

*В. Х. ПЕТЕРСЕЛЛЬ, С. ХАДЖЕР, О. В. МОРОЗОВ*

## ГОРЮЧИЕ СЛАНЦЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЕРАА (СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Горючие сланцы и керогеновые породы юга Сирии задегают в бассейне р. Ярмук и приурочены к поздне меловым (маастрихтским) и среднепалеогеновым (эоценовым) отложениям [1]. В отложениях маастрихта в окрестностях г. Дераа выявлены крупные, оцениваемые в миллиарды тонн ресурсы низко- и среднекачественных горючих сланцев. Поскольку ресурсы нефти и другого энергетического сырья в республике ограничены, эти сланцы, несомненно, представляют интерес как источник получения альтернативного жидкого топлива или твердого топлива для теплоэлектростанций.

Настоящая статья обобщает результаты геолого-поисковых работ на горючие сланцы, которые были проведены специалистами Сирийской Арабской Республики при консультативном участии ученых Академии наук Эстонской ССР. Используются данные сплошного kernового опробования пластопересечений сланценовой толщи. Изученные пробы представляли собой половины распиленных вдоль (алмазной пилой) kernов алмазного бурения диаметром 76 мм и средней длиной 2,8—3,2 м. Анализы проб выполнены в лабораториях учреждений Китайской Народной Республики и Советского Союза, результаты обработаны и проанализированы авторами статьи.

Описываемые маастрихтские горючие сланцы распространены на территории, превышающей 400 км<sup>2</sup>, переслаиваются керогеновыми карбонатными породами и образуют с ними единый генетический ряд, в котором к горючим сланцам отнесены разновидности пород, содержащие не менее 10 % условного органического вещества (ОВ). Общая мощность сланценовой толщи достигает 250—284 м.

С севера и востока сланценовая площадь не оконтурена, на юге и западе прослеживается в Иорданию. Горючие сланцы, обычно залегающие глубже 70—100 м, повсеместно изучены редкими буровыми скважинами, и только на юго-западе сланценовой площади, южнее г. Дераа, сеть буровых скважин гуще (рис. 1).

### Геологическое строение

Геологический разрез сланценовой площади представлен отложениями ярусов кампана и маастрихта верхнего мела, палеогена и неогена, а также современными элювиально-делювиальными и другими образованиями. Осадочные породы на севере и востоке нередко перекрыты базальтами четвертичного вулканизма. Залегание отложений мела и палеогена субгоризонтальное. Падение слоев невыдержанное, северо-западное до северного, под углом от 1° до 4—6°. Встреча-

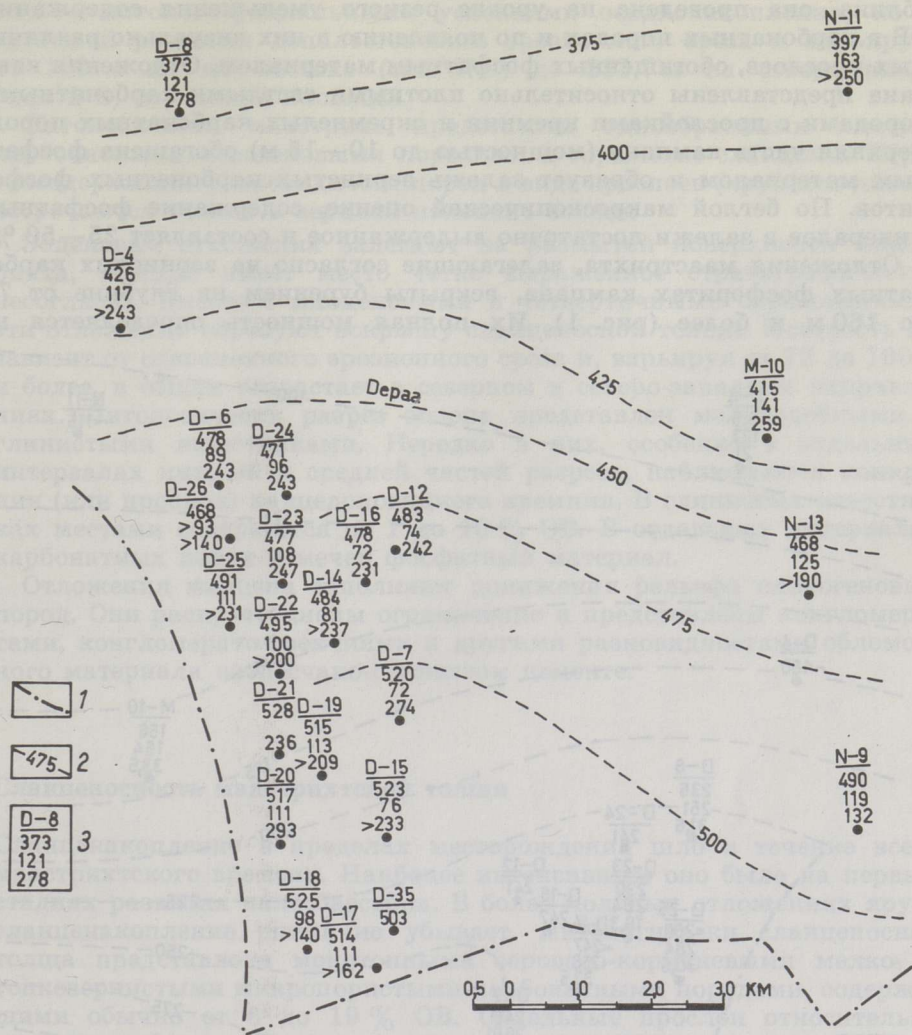


Рис. 1

Схема расположения буровых скважин на месторождении Дераа. Условные обозначения: 1 — государственная граница САР; 2 — изолинии абсолютной отметки кровли маастрихтской сланценовой толщи, м; 3 — буровая скважина: в числителе — номер скважины, в знаменателе, сверху вниз, м: абсолютная отметка глубины залегания верхней границы маастрихта, глубина залегания верхней границы маастрихтской сланценовой толщи от поверхности земли, мощность сланценовой толщи

ются и пологие малоамплитудные поднятия (рис. 1). В кернах отдельных буровых скважин наблюдаются маломощные (до 2—3 м) зоны дробления, зеркала скольжения, а также смещения слоев. На основании сопоставления разрезов буровых скважин можно предположить наличие зон тектонических нарушений с амплитудой вертикального смещения до 20—30 м, редко больше.

