

УДК 622.33

**С.А. Эпштейн**

## **ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ В УГЛЯХ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ \***

*Рассмотрены основные факторы, определяющие трещиноватость ископаемых углей. Приведены экспериментальные данные о зависимости количественных параметров трещиноватости от структурных и морфологических особенностей углей разных генотипов. Установлено, что морфологические особенности вещества витринитов углей в процессах сорбции играют второстепенную (по сравнению со структурными, определяемыми по показателям сорбции и набухания углей) роль в количественных показателях трещиноватости.*

*Ключевые слова: уголь, генотип, фликкер-шумовая спектроскопия, трещиноватость, окисление, сорбция, набухание.*

**S.A. Epishtein**

### **CRACK FORMATION IN THE COLAS OF THE DIFFERENT TYPE.**

*The main factors that define the crack formation of the mineral coal are reviewed. The experimental data on the dependence of the quantitative parameters of the fracturing on the structural and morphological characteristics of colas of different genotypes are given. It was proven that the morphological characteristics of the coal vitrinite during the sorption play the secondary role in forming the fractures in comparison with the structural characteristics (the parameters of sorption and coal bulking).*

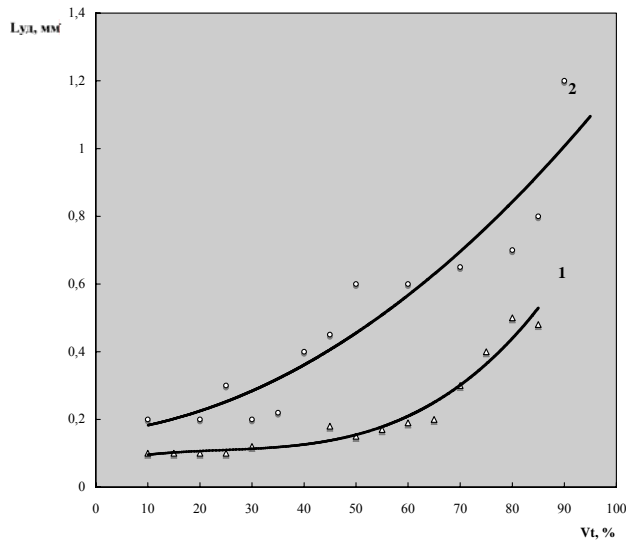
*Key words: coal, genotype, flicker-noise spectroscopy, fracturing, oxidation, sorption, bulking.*

\*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-05-00263-а

**Т**рещиноватость углей, имеющая важное значение при прогнозе их дробимости и размолоспособности, зависит от петрографического состава углей, в первую очередь, от содержания витринита. На рис. 1 приведена зависимость изме-

нения эндогенной трещиноватости углей с различным содержанием в них мацералов группы витринита. Эндогенная трещиноватость незначительно изменяется при малых содержаниях в углях разных стадий витринита; резкое возрастание происходит при увеличении количества витринита более 50%. Экзогенная трещиноватость также более ярко проявляется для углей, обогащенных витринитом [1,2]. Трещиноватость оказывает несомненное влияние на прочность и гранулометрический состав углей [3-5], что очень важно при их добыче и переработке. Существует тесная связь между интенсивностью экзогенной трещиноватости и склонностью пластов к выбросам [5].

Данные об изменении эндогенной трещиноватости при метаморфизме приведены на рис. 2. Эта зависимость имеет экстремальный характер: максимальная частота эндогенных трещин характерна для углей II-IV стадий метаморфизма. Изменение микротвердости витринитов имеет более сложную зависимость от стадии метаморфизма. Микротвердость увеличи-



**Рис. 1.** Изменение эндогенной трещиноватости Луд в зависимости от содержания витринита ( $V_t$ ) в углях I (1), III и IV (2) стадий метаморфизма [4]

