

А. А. ГОНЦОВ, В. М. ЧЕБОТАРЕВ

**ХАРАКТЕРИСТИКА И ТИПОЛОГИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ
ТУРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В последние годы в ходе изучения горючих сланцев Туровского месторождения Припятского бассейна разрабатывались в основном вопросы их комплексной переработки по безотходной технологии [1—4]. Геохимическим аспектам исследования месторождения внимание было уделено лишь на ранних стадиях разведки — при изучении сланценосности Припятского бассейна в целом [5, 6].

Уже на первых этапах геологоразведочных работ определились неоднородность и разнообразие рассматриваемых горючих сланцев. В пределах бассейна выделено два месторождения — Любанское и Туровское. Их сравнительный анализ показал, что Туровское месторождение имеет большую мощность и меньшую глубину залегания основного пласта горючих сланцев. Поэтому в дальнейшем именно оно стало объектом проведения предварительной стадии геологоразведочных работ. Полученные данные существенно изменили представления о характере сланценосности, вещественно-петрографическом составе белорусских горючих сланцев и перспективах их использования в народном хозяйстве.

В пределах Туровского месторождения горючие сланцы представлены несколькими пластами. Основной — туровский вскрыт на глубине от 50 до 365 м, имеет мощность от 1,0 до 2,6 м, в среднем 1,7 м и средневзвешенную удельную теплоту сгорания 5,32 МДж/кг. Туровский пласт имеет простое строение, выдержан по площади и как в кровле, так и в почве постепенно переходит в керогенсодержащие мергели.

Вещественно-петрографический состав горючих сланцев изучали по всем пластопересечениям (рис. 1). Петрографические исследования проводили в соответствии с ГОСТ 12112-78 [7]. Из слагающих кероген микрокомпонентов присутствует в основном кальгинит группы альгинита, который цементирует фрагменты тальгинита, гуминита и инертинита.

Минеральная часть представлена глинистыми и карбонатными минералами. Глинистый материал в основном гидрослюдистый со структурой одновременного погасания, реже монтмориллонитовый. Общим для минеральной части горючих сланцев является присутствие железистой разновидности гидромусковита и полевых шпатов — ортоклаза и микроклина. Терригенный материал составляет примерно 15—20 % от общей минеральной массы (в мергелистых сланцах). Распределение его неравномерное, чаще он образует гнездообразные скопления. Доля пирокластического материала, представленного пепловым материалом и мелкими обломками измененных вулканогенных пород незначительна, он преобладает во вмещающих керогенсодержа-

| Пласто- пересечения* | Микрокомпоненты | | | | Минеральная часть | | | | | |
|---|------------------|----------------|----------------|--------------|-------------------|----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------|
| | Группа альгинита | Таль- гинит | Микс- тинит | Гуми- нит | Инер- тинит | Глини- стое вещество | Карбо- наты | Суль- фиды | Сили- циты | Прочие |
| Глинистый гумито-альгинитовый тип | | | | | | | | | | |
| 1-8, 15, 16, 19 | 15,9 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 69,1 | 8,1 | 2,5 | 1,5 | 1,5 |
| 14, 2-20 | 0,2-3,0 | 0,1-1,0 | 0,3-1,0 | 0,1-1,0 | 0,1-1,0 | 62,3-72,4 | 4,8-12,4 | 2,1-3,4 | 1-10 | 1-5 |
| Мергелистый гумито-альгинитовый тип | | | | | | | | | | |
| 9-13, 17, 18, 22-24, 35, 38, 29-31, 40-42, 45, 46, 48-54, 57-61, 68, 69 | 14,9 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 59,1 | 19,5 | 2,3 | 1,5 | 1,3 |
| 12,7-20,5 | 0,3-2 | 0,1-1,5 | 0,1-2,0 | 0,1-1,0 | 0,1-1,0 | 54,4-64,4 | 13,1-24,4 | 1,9-3,9 | 1-8 | 1-5 |
| Карбонатный гумито-альгинитовый тип | | | | | | | | | | |
| 14, 20, 21, 26-28, 32, 36, 37, 39, 43, 44, 47, 55, 64-66 | 14,1 | 0,5 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 49,2 | 29,3 | 2,6 | 1 | 2,9 |
| 8,9-20,3 | 0,5-2 | 0,1-1,0 | 0,1-1,5 | 0,1-1,0 | 0,1-1,0 | 41,6-52,2 | 24,1-37,2 | 2,0-3,1 | 1-5 | 2,1-6 |

Примечание. В числителе — средние значения в целом по петрографическому типу, в знаменателе — минимальное и максимальное значения по отдельным пластопересечениям.