Подстилающие сланценовую толщу отложения кампана вскрыты бурением на глубине более 240—300 м (рис. 2). Скважинами изучена только верхняя, 30—40-метровая часть их разреза. Граница кампана с вышезалегающим маастрихтом палеонтологически не изучена. Будучи литологической, в интервале 6—10 м нередко переходного

облика, она проведена на уровне резкого уменьшения содержания ОВ в карбонатных породах и по появлению в них визуально различных прослоев, обогащенных фосфатным материалом. Отложения кампана представлены относительно плотными светлыми карбонатными породами с прослойками кремния и окремнелых карбонатных пород. Верхняя часть кампана (мощностью до 10—15 м) обогащена фосфатным материалом и образует залежь зернистых карбонатных фосфоритов. По беглой макроскопической оценке, содержание фосфатных минералов в залежи достаточно выдержанное и составляет 25—50 %.

Отложения маастрихта, залегающие согласно на зернистых карбонатных фосфоритах кампана, вскрыты бурением на глубине от 72 до 160 м и более (рис. 1). Их полная мощность определяется не

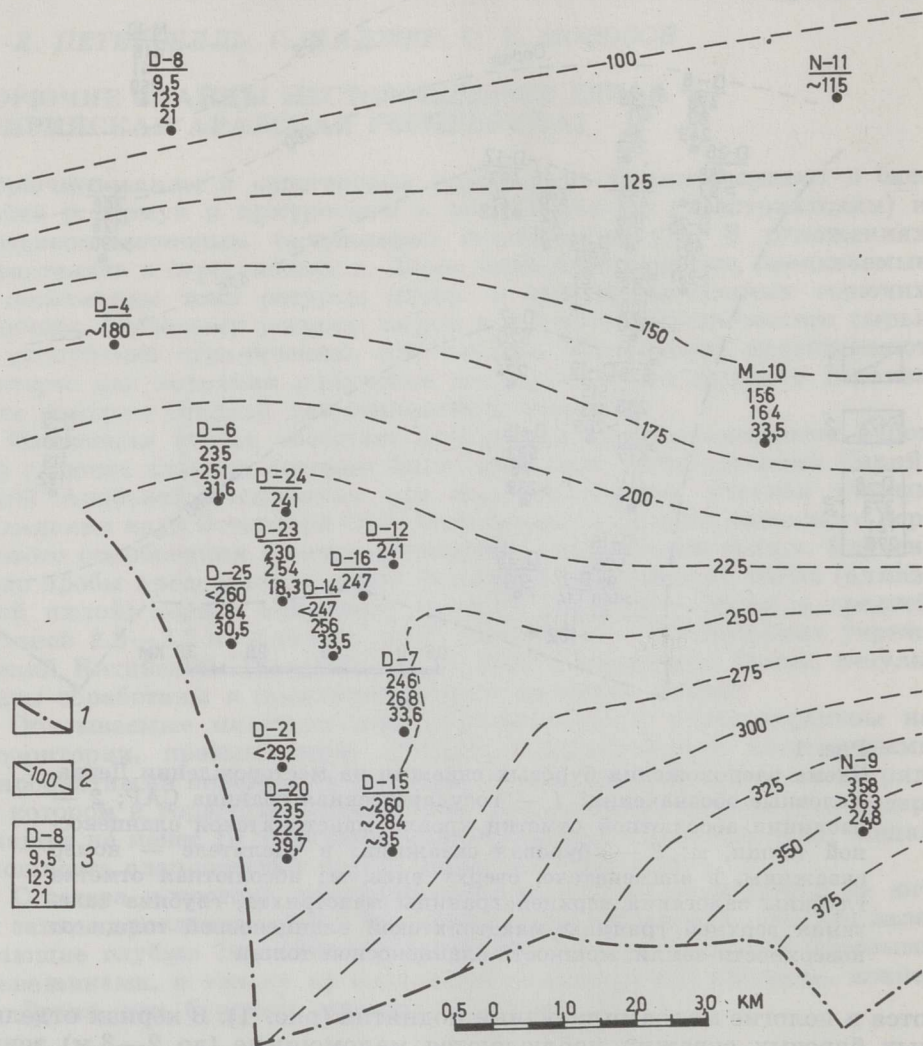


Рис. 2

Схема залегания подошвы маастрихтской сланценосной толщи на месторождении Дераа. Условные обозначения: 1 — государственная граница САР; 2 — изолинии абсолютной отметки литологической подошвы маастрихтской сланценосной толщи, м; 3 — буровая скважина: в числителе — номер скважины, в знаменателе, сверху вниз, м: абсолютная отметка подошвы маастрихтской сланценосной толщи, абсолютная отметка глубины залегания подошвы слоя горючих сланцев со средневзвешенной теплотой сгорания  $Q_6^d$  не менее 5,86 МДж/кг, мощность этого слоя

только литолого-фациальными условиями осадконакопления, но и глубиной развития допалеогенового эрозионного среза и варьирует от 132 м на юго-востоке (скв. N-9) до 283,7 м на северо-западе (скв. D-8) изученной площади.

Литологически маастрихт представлен однообразными высококарбонатными керогеновыми породами и горючими сланцами. Керогеносодержащие разновидности пород в виде прослоев (крупных линз?) встречаются только в верхней половине толщи.

