

lopodes // *Annales Paleontol. (Vert., Invert.)*. 1984. Vol. 70. № 2. P. 87—113.

9. *Dauphin Y.* Microstructure des rostrs de Cephalopodes: la partie apicale de *Belopterina* (Coleoidea) // *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*. 1986. 4 ser., 8 section C. n. 1, P. 53—75.

10. *Dauphin Y.* Les microstructure des rostre de Cephalopodes. VIII — apport de la microanalyse localisee pour l'interpretation de l'etat diagenetique des rostrs d'*Aulacocerides* (Trias, Turquie) // *Palaeontographica*. 1987. A, 199, 4/6. P. 217—231.

11. *Dauphin Y.* Diagenese aragonite-calcite chez les Cephalopodes coleoides: exemples de rostrs d'*Aulacoceras* (Trias de Turquie) et de *Belopterina* (Eocene de France) // *Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris*. 1988. 4e ser. 10. sect. C. № 2. P. 107—135.

12. *Dauphin Y., Cuif J.P.* Implication systematique de l'analyse microstructurale des rostrs de trois genre d'*Aulacocerides* triassique (Cephalopoda, Coleoidea) // *Palaeontographica*. 1980. A, 169. 1/3. P. 28—50.

13. *Florkin M.* A molecular approach to Phylogeny / Amsterdam. 1966. Elsevier.

14. *Hallam A., Price N.B.* Strontium content of recent and fossil aragonitic cephalopod shells // *Nature*. 1966. Vol. 212. P. 25—27.

15. *Hallam A., Price N.B.* Further notes on the strontium contents of unaltered fossil cephalopod shells // *Geol. Mag.* 1968. Vol. 105. P. 52—55.

16. *Loreau J.P.* Sediments aragonitique et leur genese // *Mem. Mus natn. Hist. nat. N.S., ser. C, geologie*. 1982. Vol. XLVII.

17. *Lowenstam H.K.* Sr/Ca ratio of skeletal aragonites from recent and fossil gastropods // *Isotopic and Cosmic Chemistry*. North-Holland, Amsterdam. 1963. P. 116—139.

18. *Ragland P.C., Pilkey O.H., Blackwelder B.W.* 1969. Comparison of the Sr/Ca ratio of fossil and recent Mollusk shells // *Nature*. 1969. Vol. 224. P. 1223—1224.

19. *Ragland P.C., Pilkey O.H., Blackwelder B.W.* Diagenetic changes in the elemental composition of unrecrystallized mollusk shells // *Chem. Geology*. 1979. Vol. 25. P. 123—134.

20. *Spaeth Ch.* Aragonitische und calcitische Primärstrukturen im Schalenbau eines Belemniten aus der englische Unterkreide // *Palaontol.* 1971. Z., Bd. 45, H. 1/2, S. 33—40.

21. *Walls R.A., Ragland P.C., Crips E.L.* Experimental and natural early diagenetic mobility of Sr and Mg in biogenic carbonates // *Geochem. Cosmochem. Acta*. 1977. III. P. 1731—1738.

Поступила в редакцию
31.10.96

УДК 553.94(571.17)

Е.А. Лонгинова

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЮРСКИХ УГЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШУБАРКОЛЬ ДЛЯ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ

Создание промышленности синтетического жидкого топлива (СЖТ) из твердых горючих ископаемых — важная и сложная научно-техническая задача. Эта проблема особенно актуальна в связи с быстрым ростом затрат на добычу и переработку нефти, с необходимостью экономить ее ресурсы, с постоянно увеличивающимся спросом на моторное топливо. Перестройка топливно-энергетического баланса страны в направлении сбережения нефти, переработка огромных запасов твердых горючих ископаемых в жидкое и газообразное топливо, особенно в настоящее время, очень перспективны.