* Расположение пластопересечений см. на рис. 1.

Типологическая классификация пластопересечений

| Функция процесса накопления вещества горючих сланцев | S_Q : 5m | | 6m | | | | | | | | | |
|--|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----|----|----|
| | S_S : 0,03m | 0,02m | $f_1(m)$ | $f_2(m)$ | | | | | | | | |
| S_{CO_2} : | $f_1(m)$ | $f_2(m)$ | $f_3(m)$ | $f_1(m)$ | $f_2(m)$ | $f_3(m)$ | $f_1(m)$ | $f_2(m)$ | $f_3(m)$ | | | |
| Класс | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Число пласто- пересечений | 2 | 4 | 13 | 3 | 16 | 5 | — | 15 | 8 | 5 | 7 | 1 |

Примечание. $S_{CO_2} = f_1(m) = \{4m\}$;
 $S_{CO_2} = f_2(m) = \{6m; 7m; 8m; 9m; 10m; 11m; 12m\}$;
 $S_{CO_2} = f_3(m) = \{13m; 14m\}$.

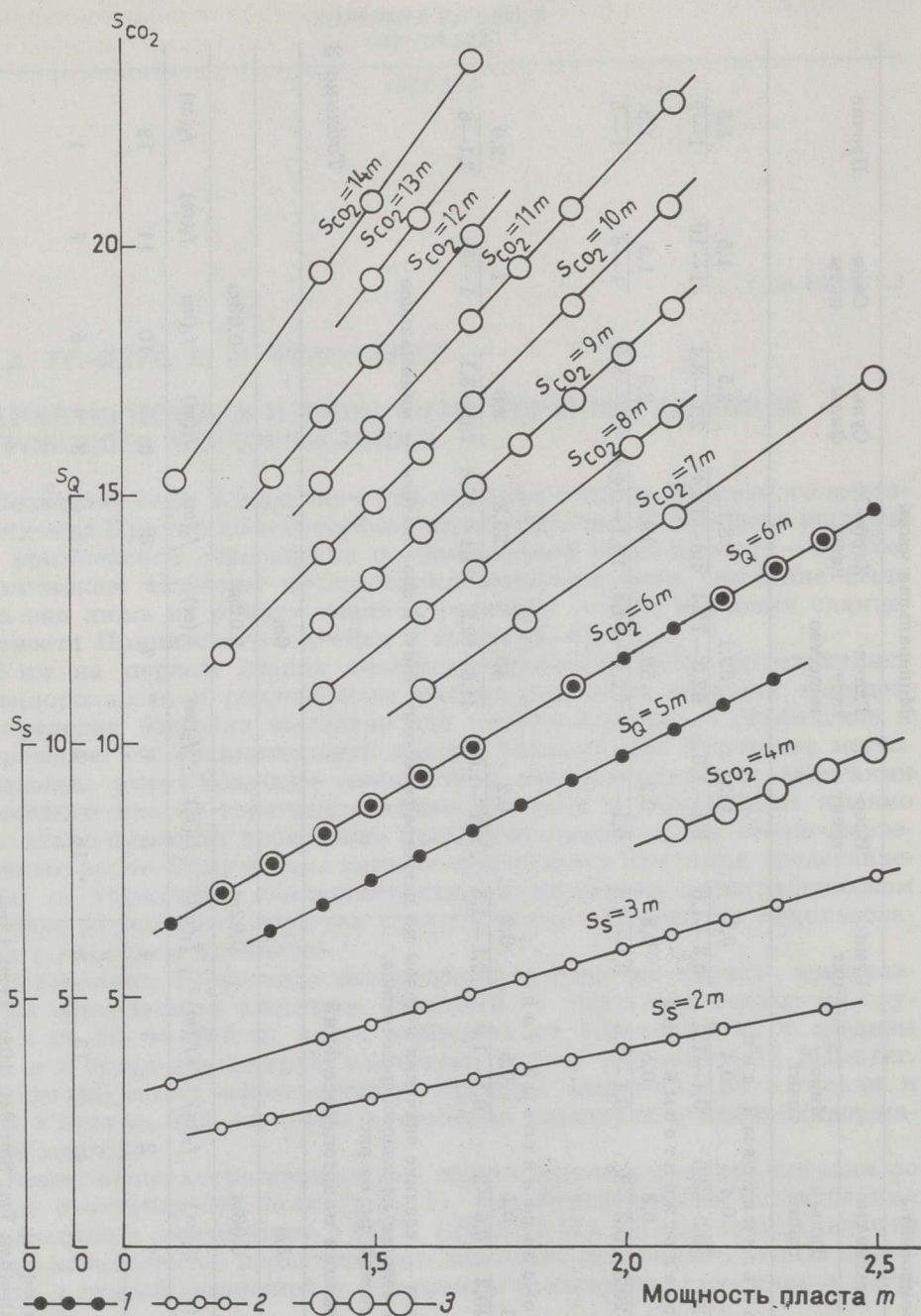


Рис. 1

Схематическая карта прогноза качества горючих сланцев туровского пласта западной части Туровского месторождения. Условные обозначения: 1 — номера пластопересечений; 2 и 3 — площади пласта с линейной теплотой сгорания, определяемой уравнениями $S_Q = 5m$ (2) и $S_Q = 6m$ (3); 4—6 — площади распространения глинистых (4), карбонатных (5) и мергелистых (6) сланцев

щих глинах и мергелях. Из карбонатов преобладает пелитоморфный кальцит хемогенного происхождения. Из аутигенных минералов встречается халцедон, лимонит и пирит, который нередко образует вкрапленности и линзовидные гнезда.

По микрокомпонентному и минеральному составу горючие сланцы разделены нами на три типа: глинистый гумито-альгинитовый, мергелистый гумито-альгинитовый и карбонатный гумито-альгинитовый. Петрографический состав пласта систематизирован (табл. 1).