Эоценовые отложения залегают на размытой поверхности маастрихта, нередко имеет место четко выраженное стратиграфическое несогласие. Вместе с миоценовыми и четвертичными образованиями эти отложения образуют вскрышу сланценовой толщи. Мощность их зависит от современного эрозионного среза и, варьируя от 72 до 160 м и более, в общем возрастает в северном и северо-западном направлениях. Литологически разрез эоцена представлен мелоподобными и глинистыми известняками. Нередко в них, особенно в отдельных интервалах нижней и средней частей разреза, наблюдаются конкреции (или прослой) халцедоновидного кремния. В глинистых известняках местами содержится от 1 до 10 % ОВ. В отдельных интервалах карбонатных пород отмечен фосфатный материал.

Отложения миоцена заполняют понижения рельефа палеогеновых пород. Они распространены ограниченно и представлены конгломератами, конгломерато-брекчиями и другими разновидностями обломочного материала на песчано-глинистом цементе.

### Сланценость маастрихтской толщи

Сланценакопление в пределах месторождения шло в течение всего маастрихтского времени. Наиболее интенсивным оно было на первых стадиях развития палеобассейна. В более молодых отложениях яруса сланценакопление ритмично убывает. Литологически сланценосная толща представлена монотонными серовато-коричневыми мелко- и тонкозернистыми микропористыми карбонатными породами, содержащими обычно от 6 до 19 % ОВ. Отдельные прослой относительно чистых карбонатных пород (не более 2—6 % ОВ) встречаются только в верхней части разреза.

Уже говорилось, что горючие сланцы и керогеновые породы образуют единый генетический ряд с постепенными взаимопереходами. Хотя горючие сланцы с повышенным содержанием ОВ характеризуются несколько более темным оттенком, проследить их в разрезе по макроскопическим признакам затруднительно, и поэтому они выделены по лабораторно определенному условному содержанию ОВ в породе.

Содержание ОВ в разрезе сланценовой толщи неравномерное, распределение крупноритмичное (рис. 3). Выделяется четыре ритма достаточно выдержанной мощности — 40—70 м. Они прослеживаются почти на всей площади месторождений; только на юго-востоке верхние ритмы или не развивались или эродированы послемеловым периодом пенепленизации. Характерно, что содержание ОВ резко увеличивается в двух более глубоких ритмах.

В народном хозяйстве используются горючие сланцы с теплотой сгорания  $Q_0^d$  не менее 4,19—5,86 МДж/кг [2, 3] или с выходом сланцевой смолы  $T_{sk}^d$  не менее 6—7 %. В горючих сланцах месторождения Дераа между содержанием ОВ и этими показателями наблюдается достаточно четкая положительная прямолинейная зависимость. Как