ческий состав (размолотоспособность),

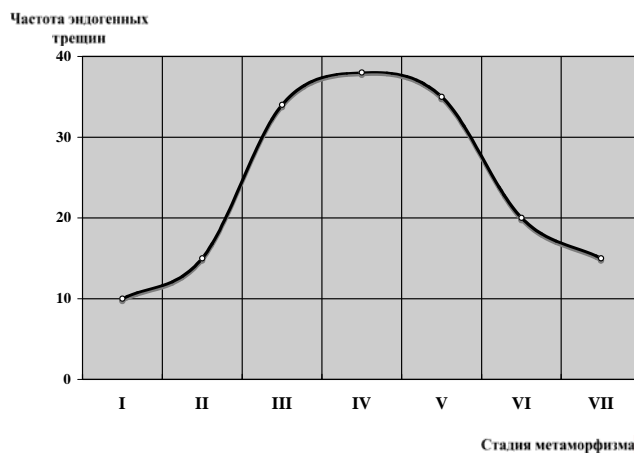
сопротивление резанию и другие механические характеристики. Так, сопротивление углей резанию имеет минимум для углей средних стадий метаморфизма, это зависимость проявляется тем яснее, чем больше в углях витринита. С увеличением

стадии метаморфизма от I до III увеличивается количество мелочи в товарных пробах углей [3, 4].

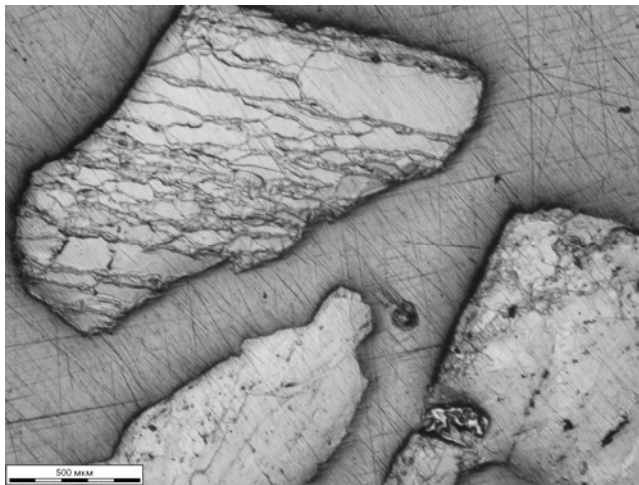
Для изометаморфных витринитов разных генотипов по степени восстановленности образование трещин при индентировании (определении микротвердости путем вдавливания алмазной пирамидки) характерно для углей более восстановленного типа [6]. Микрохрупкость витринитов каменных углей

постепенно возрастает от I стадии до максимальных значений на IV стадии метаморфизма ( $R_{o,r} \sim 1,30 - 1,49\%$ ), а затем уменьшается к VI стадии ( $R_{o,r} \sim 2,00\%$ ). Изометаморфные более восстановленные угли характеризуются значительно большей микрохрупкостью на всех стадиях метаморфизма. Величины микрохрупкости витринита могут служить при-

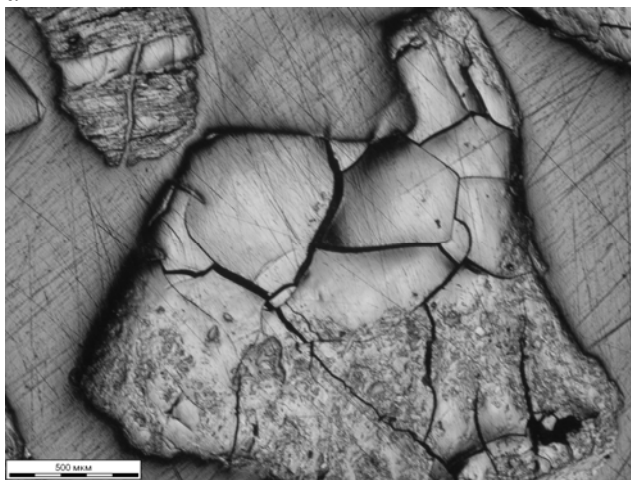
вается для углей в интервале показателей отражения 0,5-1,0%, затем уменьшается вплоть до стадии метаморфизма, соответствующей 1,5%, после чего начинает опять возрастать. Такой характер изменения микротвердости скорее всего связан с подобным изменением плотности вещества витринитов [1]. Изменение трещиноватости, плотности и хрупкости углей при метаморфизме оказывают существенное влияние на их гранулометри-



