

Ю. И. ГОРЬКИЙ, Г. П. МАКЕЕВА, З. К. ЛУКЬЯНОВА,
В. К. ЖУКОВ, А. Л. ДУДКА

СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ САПРОПЕЛЕЙ ПО ДАННЫМ РЕНТГЕНОФАЗОВОГО АНАЛИЗА

Сапропели — это специфические природные органо-минеральные образования, представляющие интерес как для научных исследований, например при рассмотрении их в качестве аналогов определенной стадии образования органогенных пород сапропелевого типа, так и для использования в народном хозяйстве [1]. При том, что содержание в них органического вещества (ОВ) изменяется в довольно широких пределах, доля минеральной составляющей в сапропелях весьма существенна. Цель настоящей работы — изучение минерального состава сапропелей разной степени преобразованности.

Исследовали современные сапропели, извлеченные из оз. Вечер (Минская область), и погребенные, взятые с глубины 18,0—55,8 м по керну скважин, пробуренных на Червонослободской площади той же области Белорусской ССР. Состав их минеральной части определяли химическим и рентгенофазовым анализом. Химический анализ выполняли по ГОСТу 105380-72, рентгенофазовый — на приборе ДРОН-2. Условия съемки: излучение CuK_α , ток трубки 33 мА, напряжение 30 кВ, графитовый монохроматор, постоянная времени 5 с; диапазон съемки $3-130^\circ$, щели, мм: № 1 — 0,5, № 2 — 10, № 3 — 0,25, № 4 — 2; скорость сканирования $2^\circ/\text{мин}$. Соединения идентифицировали по [2, 3].

Обе пробы современных сапропелей (пробы 1 и 2) значительно различаются содержанием соединений железа и кальция; колебания остальных показателей не столь существенны (табл. 1). Погребенные сапропели были выбраны таким образом, чтобы в широком диапазоне и менялись их карбонатность и содержание соединений кремния и

Таблица 1

Характеристика сапропелей

Проба	Скважина	Глубина отбора проб, м	Зольность, A^d , %	$(\text{CO}_2)^d$ карбонатов, %	Условная органическая масса, %	Основные компоненты золы, % на сухое вещество				
						SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO
Современный сапропель										
1	оз. Вечер		64,9	14,8	20,3	19,1	14,5	0,8	19,1	0,9
2	»»		55,0	19,5	25,5	17,2	2,3	1,3	22,1	1,4
Погребенный сапропель										
3	4550	18,0—22,0	72,7	2,8	24,5	51,8	4,9	4,1	5,5	0,4
4	4903	45,8—47,8	76,6	5,6	17,8	49,3	10,5	5,5	5,0	1,3
5	4906	33,0—35,0	60,8	27,8	11,4	13,6	8,0	1,3	34,2	0,9
6	4906	31,0—33,0	59,5	28,2	12,3	10,6	7,2	0,5	37,0	1,1
7	4728	43,6—45,6	80,5	8,8	10,7	52,9	5,3	3,3	12,3	1,1
8	4903	53,8—55,8	70,2	12,8	17,0	35,1	11,6	1,2	13,8	1,2

кальция. Тем самым определен набор кремнеземистых (пробы 3 и 4) и карбонатных (5 и 6) сапропелей, а также их разновидностей (7 и 8) (табл. 1). Наиболее интенсивное отражение в основном наблюдается при углах 2θ , равных $29,5-29,7$ и $26,8^\circ$, что соответствует межплоскостным расстояниям в $3,03-3,00$ и $3,31-3,33$ Å. В зависимости от соотношения кремнеземистой и карбонатной составляющих в неорганической части сапропелей колеблется интенсивность соответствующих им основных пиков на рентгенограммах (рис. 1).

