

Р. Э. ВЕСКИ

**РАСШИРЕННОЕ ПОНИМАНИЕ ТЕРМИНА  
«ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ»\***

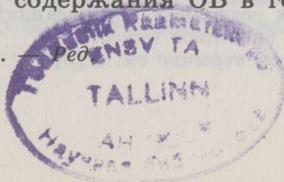
Главный вопрос любой науки — ее предмет. Однако справочная, научная и учебная литература, касающаяся каустобиолитов, к сожалению, пока не дает однозначных ответов на многие первостепенные вопросы, и в частности о разграничении отдельных видов каустобиолитов друг от друга и от пород, не относящихся к ним.

Одни авторы относят к горючим сланцам только многозольные сапропелиты (см., напр., [1]), другие — все сапропелиты [2]. В то же самое время ископаемые угли традиционно делятся на гумитовые, сапропелитовые и липтобиолитовые разновидности [3]. Выходит, что часть сапропелитов одновременно относится и к горючим сланцам, и к ископаемым углям. Известны также породы с гумусовым органическим веществом (ОВ), из-за высокого содержания минеральных веществ относимые не к гумитовым углям, а к углистым сланцам, которые, в свою очередь, многие авторы не причисляют к горючим сланцам [1]. Однако, согласно распространенным классификациям, к горючим сланцам относятся не только сапропелитовые и гумито-сапропелитовые, но и сапропелито-гумитовые разновидности [4], то есть породы, содержащие преимущественно гумусовое ОВ.

По нашему мнению, определение горючих сланцев и ископаемых углей в отрыве друг от друга и от органических образований земной коры в целом не может быть плодотворным. Подчеркнем, что речь идет не о промышленных классификациях, которые преследуют сугубо утилитарные цели, а о генетических. Мы глубоко убеждены в том, что научное представление о горючих сланцах может быть сформировано только в рамках науки о твердом топливе в целом, а последняя может сложиться только в рамках наук, в равной мере изучающих все разновидности органических образований земной коры, а именно — биогеологии [5, 6] и учения В. И. Вернадского о биокосных системах. Но эти науки еще переживают процесс становления. И лишь после создания генетической классификации сингенетичных осадкообразования ископаемых топлив можно будет более серьезно говорить и об их промышленно-генетических классификациях.

Основные генетические параметры биогенных и биокосных органических образований земной коры — это состав исходного первичного биоматериала и стадия его преобразования. Поскольку речь идет об органических образованиях, третьим важным показателем (хотя и не генетическим) является содержание ОВ в породе. Разделение органических образований земной коры по этому критерию условно, так как связано с экономическими оценками. Тем не менее уже давно сложилось представление об углях как о породах, содержащих не менее 50% ОВ [7]. Соответственно, к горючим сланцам следует относить породы, в которых ОВ менее 50% [8]. По рекомендации ЮНЕСКО [9], нижним пределом содержания ОВ в горючих сланцах

\* Публикуется в дискуссионном порядке.



считается 10% керогена (то есть нерастворимого в низкокипящих растворителях ОВ). Из этого, в свою очередь, вытекает, что в породах с рассеянным органическим веществом (РОВ) ОВ меньше 10%.

Состав исходного биоматериала, степень его преобразованности и концентрация ОВ (последнее — как упрощенная технологическая оценка топлив) — вот основные показатели, которые дают первичную информацию о любых органических образованиях земной коры. Если эту информацию разместить на гранях условного куба (рис. 1), то в нем будет представлено ОВ любых сингенетических осадкообразования биокосных и биогеологических осадочных образований\* земной коры. Согласно такому представлению, эти осадочные образования разделяются на осадки и осадочные породы с сапропелевым, липтобиолитовым, гумусовым и смешанным ОВ (для упрощения последнее на рисунках не показано), которые условно разделяются на осадки и осадочные породы с РОВ, семикаустолиты\*\* (включают горючие сланцы) и каустолиты (включают угли). Любая из этих разновидностей, в свою очередь, может находиться на одной из пяти основных стадий преобразования. Таким образом, ОВ современных и ископаемых осадков можно условно разделить на 45 разновидностей (3×3×5). Полученная исходная картина поможет понять эволюцию представлений о горючих сланцах и углях и прогнозировать их развитие в будущем.