Глинистый гумито-альгинитовый тип характерен для сланцев западной части месторождения. Образование его связано с притоком терригенного материала в опресненный водоем. В сланцах этого типа встречается гумодегрит. Мергелистый гумито-альгинитовый тип является переходным к карбонатному гумито-альгинитовому, сланцы этого типа занимают большую часть исследуемой площади месторождения. Сланцы карбонатного гумито-альгинитового типа залегают в центральной части месторождения.

В целом фациальная характеристика отложений сланценосной толщи на площади и по разрезу простая. Накопление сланценосной толщи происходило в лагунных условиях со слабой подвижностью водной среды, и только в западной части вблизи береговой линии, вследствие большого поступления терригенного материала и опреснения водоема, не происходило образования карбонатов.

Таблица 2

Характеристика горючих сланцев Туровского месторождения по петрографическим типам

| Показатель | Петрографический тип | | |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | глинистый гумито-альгинитовый | мергелистый гумито-альгинитовый | карбонатный гумито-альгинитовый |
| Мощность пласта, м | 2,1 (11)* | 1,6 (35) | 1,5 (18) |
| Показатели качества, %: | | | |
| A^d | 5,50 | 5,07 | 5,09 |
| Q_{σ}^d , МДж/кг | 77,5 | 75,5 | 72,3 |
| $(CO_2)_M^d$ | 4,2 | 8,3 | 13,4 |
| S^d | 2,7 | 2,2 | 2,4 |
| T_{sK}^d | 7,3 | 7,2 | 7,2 |
| Содержание на золу, %: | | | |
| $Al_2O_3 + SiO_2$ | 67,6 | 63,1 | 58,9 |
| $K_2O + Na_2O$ | 6,5 | 5,4 | 5,2 |
| SO_3 | 3,2 | 2,9 | 3,8 |
| $Al_2O_3 + SiO_2$ | 9,01 | 4,12 | 2,52 |
| $CaO + MgO$ | | | |

* В скобках указано число скважин.