Из табл. 2 видно, что для погребенных кремнеземистых сапропелей интенсивный пик на рентгенограмме при угле 2θ $26,8^\circ$ обусловлен большим количеством кварца. Пики при углах 2θ $21,0$, $36,2$, $39,6$, $50,5$ и $60,2^\circ$ сопутствуют основному рефлексу кварца. Кроме того, в пробе 3 фиксируется присутствие микроклина, имеющего основной рефлекс при этом же угле 2θ $26,8^\circ$, а в пробе 4 — сидерита, что объясняет более высокое содержание оксида железа в ее зольной части.

Погребенные сапропели карбонатного типа имеют характерный пик при угле 2θ $29,6^\circ$ и сопутствующие ему пики при углах 2θ $23,2$, $39,6$, $43,4$, $47,7$, $48,7$ и $57,6^\circ$ (рис. 1), что свидетельствует о преимущественном содержании в них кальцита в двух изоморфных модификациях. Рефлексы минералов с определяющим межплоскостным расстоянием $3,34$ Å в этих пробах несущественны (особенно в пробе 6).

В пробах 7 и 8 пик при угле 2θ $26,8^\circ$ по величине приближается к пику при угле 2θ $29,5-29,7^\circ$ вследствие уменьшения доли кварца в составе минералов (проба 7) и увеличения доли кальцита (проба 8) как преобладающего среди карбонатных минералов, обнаруженных в сапропелях.

Кроме уже названных минералов, в погребенных кремнеземистых сапропелях обнаружены в небольшом количестве гидратированный сульфат алюминия и кальцит, а в карбонатных и смешанных — силикаты железа, алюминаты, сидерит, а также более сложные карбонаты — тиллеит и хунтит, что определяет соответствующие отклонения в содержании основных компонентов золы сланцев (табл. 1).

Обе пробы современных сапропелей содержат значительное количество карбонатов, и их рентгенограммы имеют обусловленный этим