**Рис. 2.** Изменение эндогенной трещиноватости стадий метаморфизма углей [5]



а



б

**Рис. 3. Трещины в углях I (а) и IV (б) генотипов после взаимодействия с диметилформамидом**

творителем – диметилформамидом, приводит к образованию густой сетки трещин, затрагивающих всю поверхность

частиц и к частичному или полному нарушению сплошности вещества (рис. 3). Напротив, витриниты углей III и IV генотипов, имеющих сходный с I и II петрографический состав и близкий показатель отражения витринита, при взаимодействии с ДМФА разрушаются с образованием единичных трещин, имеющих V-образную форму и зачастую локализуемых в месте контакта с минеральными включениями или другими мацералами.

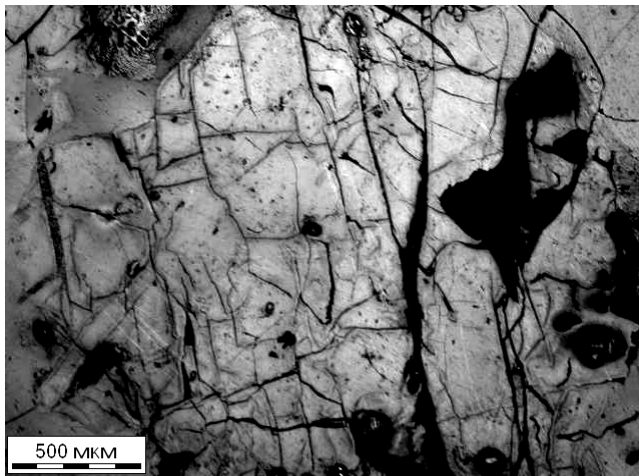
Окисление углей в разных условиях, как при комнатной температуре, так и в диапазоне 100-300 °С, приводит к образова-

нию многочисленных трещин (рис.4) [11]. Подобные наблюдения известны при исследовании выветренных и окисленных в пластах углей. Установлено, что характер трещин зависит от генотипа углей.

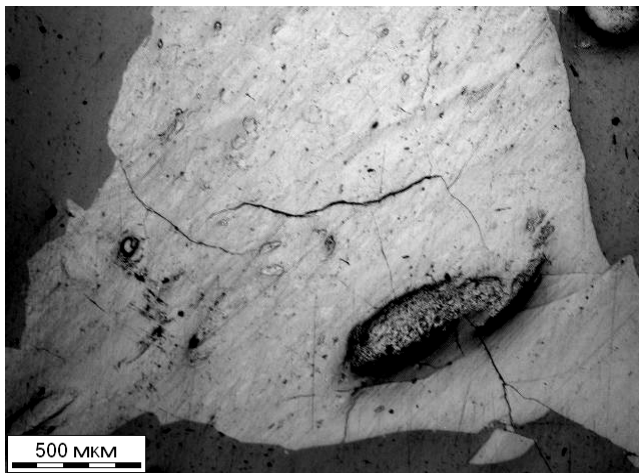
Так же, как и в случае взаимодействия с ДМФА, угли I и II генотипов характеризуются образованием густой сетки трещин и практически полным разрушением материала углей. Изучение поведения исследуемых углей при механическом вдавливании алмазной пирамидки подтвердило, ус-

знаками, позволяющими определять степень восстановленности каменных углей [1].

В результате наших предыдущих исследований [7-10] упруго-пластических свойств витринитовых углей в условиях воздействия силовых полей и активных сред установлена зависимость между количественными и качественными характеристиками процесса трещинообразования и генетическим типом углей. Так, взаимодействие витринитов углей I и II генотипов со специфическим органическим рас-