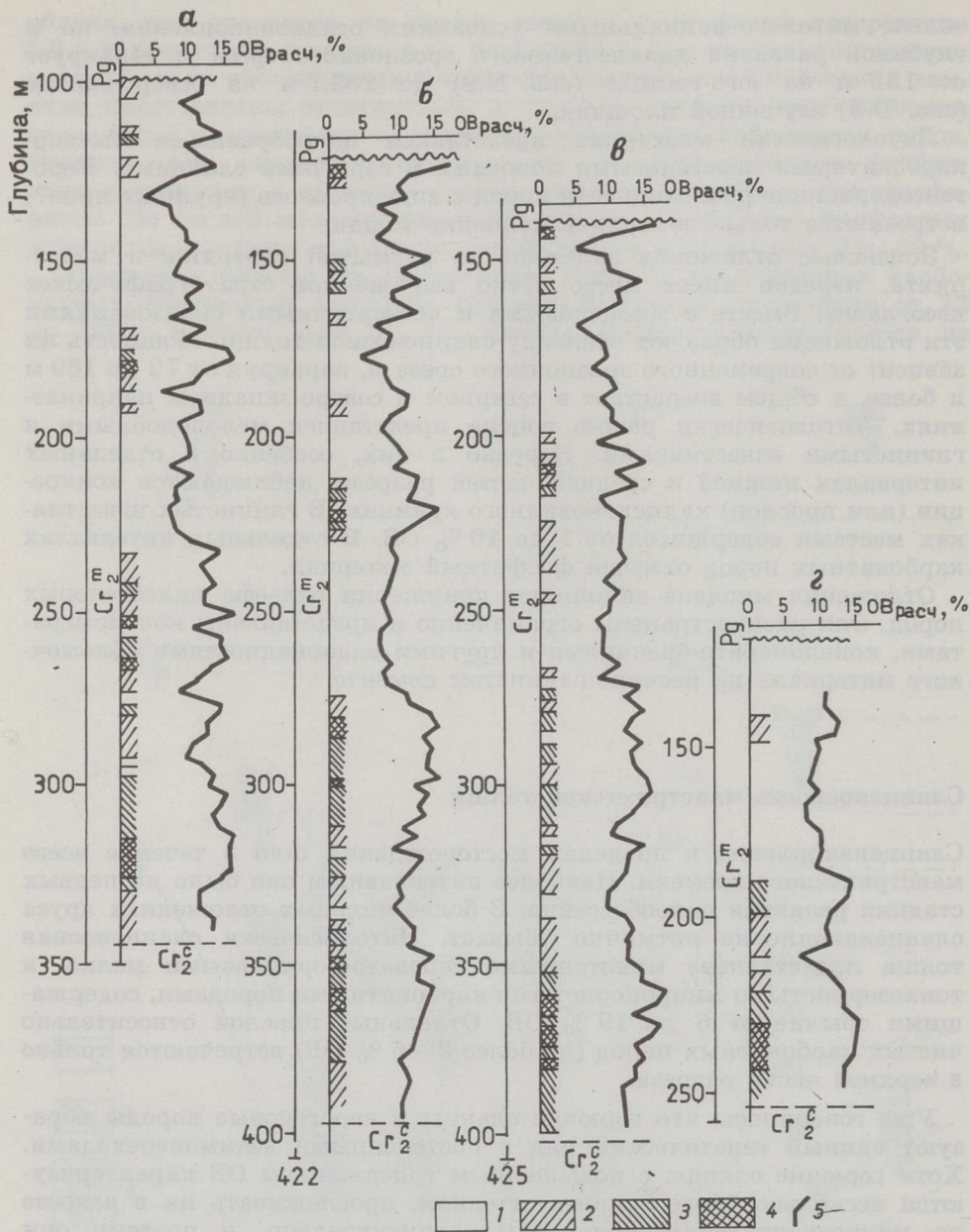


Рис. 3  
 Распределение (расчетного) содержания органического вещества ( $OB_{расч}$ ) по разрезу маастрихтской сланценовой толщи месторождения Дераа: а — скважина D-23, б — D-8, в — D-10, г — N-9. Условные обозначения: 1 — керогеновые породы с теплотой сгорания  $Q_6^d$  менее 4,19 МДж/кг; 2—4 — горючие сланцы с  $Q_6^d$  4,19—5,02 (2), 5,02—5,86 (3) и >5,86 (4) МДж/кг; 5 — график распределения условного ОВ

количество, так и качество сланца увеличиваются с глубиной, достигая максимума в первом ритме.

Из данных о сланценовости маастрихтской толщи (табл. 1; рисунки 2 и 3) вытекает, что во всех изученных разрезах в центральной части самого древнего ритма прослеживается достаточно выдер-

## Характеристика проб горючих сланцев месторождения Дераа

Интервал, м	Мощность слоя, м	Содержание условного органического вещества, %		Теплота сгорания, МДж/кг	
		пределы	среднее	пределы	среднее
<b>Скважина D-23</b>					
113,9—117,0*	3,1		14,7		5,06
174,9—181,0	6,1	15,5—17,2	16,2	5,81—5,94	5,65
242,0—245,1*	3,1		13,3		5,51
251,2—254,2*	3,0		16,5		6,17
257,3—266,4	9,1	14,3—15,3	14,7	5,02—5,91	5,39
275,6—278,6*	3,0		14,2		5,14
296,9—330,5	33,6	13,0—16,6	14,4	5,18—6,28	5,65
В том числе					
312,2—330,5	18,3	13,5—16,6	15,3	5,41—6,25	5,88
<b>Скважина D-8</b>					
123,0—126,0*	3,0		17,4		7,12
150,0—153,0*	3,0		14,0		5,61
156,0—159,0*	3,0		12,8		5,16
215,0—218,0*	3,0		12,3		5,06
221,0—226,0	5,0	13,1—15,9	14,8	5,60—6,28	6,00
280,0—312,0	32,0	12,0—15,7	14,0	4,94—6,32	5,76
321,0—327,0	6,0	12,2—13,7	13,0	5,06—5,39	5,23
342,0—347,0	5,0	11,9—11,9	11,9	5,14—5,15	5,13
350,0—380,0	30,0	12,2—14,8	13,5	5,20—6,34	5,69
В том числе					
350,0—371,0	21,0	12,2—14,8	13,7	5,24—6,34	5,86
<b>Скважина M-10</b>					
141,4—144,4*	3,0		17,1		6,70
156,6—159,7*	3,1		14,5		5,15
208,5—211,5*	3,0		15,1		5,98
214,6—217,6*	3,0		13,4		5,15
272,5—275,5*	3,0		14,1		5,56
278,6—284,7	6,1	13,1—14,6	13,9	5,43—5,86	5,69
287,8—293,9	6,1	12,9—14,6	13,8	5,06—6,89	5,39
300,0—312,2	12,2	13,3—15,5	14,6	5,23—5,86	5,56
354,9—400,6	45,7	12,0—17,9	14,1	5,02—7,49	5,77
В том числе					
354,9—388,4	33,5	11,47—17,8	15,2	5,32—7,01	6,19
<b>Скважина N-9</b>					
189,5—198,5	9,0	13,8—14,0	13,9	5,39—5,48	5,44
221,2—245,8*	24,8	13,1—15,6	14,2	5,32—6,49	5,99

\* Данные по одной пробе.

жанный слой горючих сланцев. Мощность его значительна — 21—33 м, средневзвешенная теплота сгорания  $Q_6^d$  для всех пересечений составляет от 5,86 до 6,19 МДж/кг. Это самые качественные горючие сланцы месторождения.

### Минералогия горючих сланцев

По данным рентгендифрактометрических анализов, как в горючих сланцах, так и в керогеновых породах явно доминирует кальцит (табл. 2). Доломит обнаружен в отдельных интервалах — до 17 %. Терригенные минералы (не более 17 %) представлены тонкозернистым кварцем и глинистыми минералами — каолинитом, монтмориллонитом, редко гидрослюдами и в единичных случаях иллитом и гейландитом. Кварцу иногда сопутствует кристобалит. Он установлен в единичных пробах (до 3,4 %) и обычно ассоциируется с повышенным содержанием монтмориллонита. Для рассматриваемых пород харак-

Минеральный состав и матрицы значений коэффициентов парной линейной корреляции между содержаниями органического вещества (ОВ), породообразующих минералов и избранных элементов керогеновых пород и горючих сланцев маастрихтской толщи