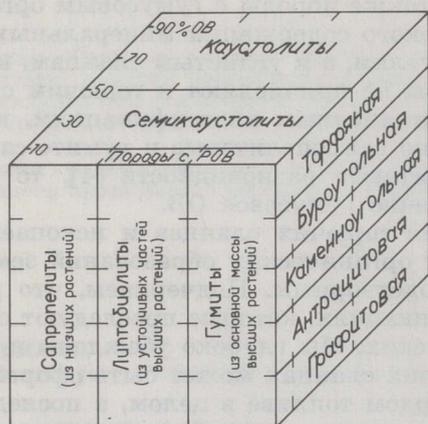


Рис. 1

Сингенетические осадкообразования органические образования земной коры, разграниченные по содержанию в них первичной биопродукции (лицевая грань условного куба), степени преобразованности (боковая грань) и содержанию ОВ (верхняя грань)

**Исторически** сложилось так, что в сланцевой промышленности используются в основном сапропелиты, а в угольной — преимущественно гумиты. Следствием этого стало представление о том, что горючие сланцы и каменные угли — это представители двух различных генетических классов твердых топлив. Такое понимание генетического различия углей и горючих сланцев сохранялось у части исследователей и производственников до последнего времени [10—12]. Оно естественным образом поддерживается практикой сланцевой и угольной промышленности. Подчеркнем, что угли, согласно этому взгляду, являются исключительно гумитами, потому что в противном случае их уже нельзя противопоставлять горючим сланцам, или сапропелитам. Широко распространено мнение, что горючие сланцы, в отличие от углей, находятся в основном только на буроугольных и первых ка-

\* В биокосных осадочных образованиях одним из обязательных составных компонентов являются живые микроорганизмы, например в торфяных и сапропелевых отложениях. В биогеологических осадочных образованиях живых микроорганизмов нет, но обязательно содержится биогенное вещество.

\*\* Подробнее об этом термине см. в [8].

менноугольных (до Д [13], Г [14]) стадиях преобразования (подробнее об этом см. ниже), однако диапазон содержания в них ОВ куда шире (пока минимум 5 [15], максимум 97% [2]), чем в углях ( $\geq 50\%$ ) (рис. 2).

Если согласиться, что горючие сланцы и угли на самом деле являются представителями двух совершенно различных по исходному материалу генетических классов (как это изображено на рис. 2), тогда получилось бы, что ископаемые топлива охватывают лишь незначительную часть топливных образований земной коры, рассмотренных на рис. 1. Точнее, пять из восемнадцати разновидностей, если исключить из рассмотрения торфяную и графитовую стадии и в целом все породы с РОВ. Г. Потонье уже давно выделил сапропелевые угли из сапропелитов и отдельно — липтобиолитовые угли, которые одинаково находятся на начальных стадиях преобразования [3]. В наше время обсуждают вопрос о наличии метаантрацитовой стадии сапропелитовых углей [16, 17], но подробнее об этом — ниже. Признание антрацитовой стадии преобразования сапропелитовых и липтобиолитовых углей фактически узаконило бы предложенное на рис. 3 представление об углях, охватывающее все разновидности органических образований земной коры (сапропелиты, липтобиолиты и гумиты), содержащие не менее 50% ОВ и находящиеся на стадиях преобразования от буроугольной до антрацитовой. В результате сапропелитовые угли охватывали бы в условном кубе (рис. 3) и ту часть пространства, которая, согласно некоторым авторам [2], принадлежит горючим сланцам с высоким ( $\geq 50\%$ ) содержанием ОВ (ср. с рис. 2).