а



б

**Рис. 4. Характер образования трещин при окислении углей разных генотипов (а- I генотип, б- IV генотип)**

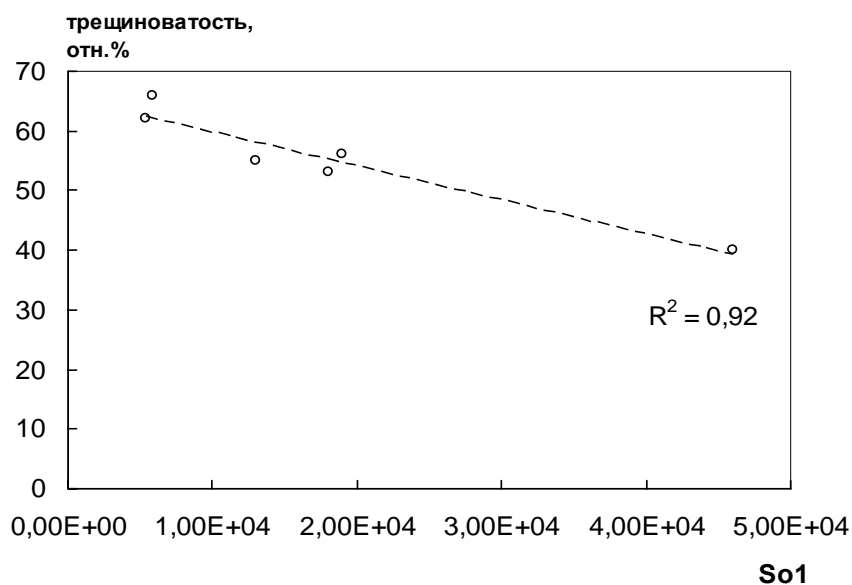
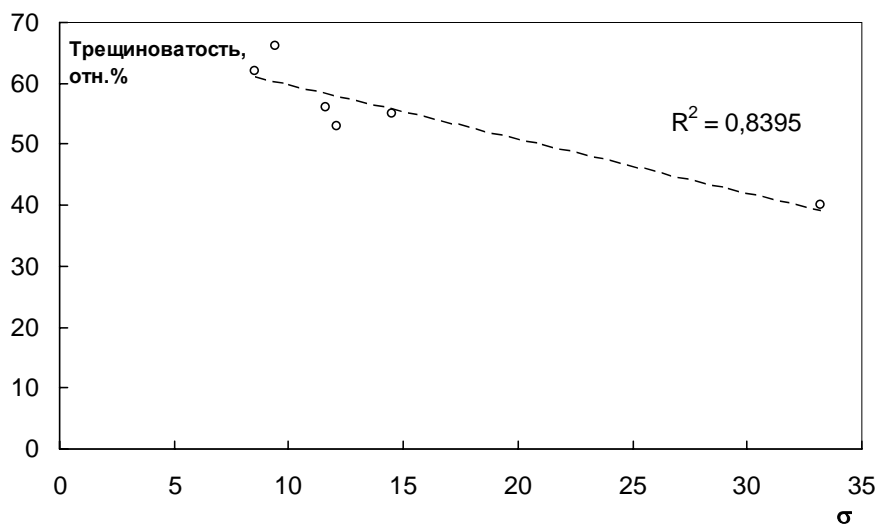
пространственным расположением. Изучение процессов сорбции-десорбции углями органического растворителя, избирательно разрушающего межмолекулярные связи в углях, показало, что угли III и IV генотипов отличаются большей плотностью межмолекулярных связей [7,10]. Такие различия в структуре изометаморфных углей разных генотипов проявляются в больших значениях относительной сорбции и изменении упруго-пластических свойств вещества углей III и IV генотипов после сорбции ими растворителя. Микроскопическое исследование образцов углей после взаимодействия с ДМФА и определение относительной доли участков затронутых трещинами показало, что относительная трещи-

новатость углей III и IV генотипов больше аналогичных значений для изометаморфных углей I и II генотипов.

Известно, что образование трещин в многокомпонентных органо-минеральных веществах связано в первую очередь с их гетерогенностью, а также с химической структурой, в частности с плотностью и количеством валентных и невалентных связей между ассоциатами макромолекул и их

новатость углей III и IV генотипов больше аналогичных значений для изометаморфных углей I и II генотипов.