Минерал, компонент	Каль-Доло-цит	Доло-мит	Кварц	Као-линит	Монт-мо-колит	Фран-колит	Пи-рит	ОВ	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S
Доломит	-0.52											
Кварц	-.35	.08										
Каолинит	-.43	.05	.60									
Монтморил-лонит	-.20	-.13	-.02	-.37								
Франколит	-.66	.14	-.15	-.07	.28							
Пирит	-.27	.09	.26	.51	-.34	-.08						
ОВ	-.21	-.22	.36	.63	-.33	-.28	.38					
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-.14	-.09	.33	.20	.02	.04	.18	.14				
SiO <sub>2</sub>	-.29	-.03	.25	.33	.17	.05	.31	.27	.61			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-.33	-.02	.19	.47	.01	.10	.39	.32	.48	.71		
S	-.13	-.14	.15	.42	-.11	-.15	.35	.52	.42	.52	.82	
$\bar{x}$	71,4	2,6	2,4	1,6	2,4	7,2	0,5	10,8	2,37	5,76	0,87	1,26
$x_{\min}$	59,6	0,0	0,5	0,0	0,0	3,1	0,0	6,2	0,65	1,30	0,30	0,72
$x_{\max}$	83,2	17,2	6,8	4,7	8,5	13,2	1,5	16,6	11,53	12,16	1,74	1,98
S	7,0	3,9	1,3	1,5	2,4	4,9	0,5	3,0	1,57	2,35	0,40	0,32
V	9	153	53	90	100	63	100	26	66	41	46	25

Примечание.  $n=57$ ,  $r_{95}=\pm 0,26$ ,  $r_{99}=\pm 0,33$ . Положительная ассоциация: ОВ + каолинит + кварц + пирит; отрицательная: ОВ - монтмориллонит - франколит - (доломит) - (кальцит).  $x$  - среднее содержание, % (или отношение - в табл. 3);  $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  - минимальное и максимальное содержание, % (или отношение - в табл. 3); S - стандартное отклонение; V - коэффициент вариации - здесь и в табл. 3.

Минералогические анализы выполнены рентгендифрактометрическим методом в рентгендифрактометрической лаборатории Тартуского государственного университета под руководством К. Р. Утсала.

терно крайне неравномерное содержание фосфатных минералов группы фторкарбонатапатита (от 2 до 12 %, редко больше) и низкое - пирита (до 1,5 %). Иногда отмечается обогащение фосфатными минералами верхней приконтактной зоны сланценовой толщи, где их содержание увеличивается до 20 %, а в единичных случаях - до 44 %. Аналогичное явление отмечается и в приконтактной зоне с кампаном.

Минералогическими анализами тяжелой фракции в горючих сланцах и керогеновых породах установлен барит (до 1 % от массы породы), нередко сфалерит и, в виде единичных зерен, халькопирит. Почти повсеместно встречаются зерна корунда, а в отдельных скважинах - зерна амфиболов, пироксенов, эпидота и граната.

Зависимость содержания ОВ от содержания породообразующих минералов в обеих породах изучена только для юго-западной части месторождения (табл. 2). Содержание ОВ увеличивается с ростом доли в породе каолинита, кварца и пирита, который в общем компенсируется уменьшением содержания в породе карбонатных и фосфатных минералов, а также монтмориллонита и кристобалита.

### Качественная характеристика горючих сланцев

Значения основных качественных характеристик горючих сланцев - теплоты сгорания  $Q_6^d$ , выхода смолы  $T_{SK}^d$ , содержания общей серы  $S^d$ , зольности  $A^d$  - и содержания малых элементов образуют постепен-

ОВ<sub>усл</sub>, %

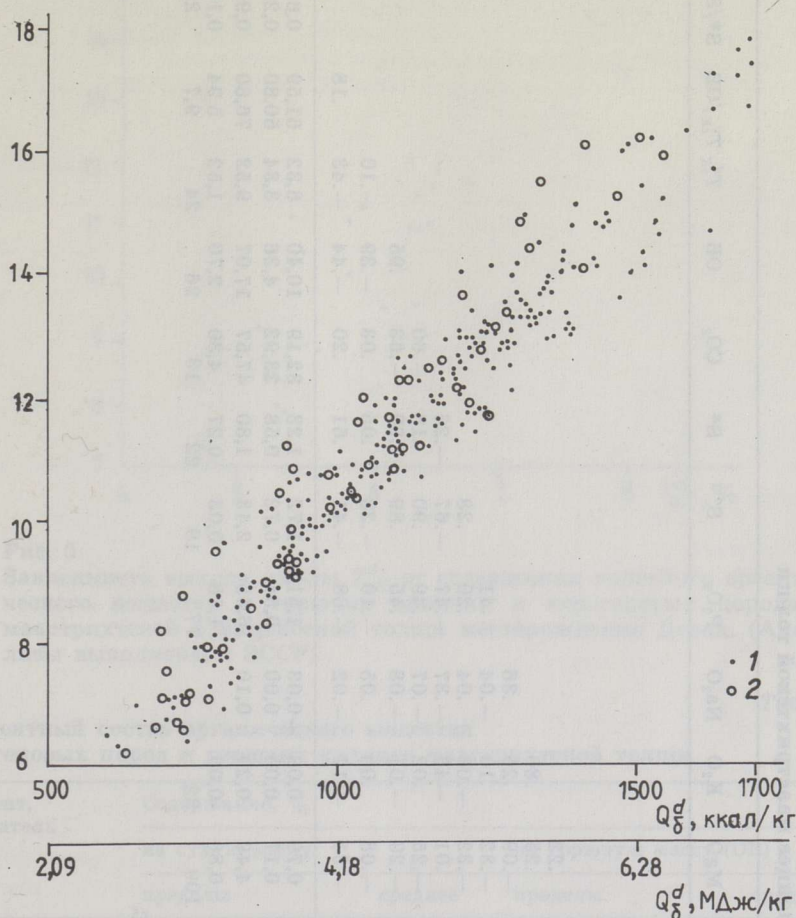


Рис. 4

Зависимость теплоты сгорания  $Q_6^d$  от содержания условного органического вещества (ОВ<sub>усл</sub>) в горючих сланцах и керогеновых породах маастрихтской сланценовой толщи месторождения Дераа: 1 — анализы выполнены в КНР; 2 — в ЭССР

ные переходы от горючих сланцев к керогеновым породам. Эти характеристики тесно связаны с минеральным составом сланценовой толщи.