Первые работы по гидрогенизационной переработке твердых горючих ископаемых (ТГИ) в бывш. СССР были начаты в 1924—1925 гг. К концу 30-х годов в Харькове была сооружена установка по гидрогенизации углей, а в 1939 г. в Кемерове пущен опытно-промышленный завод. В послевоенные годы проводились исследования по совершенствованию процесса деструктивной гидрогенизации,

но в связи с ростом добычи дешевой нефти эти исследования не были реализованы. В 80-х годах в Подмосковном угольном бассейне работала установка СТ-5 для производства СЖТ, перерабатывающая в сутки 5 т угля.

Научные работы в области ожижения углей стали расширяться после энергетического кризиса 1973 г. Во многих странах (США, ФРГ, Великобритания, Японии, Австралии, ЮАР и др.) созданы и эксплуатируются опытные и опытно-промышленные установки для гидрогенизации твердого топлива. Промышленное получение СЖТ осуществляется в ЮАР, где действуют три завода производительностью 5—6 млн т СЖТ в год. В исследовательском центре университета Северной Дакоты (США) из бурых и длиннопламенных углей получена синтетическая нефть стоимостью 120—140 дол./т. В Индии стоимость одной тонны нефти из углей, богатых водородом, составила 100 дол./т. В мире работает свыше 80 опытных установок, основанных

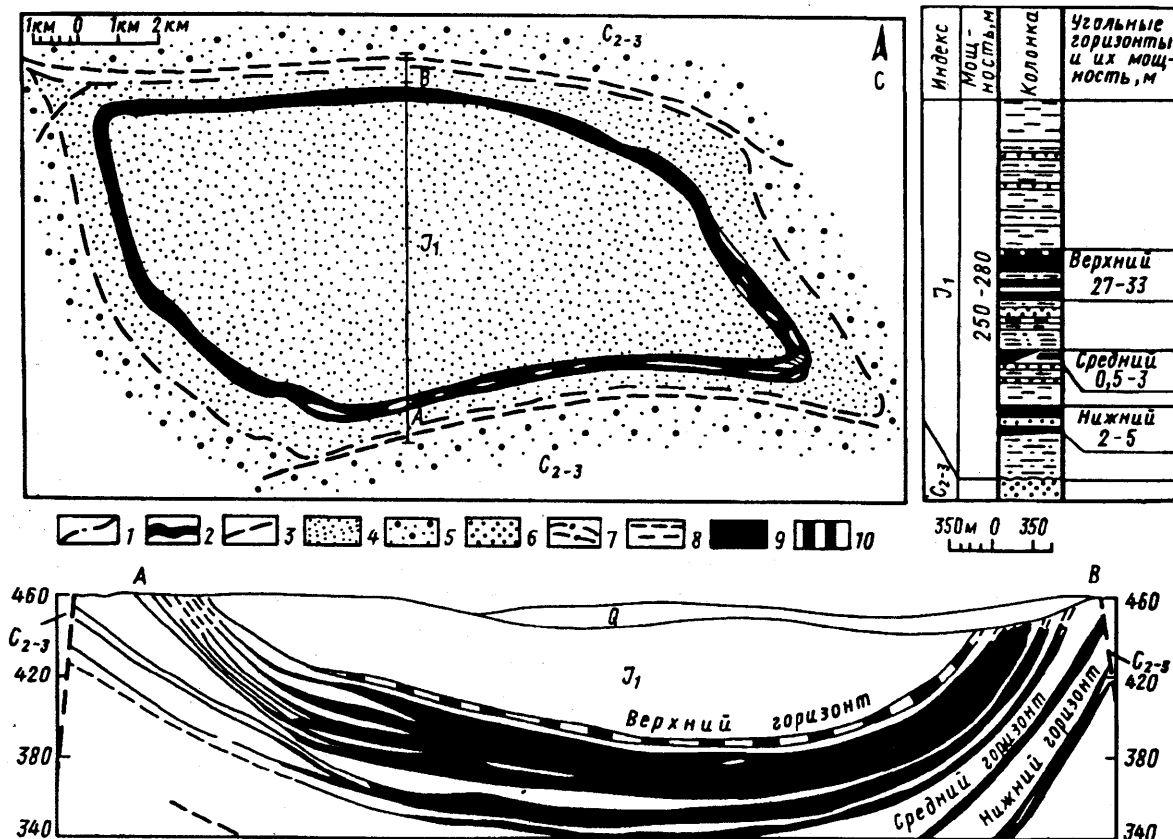
на процессах Лурги, Фишера-Трошпа, Винклера и др. В Германии (г. Цайц) методом гидрогенизации перерабатывается около 0,5 млн т/год смолы полукоксования угля в моторные топлива, смазочные масла и парафин [2]. В штате Нью-Джерси (США) создана установка по ожигению угля совместно с отходами пластмассы и автошин. Фирма "Hydrocarbon Rescatch" на этой установке производит 3 т СЖТ в сутки. Сотрудниками этой же фирмы в течение 58 сут было проведено двухступенчатое каталитическое ожигение угля, при стоимости синтетической нефти 190 дол./т [3]. В Англии уголь сжигают с отходами пластмассы, что экологически выгодно. В Австралии японцы построили завод мощностью 50 т угля в сутки, за три года на нем переработано 58 тыс. т бурого угля с месторождения Латроб-Велли, в перспективе строительство еще 5 модулей по переработке 6 тыс. т угля в сутки. Стоимость угольной нефти будет составлять 33,4 дол./бар., что будет приблизительно равно стоимости природной нефти в 2010 году. В качестве катализатора используется сернистое железо. Выход жидких продуктов составляет 50% от сухой массы.