Большой объем аналитических данных, в особенности химических анализов, дал возможность рассчитать средневзвешенные значения качественных параметров по пласту и по петрографическим типам (табл. 2). Из табл. 2 видно, что наибольшую мощность пласта и наилучшее качество имеют горючие сланцы глинистого гумито-альгинитового типа. Согласно схеме промышленной классификации горючих сланцев [8], выбран параметр содержания суммы оксидов кальция и магния, равный 10 и 20 %. Эти границы в первом приближении соответствуют границам петрографических типов. По значению

модуля кислотности золы (M_k) исследуемые горючие сланцы относятся к алюмосиликатно-карбонатному (M_k 2—4), карбонатно-алюмосиликатному (M_k 4—6) и алюмосиликатному ($M_k > 6$) типам.

Корреляционно-регрессионный анализ показал достаточно тесную связь между содержанием диоксида углерода в сланцах и содержанием оксидов кальция и магния в золе. По расчетам, содержание карбонатов в сланцах составляет в среднем 18,6 %, варьируя от 8,6 до 42,4 %, то есть по минеральному составу сланцы относятся к мергелистым. Содержание диоксида углерода увеличивается по разрезу пласта в средней его части и несколько возрастает с увеличением глубины залегания пласта в направлении с запада на восток.

По содержанию серы, которое меняется в небольших пределах — от 1,9 до 4 %, сланцы относятся к сернистым [1]. Из разновидностей превагирует сульфидная, тогда как содержание органической и сульфатной серы составляет десятые доли процента. В распределении серы по площади не установлена какая-либо закономерность. Наблюдается высокая корреляция между содержаниями общей серы и SO_3 в золе сланцев. Нет связи между содержанием органического вещества и сернистостью сланцев. Независимое и неравномерное распределение сульфидов как в самом пласте, так и во вмещающих породах свидетельствует о самостоятельном, независимом от сланценакопления процессе сульфидообразования. При полукоксовании значительная часть серы переходит в газообразные продукты — сероводород и оксид серы.

Поскольку для припятских сланцев характерна тесная корреляционная связь между удельной теплотой сгорания и выходом смолы полукоксования (коэффициент корреляции 0,98—0,99) [9], мы используем для классификации только один параметр — удельную теплоту сгорания.

Состав микроэлементов в сланцах и вмещающих их породах Туровского месторождения изучался ранее и подробно описан в работах [1, 4]. Дополнительные исследования лишь подтвердили сделанные ранее выводы. Следует подчеркнуть отсутствие четкой закономерности распространения того или иного микроэлемента в зависимости от литотипа пород или горючего сланца. Например, по содержанию хрома, ванадия, кобальта, меди, циркония, свинца и бария горючие сланцы мало отличаются от вмещающих пород. Важно также отметить, что обогащение сланца ОВ не всегда ведет к обогащению микроэлементами. Не наблюдается какой-либо закономерности в распределении микроэлементов по площади и разрезу. Следовательно, условия осадконакопления сланценосных отложений были однообразны, то есть осадконакопление происходило в восстановительных условиях морской среды при нормальном газовом режиме придонных вод.

Одним из путей познания природы и процессов формирования горючих сланцев является линейный типологический анализ экспериментальных данных [10]. Благодаря введению понятия парциальной мощности породообразующего элемента [11], геометрически характеризующего массу его накопления, стало возможным описание седиментогенной геохимической системы средствами аналитической геометрии и построение соответствующих теоретических и экспериментальных линейных моделей состояния такой системы.

В качестве характеристик пластопересечений мы использовали линейные параметры накопления компонентов горной породы, определяемые по общему уравнению

$$S_i = a_i m,$$

где S_i — парциальная мощность i -го компонента [11], $i=1, 2, \dots, k$; k — число породообразующих элементов; $(a_i \pm \varepsilon) = \text{const}$ — доля

массы i -го компонента в керне пластопересечения, ε — седиментогенная флюктуация массы i -го компонента; m — мощность пластопересечения.

В качестве доли α_i массы смолы использован ее химико-технологический эквивалент — удельная теплота сгорания Q_6^d , в качестве эквивалентов долей масс серы α_s и диоксида углерода α_{CO_2} — их процентные содержания. Округлив до сотых значения α_i в каждом пересечении пласта, легко получить уравнения прямых, характеризующие определенный класс качества сланцев.