Теплота сгорания  $Q_6^d$  определена в калориметрической бомбе и пересчитана на сухой сланец. В зависимости от содержания ОВ  $Q_6^d$  варьирует в пределах 1,95—7,15 МДж/кг (рис. 4; табл. 1). Установлена достаточно четкая прямолинейная зависимость  $Q_6^d$  от содержания ОВ в ряду керогеновые породы—горючие сланцы. Из диаграммы зависимости  $Q_6^d$ —ОВ вытекает, что при увеличении содержания расчетного ОВ в породе на 1 %  $Q_6^d$  сланца возрастает в среднем на 393 КДж/кг (94 ккал/кг), а также, что при выдержанном содержании ОВ отклонение значения  $Q_6^d$  от среднего показателя в обе стороны достигает 10—12 % относительных. Такое отклонение существенно превышает ошибку анализа.

Выход смолы  $T_{сК}^d$  в стандартной алюминиевой реторте Фишера равным образом прямо зависит от содержания ОВ (рис. 5) и составляет 4—11 %. Выход смолы на ОВ непостоянный — от 48,7 до 66,6, в



Химический состав и матрицы значений коэффициентов парной линейной корреляции между содержаниями условного ОВ и породообразующих окислов и выходом смолы для керогеновых пород и горючих сланцев маастрихтской толщи

Компонент, показатель	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S <sup>d</sup>	S*	CO <sub>2</sub>	OB	T <sub>ск</sub> <sup>d</sup>	T <sub>ск</sub> <sup>d</sup> /OB	S*/S <sup>d</sup>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.60															
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.27	.59														
TiO <sub>2</sub>	.30	.30	-.09													
CaO	-.74	-.43	-.21	-.28												
MgO	.02	.04	.01	-.18	-.19											
K <sub>2</sub> O	.68	.30	.01	.31	-.59	.22										
Na <sub>2</sub> O	.52	.03	-.11	.27	-.51	.25	.86									
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-.09	-.12	.02	.29	-.07	-.09	.26	.36								
S <sup>d</sup>	.31	.37	.24	.46	-.45	-.32	.10	-.04	.41	.28						
S*	.12	.01	.23	.35	-.12	-.32	-.08	-.04	.20	-.67	-.26					
CO <sub>2</sub>	-.58	-.44	-.20	-.43	.61	.01	-.46	-.37	-.47	-.18	-.60					
OB	.13	.21	.26	.24	-.37	-.25	.02	-.07	.49	.89	.20	-.63	.95			
T <sub>ск</sub> <sup>d</sup>	.10	.16	.22	.29	-.33	-.29	-.01	-.08	.45	.20	.05	.03	-.39	-.10		
T <sub>ск</sub> <sup>d</sup> /OB	-.12	-.24	-.13	.12	.22	-.08	.00	.05	-.10	-.28	.61	.20	-.44	-.43	.18	
S*/S <sup>d</sup>	-.08	-.24	-.12	-.03	-.06	-.31	-.17	-.02	-.08	-.41	.22	.13	.26	.24	9,7	23
$\bar{x}$	5,20	1,61	0,59	0,10	40,71	0,79	0,08	~0,03	1,51	1,72	1,23	32,19	10,40	6,32	61,59	0,69
x <sub>min</sub>	1,81	0,70	0,21	0,03	31,29	0,17	0,00	0,00	0,54	0,72	0,58	23,92	4,36	3,34	50,80	0,26
x <sub>max</sub>	16,13	3,93	1,31	0,17	45,34	4,49	0,29	0,10	6,55	2,43	1,80	47,57	17,07	9,52	76,60	0,97
S	2,92	0,76	0,25	0,04	3,60	0,86	0,06		1,16	0,03	0,27	4,30	2,70	1,52	5,94	0,16
$\bar{v}$	56	47	43	37	8,8	109	82		77	19	22	13	26	24	9,7	23

\* Содержание серы после озоления при температуре 1000 °С.

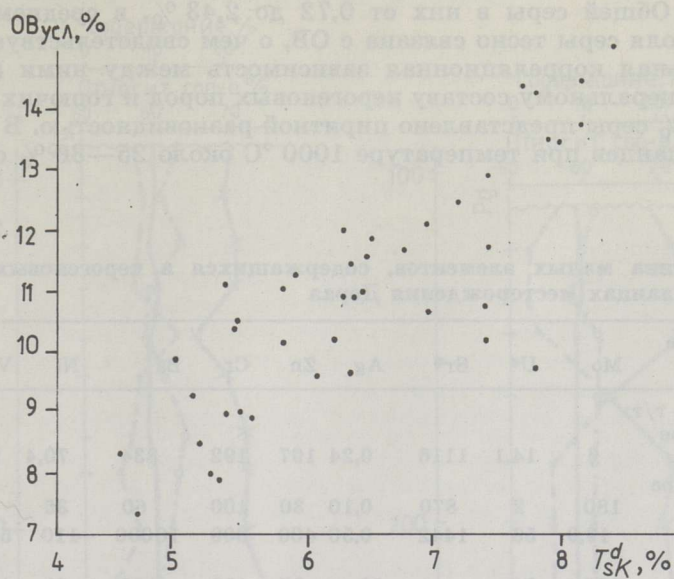


Рис. 5

Зависимость выхода смолы  $T_{SK}^d$  от содержания условного органического вещества в горючих сланцах и керогеновых породах маастрихтской сланценовой толщи месторождения Дераа. (Анализы выполнены в ЭССР)