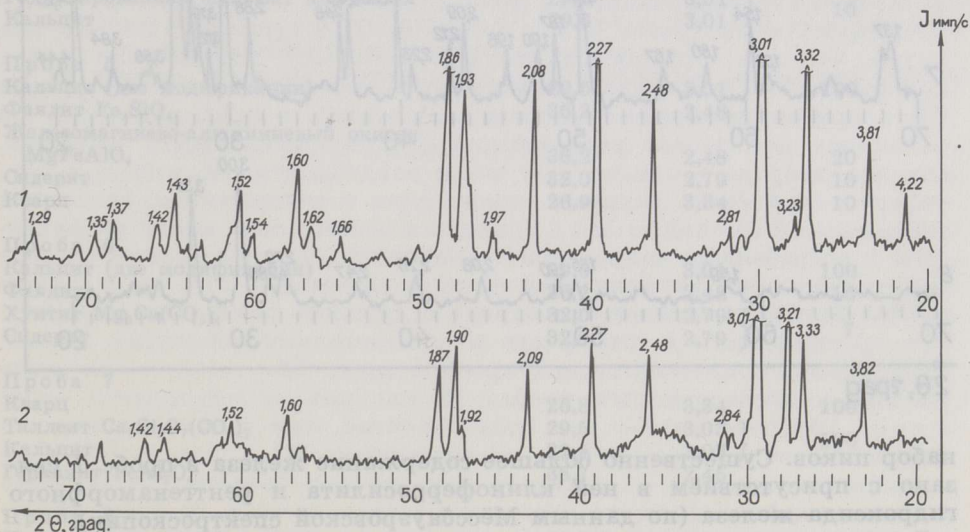
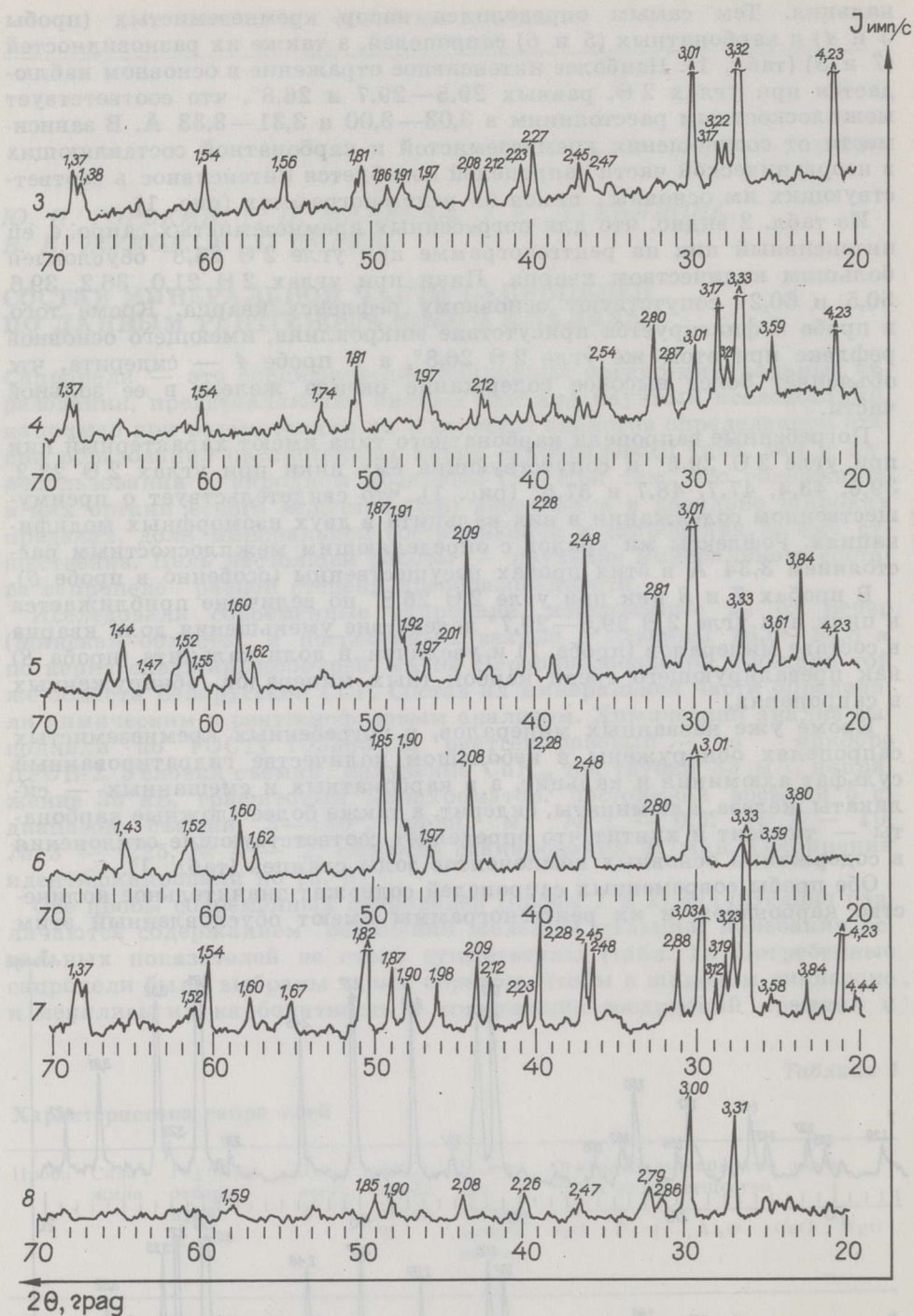


Рис. 1

Рентгенограммы проб современных (1 и 2) и погребенных (3—8) сапропелей. 1—8 — номера проб



набор пиков. Существенно большее содержание железа в пробе 1 связано с присутствием в ней клиноферросилита и рентгенаморфного гидроксида железа (по данным Мёссбауэровской спектроскопии).