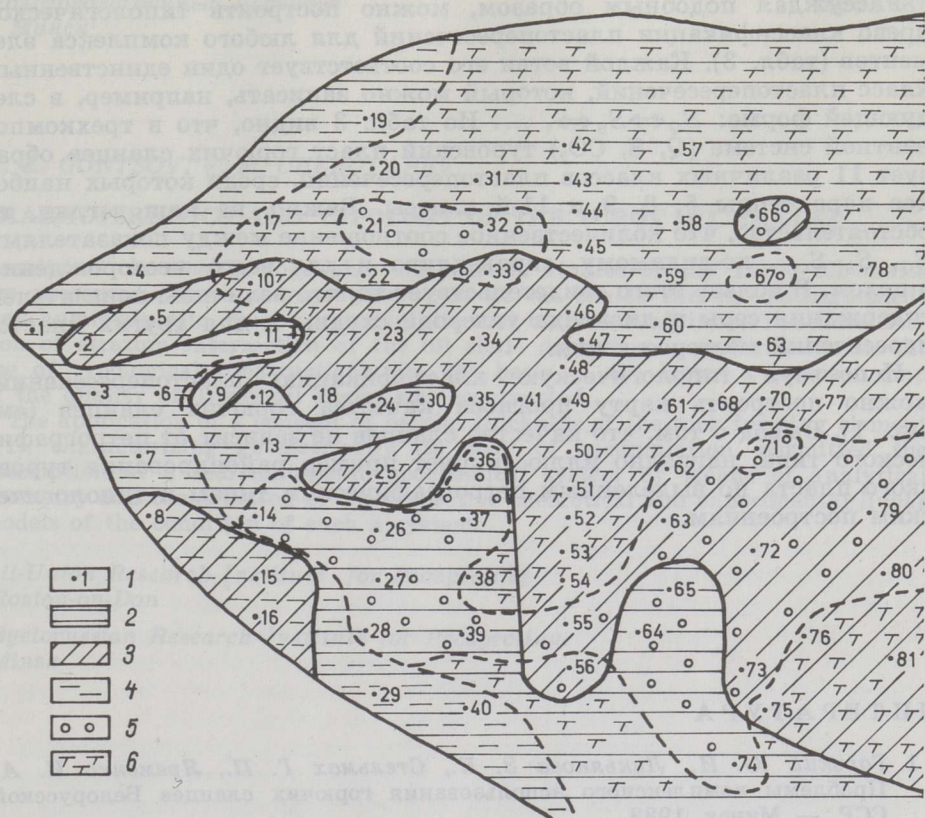


Рис. 2

Зависимость парциальной мощности S_i i -го породообразующего компонента от мощности туровского пласта: 1 — линейная теплота сгорания S_Q ; 2 — парциальная мощность серы S_s ; 3 — парциальная мощность диоксида углерода S_{CO_2} .

Построение графиков $S_i=f(m)$ (рис. 2) показало, что параметр S_i действительно является линейной функцией мощности пласта. Для Туровского месторождения эта зависимость выражается рядом прямых, отрезки которых располагаются под различными углами по отношению к осям координат. По теплоте сгорания природная пространственная изменчивость пласта описывается двумя уравнениями — $S_Q=5m$ и $S_Q=6m$. По содержанию общей серы также выделяются два класса пластопересечений, описываемые уравнениями $S_s=0,02m$ и $S_s=0,03m$. Объединив уравнения $S_{CO_2}=f(m)$ в соответствии со схемой промышленной группировки, мы выделили три группы горячих сланцев по содержанию диоксида углерода: $S_{CO_2}=f_1(m)$, $S_{CO_2}=f_2(m)$ и $S_{CO_2}=f_3(m)$.

Таким образом, мы имеем все предпосылки для построения типологической классификации пластопересечений по трем параметрам. Основанием для ее построения является то, что каждому типу функции накопления i -го элемента формально соответствует только один из нескольких типов функции накопления другого, например k -го, элемента. Так, функции $S_Q=f_1(m)$ может отвечать в данном сечении пласта только одна из функций $S_S=f_1(m)$ или $S_S=f_2(m)$. В свою очередь, каждому из последних типов функций может отвечать только один из типов функции накопления другого элемента и т. д.