В Японии создана установка для гидрогенизации коксующихся углей и получения качественного кокса, электродов, анодов, углеродных

волокон, производящая 8 т/сут СЖТ. В виде катализатора используется смесь Ni, Mo + Al₂O₃. В перспективе предполагается увеличить производительность установки до 150 т/сут, стоимость проекта 400 млн дол. В Китае японцами построена кислотная установка для гидрогенизации углей [1].

Главное отличие элементного состава угля от нефти — значительно меньшее содержание в нем водорода. Задача превращения твердого топлива в жидкое может быть решена тремя путями: прямым присоединением водорода к углю или экстракту из него (гидрогенизация); пиролизом, сопровождающимся перераспределением водорода между образующимся обуглероженным твердым остатком и жидкими продуктами; газификацией угля водяным паром с получением смеси CO+H₂ и синтезом из них жидких продуктов.

Сущность процесса гидрогенизации заключается в насыщении угля водородом (за счет тяжелых нефтей или продуктов гидрогенизации) в определенных термодинамических условиях (10 МПа и 430°C) в присутствии катализаторов (Al₂O₃, Mo, Fe). При этом получается синтетическая нефть, очень близкая по свойствам к природной (содержание углерода 85—87%, водорода 13—15%).



Схематическая карта и разрез Шубаркольского месторождения: 1 — нижняя граница юрских отложений; 2 — выходы угольных горизонтов; 3 — разрывные нарушения; 4—5 — отложения (4 — нижнеюрские, 5 — средне-верхнекарбоновые); 6—10 — обозначения на стратиграфической колонке (6 — песчаники, 7 — алевролиты, 8 — аргиллиты, 9 — угли, 10 — горючие сланцы)

Таблица 1

Критерии оценки степени пригодности гумусовых углей для гидрогенизации, по Н.Н. Уланову

Группа по степени пригодности для гидрогенизации	Зольность, A^d , %	Содержание фюзинита, J_f , %	Показатель отражения витринита, R_0 , %	Карбоксильное число, C_0 , %	Химический состав золы*, %
I. Угли наиболее пригодные	10	5	0,4—0,75	10	$\Sigma_1 < 3$ $\Sigma_2 > 2$
II. Угли пригодные	10—15	5—15	0,3—0,95	10—12,5	$3 < \Sigma_1 < 6$ $1 < \Sigma_2 < 2$
III. Угли малопригодные и непригодные	15	15	0,3; 0,95	12,5	$\Sigma_1 > 6$ $\Sigma_2 < 1$

* $\Sigma_1 = Na_2O + K_2O$; $\Sigma_2 = (Fe_2O_3 + CaO + MgO + TiO_2 + SO_3)/(SiO_2 + Na_2O + K_2O)$.