Отметим еще, что представление о смешанных типах углей и горючих сланцев — не новость. Если бы горючие сланцы и угли были образованиями разной генетической принадлежности, то был бы возможен термин «сланцеуголь» или «горючесланцевый уголь» и т. д. Но таких терминов нет. Смешанное происхождение как углей, так и горючих сланцев проявляется одинаково: и те и другие давно выделены в качестве гумито-сапропелитовых, сапропелито-гумитовых, гумито-сапропелито-липтобиолитовых и т. д. То есть уже широко распространено и представление о том, что названия «уголь» и «горючий сланец» не являются генетическими определениями.

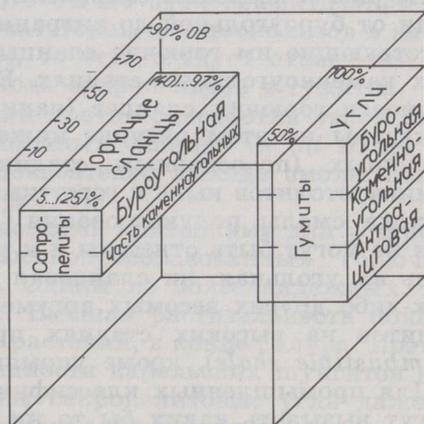


Рис. 2  
Обобщенное узкое представление о горючих сланцах и ископаемых углях

Если мы склонны придерживаться мнения, что горючие сланцы все-таки в чем-то коренным образом отличаются от углей, то это отличие в первую очередь необходимо видеть в более высоких концентрациях ОВ в углях по сравнению с горючими сланцами (рис. 3). По существу, горючие сланцы — это более высокозольные, чем угли, породы [6].

Представления о горючих сланцах развиваются по своей собственной логике, но развитие это, по нашему мнению, не может и не должно коренным образом отличаться от развития представлений об углях и породах с РОВ. Это связано с методологическим требованием: при разработке узкого представления о горючих сланцах, а также об углях, нельзя выходить за пределы толкования этих терминов в широком понимании. В противном случае мы уже будем иметь дело с конкурирующими концепциями. Узкое и широкое представления о горючих сланцах и углях и множество их стихийных синтезов — это реальность сегодняшней науки о твердом топливе. Представление о гумито-сапропелитовых и сапропелито-гумитовых горючих сланцах — такая же реальность. Если, рассуждая логически, причислить к сапропелитовым горючим сланцам (по аналогии с углями, см. рис. 3) многозольные (10—50% ОВ) гумиты (углистые сланцы), а также липтобиолитовые и смешанные разновидности на их основе, то термин «горючие сланцы» приобретет более широкий смысл.

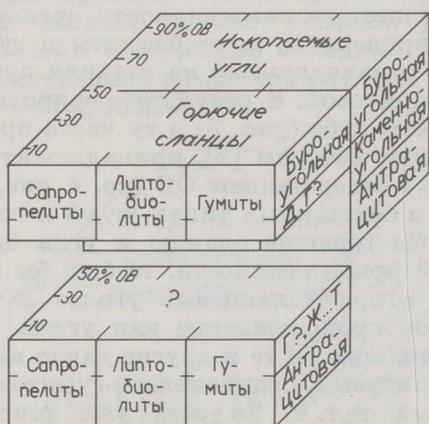


Рис. 3  
Широкое представление об ископаемых углях и «полуширокое» представление о горючих сланцах

На рис. 3 показаны сапропелитовые, липтобиолитовые и гумитовые угли от буроугольной до антрацитовая стадии включительно, а соответствующие им горючие сланцы — только на буроугольной и первых каменноугольных стадиях. Более высокопреобразованные разновидности горючих сланцев (начиная с газовой или жирной стадии) показаны на этом рисунке ниже, отдельно. Эти три полных и три неполных (по основным стадиям преобразования) разновидности семикаустолитов ныне к горючим сланцам не относятся из-за низкого выхода смолы полукоксования [13]. Из-за низкого содержания ОВ они не могут быть отнесены и к углям, поэтому ими не заинтересовалась ни угольная, ни сланцевая промышленность. Мы не видим каких-либо других весомых аргументов против причисления семикаустолитов на высоких стадиях преобразования к горючим сланцам (*combustible shale*), кроме упомянутых экономических соображений.