В целом, неорганической части сапропелей присущи простые минеральные формы — кварц, кальцит, сидерит. После перехода современных сапропелей в ископаемое состояние в них чаще фиксируется сидерит, появляются сульфаты, алюминаты, усложняется состав кар-

бонатов и — о части — силикатов. Создается впечатление, что происходит преобразование — хотя и малозаметное — ОВ, в результате которого высвобождаются биогенные элементы, дающие начало новым минеральным формам или усложняющие химический состав имеющихся простых минеральных соединений. Это особенно заметно при сопоставлении минерального состава неорганической части сапро-

Таблица 2

Основные минералы неорганической части сапропелей

Минерал	Угол 2 (°), град	Межплоскостное расстояние, d, Å	Интенсивность, I _{отн}
Проба 1			
Кальцит CaCO ₃	29,6	3,01	100
Клиноферросилит FeSiO ₃	29,5	3,02	
Гиллебрандит Ca ₂ SiO ₄ · 0,3H ₂ O	29,5	3,02	
Микроклин KAlSi ₃ O ₈	26,8	3,33	20
Кварц SiO ₂	26,8	3,34	
Проба 2			
Кальцит	29,6	3,01	100
Гиллебрандит	29,5	3,02	
Микроклин	26,8	3,33	
Кварц	26,8	3,34	40
Проба 3			
Кварц	26,8	3,34	100
Микроклин	26,8	3,33	
Гидратированный сульфат алюминия (H ₃ O)Al ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	29,6	3,01	30
Кальцит		3,04	
Проба 4			
Кварц	26,8	3,34	100
Энстатит MgSiO ₃	28,1	3,17	25
Сидерит FeCO ₃	32,0	2,79	15
Гидратированный сульфат алюминия	29,6	3,01	10
Кальцит	29,6	3,01	
Проба 5			
Кальцит (две модификации)	29,6	3,01	100
Фаялит Fe ₂ SiO ₄	36,2	2,48	
Железомagneзиево-алюминиевый окисел MgFeAlO ₄	36,2	2,48	20
Сидерит	32,0	2,79	10
Кварц	26,9	3,34	10
Проба 6			
Кальцит (две модификации)	29,6	3,01	100
Фаялит	36,2	2,48	15
Хунгит Mg ₃ Ca(CO ₃) ₄	32,0	2,79	7
Сидерит	32,0	2,79	
Проба 7			
Кварц	26,8	3,34	100
Тиллеит Ca ₅ Si ₂ O ₇ (CO ₃) ₂	29,5	3,03	100
Кальцит	29,5	3,03	
Геркинит FeAl ₂ O ₄	36,7	2,45	
Проба 8			
Кальцит (две модификации)	29,7	3,00	25
Кварц	26,9	3,31	
Двукальциевый силикат Ca ₂ SiO ₄	32,0	2,79	
Сидерит	32,0	2,79	
Геленит гидрат Ca ₂ Al ₂ SiO ₇ · H ₂ O	32,0	2,79	

пелей и горючих сланцев. В последних, например, нет сидерита, а высокое содержание кремния обусловлено не большой долей кварца, а большим разнообразием силикатов [4].

Относительная интенсивность рефлексов, а фактически, при одинаковых условиях эксперимента, интенсивность основных пиков в ряду органогенных пород: современные сапропели—погребенные сапропели—горючие сланцы снижается в пределах отдельных их типов и при равном содержании в них основных минералов (табл. 2). Например, интенсивность пика при угле 2θ $29,7^\circ$ для современных сапропелей составляет 900 и погребенных — 450 имп/с, а для горючих сланцев — 200 имп/с. Скорее всего это можно объяснить, во-первых, более совершенной кристаллографической структурой их минералов и, во-вторых, относительно слабой связью между ОВ и минеральными компонентами в таких сравнительно молодых природных образованиях, как сапропели.