Таблица 4

**Элементный состав органического вещества керогеновых пород и горючих сланцев маастрихтской толщи**

Элемент, показатель	Содержание, %			
	на сухую массу		на горючую массу (ОВ)	
	пределы	среднее	пределы	среднее
<b>Скважина D-25 (n = 11)</b>				
H	0,92—1,73	1,26	8,48—9,81	9,05
C	7,14—13,82	9,85	62,18—75,53	71,06
(O+N)	0,24—1,88	0,97	2,12—13,68	6,30
S	1,14—2,98	1,91	12,13—15,38	13,67
H+C+S+(O+N)	9,40—20,29	13,92	Не опр.	Не опр.
H+C+(O+N)	8,35—17,43	12,01	Не опр.	Не опр.
ОВ*	4,7—16,4	10,84	—	—
C/H	Не опр.	Не опр.	6,85—8,84	7,85
<b>Скважина D-24 (n = 13)</b>				
H	0,85—1,55	1,24	8,17—9,51	8,97
C	6,57—12,24	9,74	65,04—75,72	70,41
(O+N)	0,18—1,69	0,95	1,61—12,85	6,89
S	1,39—2,31	1,89	11,45—15,43	13,75
H+C+S+(O+N)	10,04—17,68	13,74	Не опр.	Не опр.
H+C+(O+N)	8,71—15,48	11,85	Не опр.	Не опр.
ОВ*	7,20—13,3	10,73	—	—
C/H	Не опр.	Не опр.	7,32—8,54	7,85

\* Содержание ОВ рассчитано по формуле  $ОВ = 100 - [A^d + (CO_2)_M^d]$ .

среднем 59 %. Корреляционный анализ свидетельствует (табл. 3), что по мере увеличения содержания ОВ и общей серы  $S_t^d$ , а также  $Al_2O_3$  относительный выход смолы несколько уменьшается.

**Общая сера  $S_t^d$ .** Как горючие сланцы, так и керогеновые породы мало-

сернистые. Общей серы в них от 0,72 до 2,43 %, в среднем 1,72 %. Основная доля серы тесно связана с ОВ, о чем свидетельствует четкая положительная корреляционная зависимость между ними (табл. 3). Судя по минеральному составу керогеновых пород и горючих сланцев, до 25—30 % серы представлено пиритной разновидностью. В процессе озоления сланцев при температуре 1000 °С около 25—30 % серы улетучивается.

Таблица 5

Характеристика малых элементов, содержащихся в керогеновых породах и горючих сланцах месторождения Дераа

Геохимические параметры	Mo	U*	Sr*	Ag	Zn	Cr	Ba	Ni	V	Y
Содержание, г/т:										
минимальное										
встреченное	6	14,1	1116	0,24	197	192	834	70,4	94,6	32,6
максимальное										
встреченное	180	2	870	0,10	30	100	60	35	6	20
среднее	19,9	56	1442	0,50	400	300	10000	110	500	150
Коэффициент вариации	128	71	11	58	37	23	183	25	90	
Кларк литосферы по А. П. Виноградову (1962 г.)	1,1	2,5	240	0,07	83	83	650	58	90	29
Концентрация, кларки	18	5,6	4,6	3,4	2,4	2,3	1,3	1,2	1,1	1,1

Примечание. Анализы выполнены в лабораториях Управления геологии ЭССР,  $n=58$ .

\* Рентгеноспектральные анализы, остальные — приближенно-количественные спектральные анализы, выполненные в лаборатории Управления геологии ЭССР.

Элементный состав ОВ изучен по пробам, отобраным из двух толщепересечений в юго-западной части месторождения (табл. 4; рис. 6). Оказалось, что, в противоположность керогеновым породам и горючим сланцам, ОВ является высокосернистым и характеризуется стабильным содержанием водорода и изменчивым — углерода, а также суммарных азота и кислорода. Уменьшение доли углерода в ОВ компенсируется увеличением суммарной доли кислорода и азота. Нестабильностью содержания в ОВ углерода объясняются существенные вариации  $Q_6^d$  ОВ, а также  $T_{sK}^d$  от ОВ.

Из сопоставления среднего содержания ОВ, установленного химическим (элементным) анализом, с расчетным условным содержанием ОВ, определенным по формуле  $ОВ=100-[A^d + (CO_2)_M^d]$ , видно, что последнее существенно меньше (табл. 4). Вероятная причина — переход в процессе сжигания ОВ большей части серы в  $CaSO_4$ . Теплота сгорания ОВ, рассчитанная по элементному составу, равна 36,26 МДж/кг, что на 7,7 % меньше значения этой величины, определенного по графику зависимости  $Q_6^d$ —ОВ.

По содержанию основных петрогенных компонентов как керогеновые породы, так и горючие сланцы рассматриваемого месторождения наиболее близки к карбонатным породам, в то же время отличаясь от них явно пониженным содержанием  $Al_2O_3$ ,  $MgO$  и щелочей (табл. 3). Химический состав их золы достаточно постоянен, в нем резко и стабильно преобладает  $CaO$ . Кроме того, зола характеризуется малым и неравномерным содержанием  $MgO$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  и  $K_2O$ , и высоким —  $P_2O_5$  (2,4—2,9 %).