Если количественные показатели трещиноватости углей определяются в значительной мере количеством сорбированного углями вещества, то форма трещин и характер сорбционного разрушения материала зависит от морфологических особенностей органического угольного вещества. Проведенные в работе [12] исследования текстуры углей в проходящем свете и определение методом флик-



**Рис. 5. Зависимость относительной трещиноватости углей после взаимодействия с диметилформамидом от ФШС-параметров**

кер-шумовой спектроскопии (ФШС) [13] количественных параметров ( $\sigma$ , S01), отвечающих различным генотипам витринитов, показали, что удовлетворительную согласованность этих параметров и показателей микрохруп-

кости углей: увеличение параметров, характеризующих гетерогенность органического вещества витринитов, приводит к пропорциональному увеличению их хрупкости.

Аналогичное сопоставление указанных параметров с показателями трещиноватости углей после сорбции (рис. 5) позволило установить похожую закономерность: относительная трещиноватость углей снижается с увеличением степени гетерогенности вещества углей. Такой результат позволяет сделать предварительный вывод о том, что морфологические особенности вещества витринитов углей в процессах сорбции играют второстепенную (по сравнению со структурными, определяемыми по показателям сорбции и набухания углей) роль в количественных показателях трещиноватости. Однако параметры гетерогенности вещества витринитов определяет форму трещин и характер разрушения углей.

Этот вывод становится более очевидным при исследовании трещиноватости углей предварительно обработанных при температурах 150-300 °С [9, 10]. Изменение надмолекулярной структуры органического вещества углей при термообработке приводит к увеличению показателей сорбции и значительному изменению упруго-пластических свойств. При этом относительная трещиноватость углей после сорбции увеличивается, а форма трещин и характер разрушения качественно изменяется для углей, характеризующихся высокой степенью гетерогенности вещества (угли I и II генотипов).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремин И.В., Арцер А.С., Броновец Т.М. Петрология и химико-технологические параметры углей Кузбасса. – Кемерово: Притомское, 2001. 400 с.
2. Еремин И.В., Броновец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование. – М.: Недра, 1994. – 254 с.
3. Артемьев, В.Б., Еремин И.В., Гагарин С.Г. Петрография углей и их эффективное использование. – М.: Недра, 2000. – 336 с.
4. Быкадорова В.И., Матвеева И.И., Полферов К.Я. О влиянии петрографического состава на размолоспособность углей//Химия тв. топлива. 1970. № 4, с. 28-33.
5. Артемьев, В.Б., Еремин И.В., Гагарин С.Г. Условия образования и характерные признаки динамически активных углей. – М.: Недра коммюникейшенс ЛТД, 1999. 496 с.
6. Аммосов И.И., Еремин И.В., Бабинкова Н.И. и др. Петрографические особенности и свойства углей. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С.164.
7. Эпштейн С.А., Супруненко О.И., Барабанова О.В. Вещественный состав и реакционная способность витринитов каменных углей разной степени восстановленности//Химия твердого топлива. 2005, №1, с. 22-35.
8. Подгаецкий А.В., Бунин И.Ж., Эпштейн С.А. Влияние комбинированной (криогенной и электромагнитной импульсной) обработки на механические свойства каменных углей.//ГИАБ, 2009, №3, с. 159-170.
9. Эпштейн С.А., Минаев В.И., Барабанова О.В., Нестерова В.Г., Широчин Д.Л. Влияние термообработки на механические и физико-химические свойства углей разных генотипов//ГИАБ.2008, №5, с.371-377.
10. Эпштейн С.А., Барабанова О.В., Минаев В.И., Вебер Ж., Широчин Д.Л. Влияние обработки углей диметилформамидом на их термическую деструкцию и упругопластические свойства// Химия твердого топлива, 2007, №4, с. 22-28.
11. Эпштейн С.А., Монгуш М.А., Нестерова В.Г. Методы прогноза склонности углей к окислению и самовозгоранию//ГИАБ, 2008, №12, с.211-214.
12. Эпштейн С.А. Физико-механические свойства витринитов углей разных генотипов//ГИАБ, 2009. №8, с. 58-69.
13. Тимашев С.Ф. Фликкер-шумовая спектроскопия. Информация о хаотических сигналах. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. – 248 с.

ГИАБ

***Коротко об авторе***

*Эпштейн С.А.* – Московский государственный горный университет, Moscow state mining university, Russia, [apshtein@aha.ru](mailto:apshtein@aha.ru)