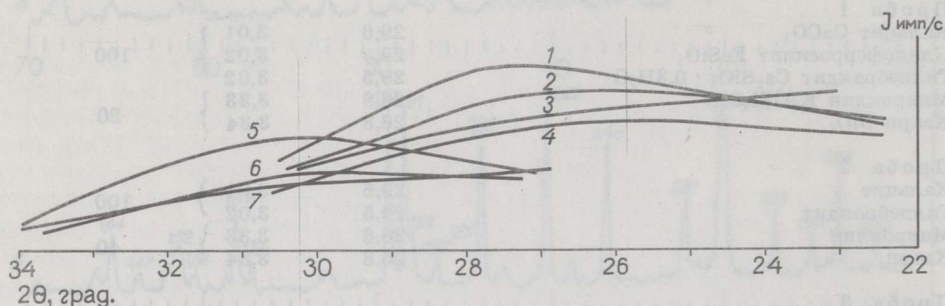


Рис. 2

Диффузный максимум на рентгенограммах горючих сланцев (1, 2, 4, 5) и сапропелей (3, 6, 7), различающихся содержанием углекислоты карбонатов: по порядку номеров — 0,5, 3,7, 2,8, 5,6, 19,6, 12,8, 19,5

При сравнении рентгенограмм сапропелей и сланцев заметно (особенно среди малокарбонатных проб) различие в величине диффузного максимума в интервале углов 2θ $23,0-30,0^\circ$ (рис. 2). Из рисунка видно, что для сланцев максимум тем больше, чем больше в них некарбонатной (глинистой) минеральной составляющей (содержание ОВ в пробах примерно одинаково). Вероятно, в пробах содержится различное количество рентгенаморфного неорганического вещества, обуславливающего отмеченную выше зависимость. Но вместе с тем, определенная связь величин максимумов с содержанием глинистой минеральной составляющей в сланцах и значительно меньший максимум у погребенных сапропелей с аналогичным содержанием глинистой минеральной составляющей наводят на мысль о том, что в данном случае величина максимума, наряду с другими факторами (содержание органического и аморфного неорганического вещества), косвенным образом свидетельствует о прочной связи ОВ с глинистыми минералами в исследованных пробах. В сланцах — генетически более зрелых образованиях — эта связь прочнее, чем в сапропелях, что подтверждает и более трудное их обогащение [5]. Согласно [6], в сапропелях следовало бы ожидать значительно большего количества рентгенаморфной фазы по сравнению со сланцами, у которых коллоидная система подверглась старению и кристаллизации в процессе литогенеза. Однако полученные данные этого не подтверждают. Очевидно, что природа диффузного максимума исследованных органогенных пород сапропелевого типа весьма сложна и не может быть обус-

довлена лишь наличием в исследованной пробе органического и аморфного неорганического вещества.

В целом же, изучение минерального состава сапропелей показало существенную его неоднородность, что необходимо учитывать при решении практических задач. Кроме того, установлена некоторая аналогия в минеральном составе органогенных пород сапропелевого типа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лопотко М. З. Сапропели БССР, их добыча и использование. — Минск, 1974.
2. ASTM Diffraction data cards and alphabetical and grouped numerical index of X-ray diffraction data. — Philadelphia, 1946—1963.
3. Михеев В. Н. Рентгенометрический определитель минералов. — М., 1959.
4. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Жуков В. К. и др. Состав минеральной части горючих сланцев Белоруссии. — Горючие сланцы, 1984, 1, № 4, с. 355—362.
5. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Стельмах Г. П., Яременко И. А. Проблемы комплексного использования горючих сланцев Белорусской ССР. — Минск, 1983.
6. Стадников Г. Л. Глинистые породы. — М., 1957.

Представил А. Я. Аарна

Институт торфа
Академии наук Белорусской ССР
г. Минск

Поступила в редакцию
04. 06. 1985

Yu. I. GORKY, T. P. MAKEJEVA, Z. K. LUKYANOVA,
V. K. ZHUKOV, A. L. DUDKA

MINERAL COMPOSITION OF SAPROPELS ON THE BASIS OF X-RAY ANALYSIS DATA

The mineral composition of recent and buried sapropels from the Minsk region of Byelorussia was investigated by using X-ray diffraction methods. It was established that they contain mainly quartz and calcite and to a lesser extent — microcline, siderite, silicate and aluminate.

In general, inorganic sapropels are characterized by elementary mineral forms.

Academy of Sciences of the Byelorussian SSR,
Institute of Peat
Minsk