В настоящее время в России исследованиями по гидрогенизации углей занимаются сотрудники Института горючих ископаемых. Для оценки пригодности гумусовых углей для деструктивной гидрогенизации Н.Н. Уланов предложил ряд критериев (табл. 1). По этим критериям наиболее благоприятны для гидрогенизации малозольные слабометаморфизованные витринитовые угли.

Таблица 2

Качество углей месторождения Шубарколь*

Горизонт	Зольность, A^d , %	Выход летучих, v_{daf} , %	Содержание серы, S_{cl}^d , %
Верхний	9	43	0,40
Средний	12	41	0,83
Нижний	14	41	1,08

*Показатель отражения витринита (R_0 , %) для всех горизонтов равен 0,60, сумма отошающих компонентов ($\Sigma_{ок}$, %) для всех горизонтов изменяется от 7 до 10.

По критериям Н.Н. Уланова, автор статьи оценила пригодность юрских углей месторождения Шубарколь в Центральном Казахстане для гидрогенизации. Месторождение представляет собой пологую брахисинклинальную структуру с размерами 7×16 км (рисунок). Юрские отложения со-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов П.Н., Иошида Т., Кузнецова Л.Н. Состояние технологии ожигения углей в Японии // Химия твердого топлива. 1995. № 4. С. 18—28.

держат здесь три угольных горизонта. Промышленная угленосность приурочена к верхнему горизонту мощностью до 32 м, максимальная глубина его залегания 150 м. Угли месторождения малозольные, малосернистые, с высоким содержанием витринита (87—89%) и низким — инертинита (< 5%), табл. 2. По ГОСТ 25543—88 угли относятся к марке Д. Угли месторождения характеризуются благоприятными для ожигения петрографическим составом и степенью метаморфизма. Заметим, что по настоящему инертен только собственно фюзинит, остальные мацералы группы инертинита в разной степени активны для гидрогенизации. Учитывая этот факт, к I группе по степени пригодности для гидрогенизации можно отнести угли верхнего угольного горизонта, который имеет следующие показатели: зольность 9%, содержание инертинита 5%, показатель отражения витринита 0,60%, карбоксильное число 0,6, химический состав золы $\Sigma_1 = 2,89$; $\Sigma_2 = 2,5$. Средний и нижний горизонты месторождения можно отнести ко II группе, так как их зольность увеличивается до 12 и 14% соответственно.

Таблица 3

Эффективность производства жидкого топлива из различных источников сырья

Вид технологии	Затраты руб./т (цены 1991 г.)	
	себестоимость	приведенные
Переработка нефти, добываемой в производственных объединениях	65,4	182,3
Киргизнефть	109,4	316,5
Грузнефть	177,6	523,7
Азнефть	112,7	256,8
Отрасль в целом	76,4	146,6
Гидрогенизация угля под давлением 10 МПа	99,2	184,1
При закупке:		
завода в целом	179,3	339,2
части оборудования	123,9	230,5

Запасы угля месторождения Шубарколь составляют 2147 млн т, в том числе балансовые категории А+В+С — 1644 млн т. Месторождение пригодно для открытой разработки (коэффициент вскрыши 2,5 м/т). Таким образом, угли месторождения Шубарколь представляют собой ценнейшее сырье для получения СЖТ (табл. 3).

2. Синтетические топлива из углей / Тр. ИГИ. М., 1984.

3. Coal and Synfuels Technology. 1994. № 38. P. 1—2.