Для промышленных классификаций эти требования разумны, но не могут вызывать каких бы то ни было возражений до тех пор, пока речь идет о технологических, а не о генетических представлениях о горючих сланцах. Горючие сланцы высоких стадий преобразования свою смолу уже отдали в главной фазе нефтеобразования и поэтому для таких классификаций оказались лишними. Сам собою возникает вопрос: нельзя ли причислять эти «лишние» породы к горючим сланцам? Если обратиться к описанной выше эволюции наших представлений об углях, то эти породы не только можно, но и нужно детерми-

нирывать как горючие сланцы. Это было бы логическим завершением развития наших представлений о горючих сланцах (*combustible shale*) в широком смысле (рис. 4).



Рис. 4  
Широкое представление о горючих сланцах и ископаемых углях

При этом, однако, давно уже пора отказаться от представления об отсутствии в природе горючих сланцев и сапропелитовых углей на высоких стадиях метаморфизма. Пока сведения о сапропелитовых углях на высоких стадиях преобразования были единичными, действительно было справедливым утверждение, что в мировом балансе не известны горючие сланцы и сапропелитовые угли, степень метаморфизма которых была бы выше жирной [18]. Сейчас же сапропелитовые угли диагностированы на всех ступенях преобразования от буроугольной до метаантрацитовой [17, 19, 20], и часть древних графитов, несомненно, представляет собой продукты преобразования сапропелитового ОВ [16]. Однако подсчет запасов высокопреобразованных сапропелитовых углей и горючих сланцев и теперь еще вопрос будущего. Для этого необходимо признать сперва, что сапропелитовое ОВ на всех ступенях преобразования остается сапропелитовым, равно как и гумусовое ОВ остается гумусовым, и что сближение химической структуры сапропелитового и гумусового ОВ по пути графитизации не означает перехода сапропелитов «из категории каустобиолитов в категорию углистых пород» [18, 21—23], то есть следует отказаться от «теоретических» доказательств перехода сапропелитов в гумиты.

Не может быть никаких возражений против разработки узкой концепции горючих сланцев (точнее, смоляных сланцев — *oil shale*) на основе экономически оправданных показателей выхода смолы полукочкования, подобных приведенным в [13].

Укажем также, что наряду с химическими критериями для установления исходного биоматериала высокопреобразованных горючих сланцев и углей имеются и другие. Одним из более надежных, на наш взгляд, является возраст пород. Высшая растительность появилась на Земле гораздо позже низших растений, в конце силура. Поэтому древние немиграционные разновидности карельских шунгитов явно сапропелиты. Среди них выделены сапропелитовые угли даже в метаантрацитовой стадии. Имеются и такие же сапропелитовые горючие сланцы, если согласиться, что к горючим сланцам можно отнести породы на столь высоких стадиях преобразования.

В нашей статье информация об органических образованиях земной коры представлена на рисунках на трех гранях куба. Ее можно дать и на трех осях координат. Тогда на одну из них могут быть нанесены данные о содержании ОВ в породе, на другую — о степени преобра-

зованности ОВ (в направлении образования графита), а на третью — о составе исходного первичного биоматериала. Последний наиболее существен. На его оси можно отразить весь эволюционный путь растительного мира. Ее координаты — это своего рода координаты времени. В начале такой «временной» шкалы располагаются прокариоты, затем — одноклеточные эукариоты, многоклеточные эукариоты, высшие растения. Пока нами выделены только самые общие группы: низшие и высшие растения и стойкие составные части высших растений.

