля, а также принципе работы сканирующего туннельного микроскопа. Затем были изготовлены образцы каменного угля. Основной этап исследования был выполнен с



Описание	
<p>Поверхность образца представляет собой разнородную структуру в виде плотно расположенных гранул диаметром 10 нм, а также отдельных слоев, ориентированных в одном направлении, отличающиеся по ширине и высоте. Границы между слоями разделены впадинами, размеры которых варьируются от 5 до 41 нм .</p>	<p>Поверхность представляет собой разнородную структуру с чередующимися возвышенностями и впадинами. Можно выделить отдельные слои определенного направления. Разброс высот составляет 396,45 нм.</p> <p>На дне центральной впадины и некоторых возвышенностях отчетливо видна чешуйчатая поверхность. Размер отдельной чешуйки порядка 0,5мкм</p>

использованием туннельного микроскопа СММ-2000. Удалось получить трехмерное изображение поверхности двух образцов угля.

В топографии поверхностей образцов №2 и №3 есть как сходства, так и различия. Обе поверхности представляют собой разнородную структуру, в которой можно выделить отдельные слои, связанные с процессом формирования угля. В образце №2 слои выражены наиболее четко. Перепады высот по оси Z в образце №3 значительно больше, чем в образце №2. Наименьшая структурная единица на втором образце порядка 10нм, а на поверхности третьего образца 0,5мкм.

Гипотеза, выдвинутая в начале исследования, частично подтвердилась. Топография поверхности каменного угля в нанометрическом диапазоне представляет собой неоднородную структуру. Поры, которые предполагалось обнаружить на поверхности, не просматриваются. Это говорит о том, что в качестве образца, был использован зрелый уголь с закрытыми порами.

Список источников

1. Сканирующий туннельный микроскоп [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сканирующий_туннельный_микроскоп (дата обращения: 25.06.2021).
2. Каменный уголь [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Каменный_уголь (дата обращения: 25.06.2021).
3. Плачкова С. Г. От огня и воды к электричеству. Физические свойства угля [Электронный ресурс]. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-1/part-2/section-7/7-2/7-2-2> (дата обращения: 25.06.2021).
4. Электропроводность каменного угля [Электронный ресурс]. URL: <https://gruntovozov.ru/chasto-zadavayemiye-voprosy/svoystva-i-harakteristiki-kamennogo-uglya/elektroprovodnost-kamennogo-uglya-opisanie-svoystva/> (дата обращения: 25.06.2021).
5. Основные показатели качества угля [Электронный ресурс]. URL: <http://spb-sovtrans.ru/geologiya-tverdyh-goryuchih-iskopaemyh/337-osnovnye-pokazateli-kachestva-ugley.html> (дата обращения: 25.06.2021).
6. Все о каменном угле: описание, свойства и подробная классификация, добыча, применение. [Электронный ресурс]. URL: <https://zakamnem.ru/vidy/kamennyj-ugol> (дата обращения: 25.06.2021).
7. Пористость каменного угля – что это за свойство. [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5ef5e0ea99d22e15460a3f0a/poristost-kamennogo->

uglia--chto-eto-za-svoistvo-5feab5aa5fec142ae9360e85 (дата обращения: 25.06.2021).

8. Самойлик В.Г. Классификация твёрдых горючих ископаемых и методы их исследований. Определение пористости. [Электронный ресурс]. URL: <https://scicenter.online/gornoe-delo-scicenter/205-opredelenie-poristosti-143449.html> (дата обращения: 25.06.2021).