Рентгеноспектральным и спектральным анализами в керогеновых

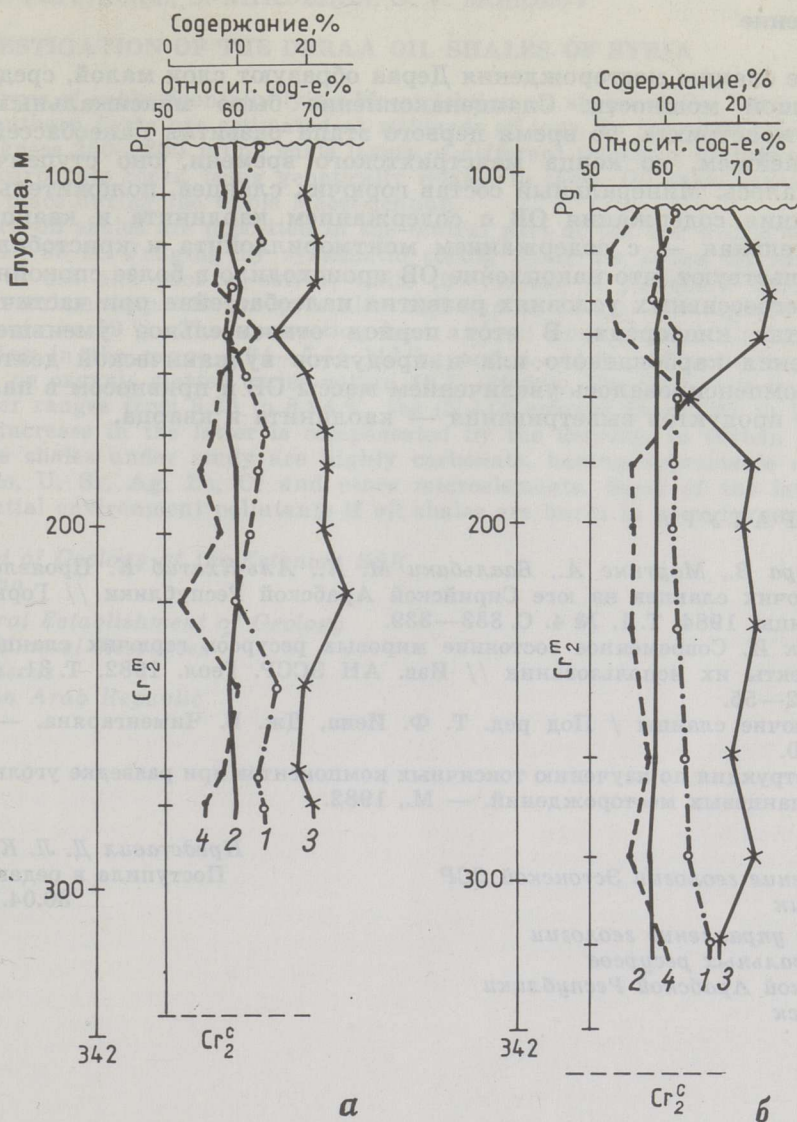


Рис. 6  
 Содержание органического вещества (1) и его элементный состав (2—4: 2 — H, 3 — C, 4 — (O+N)) по разрезу маастрихтской сланценой толщи месторождения Дераа: а — скважина D-24 (средние показатели по скважине, %: H 1,24, C 9,74, (O+N) 0,95; C/H 7,85); б — скважина D-25 (H 1,26, C 9,85, (O+N) 0,95 %; C/H 7,82)

породах и горючих сланцах установлен круг малых элементов, среднее содержание которых превышает кларк литосферы (табл. 5). По убыванию коэффициента концентрации элементы располагаются в ряду: Mo (кк=13), U, Sr, Ag, Zn, Cr (кк=2,3—5,6), Ba, Ni, V и Y (кк=1,1—1,3). Содержание Cr превышает максимально допустимое для токсичных элементов [4] во всех пробах сланца, а V и Ni — соответственно в 30 и 10 % проб.

## Заключение

Горючие сланцы месторождения Дераа образуют слои малой, средней и большой мощности. Сланценакопление было максимальным в начале маастрихта, во время первого этапа развития палеобассейна. В дальнейшем, до конца маастрихтского времени, оно ступенчато уменьшалось. Минеральный состав горючих сланцев, положительная корреляция содержания ОВ с содержанием каолинита и кварца и отрицательная — с содержанием монтмориллонита и кристобалита свидетельствуют, что накопление ОВ происходило в более спокойных, слабо регрессивных условиях развития палеобассейна при частичном недостатке кислорода. В этот период относительное уменьшение накопления карбонатного ила и продуктов вулканической деятельности компенсировалось увеличением массы ОВ и привнесом в палеобассейн продуктов выветривания — каолинита и кварца.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пуура В., Мартинс А., Баальбаки М. К., Аль-Кхатиб К. Проявления горючих сланцев на юге Сирийской Арабской Республики // Горючие сланцы. 1984. Т. 1. № 4. С. 333—339.
2. Эпик И. Современное состояние мировых ресурсов горючих сланцев и проекты их использования // Изв. АН ЭССР. Геол. 1982. Т. 31. № 2. С. 42—55.
3. Горючие сланцы / Под ред. Т. Ф. Йена, Дж. В. Чименгаряна. — Л., 1980.
4. Инструкция по изучению токсичных компонентов при разведке угольных и сланцевых месторождений. — М., 1982.

Представил Д. Л. Кальо  
Поступила в редакцию  
30.04.1987

Управление геологии Эстонской ССР  
г. Таллин

Главное управление геологии  
и минеральных ресурсов  
Сирийской Арабской Республики  
г. Дамаск

## INVESTIGATION OF THE DERA A OIL SHALES OF SYRIA

Reserves of subhorizontally lying Maestrichtian oil shales of the Yarmuk basin in southern Syria are estimated at milliards of tons. In the shale-bearing bed (thickness 250—280 m) oil shale layers of different thickness lie between kerogen carbonate rocks, being genetically related to them. Oil shale accumulation took place during the whole Maestrichtian.

Rich oil shales are deposited in the central part of the bed with a thickness of 21—33 m. Judging by systematic coring data, the Deraa oil shales are rich in ash and poor in sulfur, while the content of phosphate minerals of fluorocarbonateapatite group is also high (up to 12 %). The organic content amounts to 19 %. The combustion heat and oil yield depend directly on it, varying in the range 4.94—7.15 MJ/kg and 4—11 %, respectively. The oil yield on organic matter varies within 48.7—66.6 %. The C/H ratio in organic matter ranges from 6.85 to 8.84 %, the (N+O) content from 1.61 to 13.18 %. The increase in the latter is compensated by the decrease in carbon content.

The shales under study are highly carbonate, having appreciable amounts of Mo, U, Sr, Ag, Zn, Cr and other microelements. Some of the latter are potential environment pollutants if oil shales are burnt in open furnaces.

*Board of Geology of the Estonian SSR  
Tallinn*

*General Establishment of Geology  
and Mineral Resources  
Damascus  
Syrian Arab Republic*