Гумитообразование началось с появлением мхов, мхообразных и псилофитов, которые были переходными формами между водными и наземными растениями с развитой корневой системой. В качестве примера развития «временной» оси укажем, что после сапропелитов можно было бы расположить бриолиты и псилолиты и т. д., увеличилось бы и количество возможных смешанных классов. По мере развития растительного мира возможности образования смешанных классов топлив возрастают. В конце «временной» оси можно расположить различные культурные, техногенные и искусственные органические образования земной коры, появившиеся в результате деятельности человека. Деятельность консументов и деструкторов (если вопрос о них возник при чтении статьи) отражается на оси преобразования исходного первичного биоматериала. Преобразуя его в пределах биокосных систем, они в большей или меньшей мере обогащают последние своим вторично синтезированным ОВ.

Уточнение любой из трех координат углубляет представление об органических образованиях земной коры, и в частности о горючих сланцах.

В статье рассматривается трехмерное представление о генетической классификации органических образований земной коры, которое дает возможность воспринимать информацию визуально. При большем числе характеризующих объекты параметров для визуализации данных требуется их специальная математическая обработка. Но и трехмерного представления уже достаточно для новых размышлений. Оно позволяет обоснованно прогнозировать эволюцию наших представлений о горючих сланцах.

Резюмируя сказанное можно утверждать, что среди сингенетичных осадкообразованию органических образований земной коры (см. рис. 1) наиболее изучены ископаемые угли. При анализе логики эволюции наших представлений об ископаемых углях от узкого понимания (рис. 2) к широкому (рис. 3) обосновывается широкое понимание горючих сланцев (рис. 4), которое не исключает частных узких представлений о горючих сланцах, базирующихся на различных технологических характеристиках.

В заключение хочется подчеркнуть, что настоящая статья написана не для того, чтобы расставить точки над «и», но с целью показа противоречивого положения, сложившегося в нашей науке об ископаемом топливе. Ведь самое важное — объединить усилия специалистов в области химии и технологии твердых топлив в поисках решения проблемы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кварцов А. И. Основы геологии горючих ископаемых. — М., 1982.
- 2. Шлаггер Л. Е. Определение, образование и классификация горючих сланцев. — В кн.: Разработка и использование запасов горючих сланцев. Таллин, 1970, с. 161—166.