Рассуждая подобным образом, можно построить типологическое древо классификации пластопересечений для любого комплекса элементов (табл. 3). Каждой ветви его соответствует один единственный класс пластопересечений, который можно записать, например, в следующей форме: $S_Q \leftrightarrow S_S \leftrightarrow \dots$. Из табл. 3 видно, что в трехкомпонентной системе (Q, S, CO_2) туровский пласт горючих сланцев образует 11 различных классов пластопересечений, среди которых наиболее характерны 5, 8, 9 и 11-й классы. Важно, на наш взгляд, то обстоятельство, что количественное соотношение между показателями S_Q, S_S, S_{CO_2} , по-видимому, справедливо и для всего месторождения в целом. В пользу этого свидетельствует то, что величины показателей содержания серы и диоксида углерода сходны и для других пластопересечений месторождения.

Используя типологическую классификацию пластопересечений, можно построить карту прогноза качества горючих сланцев (см. рис. 1). Вывод о том, что качество сланцев не зависит от петрографического типа, наглядно иллюстрирует пример районирования туровского пласта по выделенным петрографическим типам и типологическим построениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Стельмах Г. П., Яременко И. А. Проблемы комплексного использования горючих сланцев Белорусской ССР. — Минск, 1983.
2. Высоцкая В. В., Уров К. Э., Горький Ю. И., Лукьянова З. К. Влияние минерального субстрата на выход и состав продуктов полукоксования горючего сланца Туровского месторождения Белорусской ССР // Горючие сланцы. 1985. Т. 2. № 4. С. 409—417.
3. Уров К. Э., Клесмент И. Р., Побуль Л. Я. и др. Новые данные об органическом веществе верхнедевонских горючих сланцев Белоруссии // Там же. № 1. С. 41—56.
4. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Прохоров С. Г. и др. ЭПР-спектроскопическое исследование горючих сланцев Белоруссии // Там же. 1986. Т. 3. № 4. С. 389—394.
5. Уров К. Э., Листрем А. И. О составе и свойствах керогена припятских горючих сланцев Белоруссии по данным термической деструкции // Химия тв. топлива. 1979. № 5. С. 86—92.
6. Ажгиревич Л. Ф. Сланценосная формация верхнего палеозоя Белоруссии. — Минск, 1982.
7. ГОСТ 12112-78. Угли бурые. Метод определения петрографического состава. — М., 1983.
8. Полозов В. Ф., Озеров И. М. Промышленная классификация горючих сланцев // Химия тв. топлива. 1974. № 5.
9. Гонцов А. А., Палер Л. М., Аракчеева Л. Н. О связи между основными показателями качества горючих сланцев // Поисковые критерии твердых полезных ископаемых БССР. — Минск, 1985. С. 118—126.

10. Чеботарев В. М. Анализ геохимических фаций, их районирование и типизация // Докл. АН БССР. 1983. Т. 27. № 6. С. 555—558.
11. Чеботарев В. М. Миграционная подвижность элементов как параметр состояния седиментогенной геохимической системы // Там же. 1986. Т. 30. № 11. С. 1005—1007.

Представил Д. Л. Кальо

Поступила в редакцию
18.03.1987

Всесоюзный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
г. Ростов-на-Дону

Белорусский научно-исследовательский
геологоразведочный институт
г. Минск

Повторно
10.06.1987

A. A. GONTSOV, V. M. CHEBOTAREV

CHARACTERISTICS AND TYPOLOGY OF THE TUROV OIL SHALES

Results of chemical-petrographic composition studies of the Turov oil shales are presented. Three petrographic types of oil shales can be distinguished: clay-humic-alginite, marl humic-alginite and carbonate-alginite. The classification of stratum intersection of the oil shale deposit was performed with the use of typological constructions. On the basis of the latter a forecast map of the quality of Turov oil shales was constructed.

The application of a concept of partial thickness of the rock forming element (11), characterizing geometrically its body of accumulation, permitted the description of a sedimentogenic geochemical system by means of analytical geometry and construction of the respective theoretical and experimental linear models of the condition of such a system.

All-Union Research Institute for Prospecting
Rostov-on-Don

Byelorussian Research Institute for Prospecting
Minsk