3. *Потонье Г.* Происхождение каменного угля и других каустобиолитов. Л.; М. и др. 1934.
- ✓ 4. *Гинзбург А. И., Котлуков В. А.* Материалы к генетической классификации горючих сланцев и сланценосных формаций. — В кн.: Формации горючих сланцев. Таллин, 1973, с. 141—153.
5. *Сидоренко А. В.* Новое в учении о биосфере. — В кн.: Будущее науки; Международный ежегодник. М., 1981, вып. 14, с. 175—186.
6. *Вески Р. Э.* Органическое вещество современных осадков как объект биологии, геологии и биogeологии. — В кн.: Органическое вещество в современных и ископаемых осадках. Ташкент, 1982, с. 127—128.
- ✓ 7. Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР; Т. 12. Общие данные по угольным бассейнам и месторождениям СССР. — М., 1978.
8. *Вески Р.* Об определяющих признаках горючих сланцев. — Изв. АН ЭССР. Хим., 1981, 30, № 1, с. 1—4.
9. *Матвеев А. К., Мазор Ю. Р., Нейштадт М. Н. и др.* Закономерности образования торфов, углей и горючих сланцев. — В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр. ; Месторождения твердых горючих ископаемых. 1984, т. 14, с. 38—55.
10. Coal. — В кн.: Толковый словарь английских геологических терминов; т. 1. М., 1977, с. 290.
11. *Привалов В. Е.* Твердые горючие ископаемые. — В кн.: Химический энциклопедический словарь. М., 1983, с. 560.
12. *Meuyers R. A.* Coal structure. — In: Coal Handbook. New York; Basel, 1981, p. 1—18.
13. *Уров К. Э., Горький Ю. И.* К вопросу о содержании терминов «горючий сланец» и «кероген». — Горючие сланцы, 1984, 1, № 1, с. 16—23.
14. *Баженова Т. К., Ипагов Ю. И., Макаров К. К. и др.* Домезозойские горючие сланцы Сибирской платформы и их роль в эволюции седиментогенеза. — В кн.: Геохимия горючих сланцев. Таллин, 1978, с. 13—15.
15. *Стефанова Е. И.* Месторождения горючих полезных ископаемых; Т. 4. Горючие сланцы зарубежных стран : Итоги науки и техники. М., 1973.
16. *Manusso J. J., Seavoy R.* Precambrian coal or anthracolite: a source for graphite in high-grade schists and gneisses. — Econ. Geol., 1981, 76, N 4, p. 951—954.
17. *Волкова И. Б., Богданова М. В.* Петрология и генезис шунгитов Карелии — углей высокой стадии метаморфизма. — В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр. : Тез. докл.; т. 7, 1984, с. 225.
18. *Радченко О. А.* Об особенностях химического преобразования ископаемого органического вещества различного генетического типа в процессе углефикации (в связи с проблемой генезиса нефти). — Химия тв. топлива, 1969, № 1, с. 65—76.
19. *Кучер Р. В., Базарова О. В., Алаев Ю. Н., Дзумедзей Н. В.* Парамагнитные свойства сапропелитовых и гумусовых углей ряда метаморфизма Донбасса. — Докл. АН УССР. Сер. Б, 1983, № 11, с. 41—43.
20. *Саранчук В. И., Крыпина С. М., Ковалев К. Е.* Молекулярная структура сапропелитовых углей и горючих сланцев. — Горючие сланцы, 1985, 2, № 1, с. 63—67.
21. *Григорьев С. М.* О процессах образования и свойствах горючих ископаемых. — М., 1954.
- ✓ 22. *Левин А. С.* Основные вопросы геологии месторождений горючих сланцев. — М., 1982.
23. *Прокофьева Л. М.* К вопросу о происхождении горючих сланцев. — В кн.: Мат. X конф. молодых ученых : Горючие ископаемые. ВИНТИ № 6050 — 83 Деп.

Представил А. Я. Аарна

Поступила в редакцию  
21. 06. 1985

Институт химии  
Академии наук Эстонской ССР  
г. Таллин

**A MORE GENERALIZED UNDERSTANDING  
OF THE TERM «OIL SHALE»\***

A conception of oil shale can be formed only within the framework of the science of solid fuel as a whole, the latter — within the framework of biogeology and V. Vernadsky's conception of bio-inert natural bodies, i. e., sciences dealing equally with all of the varieties of organic formations of the Earth's crust (Fig. 1). These sciences are still undergoing the process of formation.

Fossil coals are the most thoroughly studied organic formations of the Earth's crust. In considering the evolution of a concept of fossil coals we proceed from a particular notion (Fig. 2) to a more general one (Fig. 4). The term «combustible shale» corresponds better to the Russian term «горючие сланцы» than «oil shale». The general understanding of combustible shales proposed does not exclude a particular one based on different technological characteristics.

This paper is a continuation of working out a three-dimensional idea of classification of the Earth's crust organic formations [8] and specifies a general knowledge of oil shales. Recommendations for developing a genetic classification of oil shales are given. Possibilities of specifying any of the three main characteristics of organic matter (initial biomaterial, degree of maturation and organic content, with the latter being a simplified technological evaluation) are considered.

*Academy of Sciences of the Estonian SSR,  
Institute of Chemistry  
Tallinn*

---

\* Published for discussions. — Ed.