

*П. ВИНГИСААР, В. КАТТАЙ, К. УТСАЛ*

## СОСТАВ КУКЕРСИТА ПРИБАЛТИЙСКОГО СЛАНЦЕВОГО БАСЕЙНА

Органическое вещество (ОВ) разнообразных горючих сланцев изучено сравнительно полно, залежи их в разведанных месторождениях охарактеризованы морфологически и технологически. При этом весьма парадоксально, что как горные породы горючие сланцы изучены очень слабо. Наиболее бедные ОВ менилитовые и диктионемовые сланцы химически полно изучены (Геология месторождений..., 1968; Kirret и др., 1959). Определен и полный химический состав кукурсита в центральной части Эстонского месторождения (Торпан, 1954). На основании химических анализов К. Б. Торпан рассчитал минеральный состав кукурсита, что, однако, недостаточно подтверждается нашими данными, особенно в отношении глинистых минералов. Результаты собственно минералогических количественных анализов горючих сланцев до выхода статьи, посвященной изучению диктионемового сланца (Утсал и др., 1980), мы не получили. Как правило, в литературе приводятся сведения о наличии тех или иных минералов и результаты химического анализа золы. Судя по последней сводке (Горючие сланцы, 1980), так же обстоит дело по изучению вещественного состава горючих сланцев и за рубежом.

Ниже приводятся результаты примененного впервые к кукурситу Прибалтийского сланцевого бассейна (ПСБ) рентген-дифрактометрического анализа. Метод недавно подробно охарактеризован (Утсал, 1981), и нет необходимости его здесь описывать. Отметим только, что сущность метода заключается в определении не только кристаллического вещества, но и рентгеноаморфной фазы по высоте диффузного максимума на дифрактограммах. Основанием количественной интерпретации дифрактограмм послужили анализы искусственных смесей концентрата керогена с кварцем и карбонатными минералами.

Материалом для исследования послужили дубликаты проб кернов разведочных скважин, обработанных и проанализированных лабораторией Кохтла-Ярвеской геологической партии Управления геологии ЭССР с целью получения основных технических показателей (теплота сгорания, зольность, влажность, содержание серы). Исследовано по одной скважине центральной, западной, восточной и южной частей Эстонского месторождения и одна скважина с Ленинградского месторождения. В каждой скважине проанализированы все слои кукурсита и разделяющего их известняка. На Ленинградском месторождении принято объединять при опробовании слои А и А<sub>1</sub>, а также Е и F<sub>1</sub>. Слой F<sub>2</sub> опробуется там вместе с вышележащей т. н. ложной кровлей. Этим объясняются смещения некоторых точек на рис. 1. На Эстонском месторождении проведено в общей сложности 63, на Ленинградском 10 и на Тапаском 19 анализов. На Тапаском месторождении изучали III, IV, V слои кукурсита четырех скважин (13 проб), а также некоторые слои нижнего промышленного пласта (6 проб).



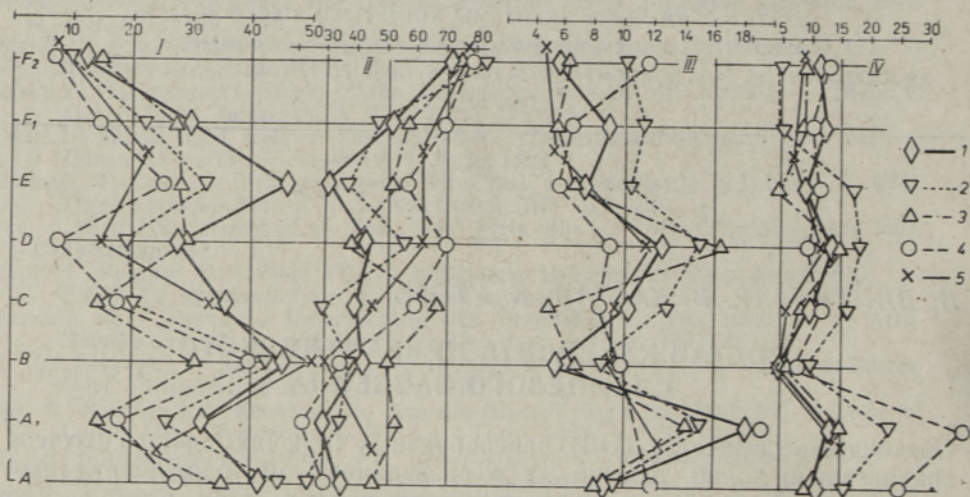


Рис. 1. Содержания породообразующих компонентов в слоях кукуерсита разных частей Эстонского месторождения, %. Компоненты: I — ОВ, II — карбонатные минералы, III — кварц и полевой шпат, IV — глинистые минералы. 1 — центральная, 2 — восточная, 3 — западная, 4 — южная часть Эстонского месторождения; 5 — Ленинградское месторождение.

Результаты определений приведены на рис. 1, где для большей ясности упущены известняковые прослои. Изображены колебания содержаний породообразующих компонентов в разных частях Эстонского и на Ленинградском месторождении. Обращает на себя внимание следующая закономерность: практически тождественный ход изменений от слоя к слою во всех частях ПСБ, тенденция сокращения вверх по разрезу содержаний ОВ и терригенных минералов при увеличении карбонатности. Между породообразующими минералами и ОВ рассчитаны коэффициенты парной корреляции по Эстонскому месторождению:

	кальцит	доломит	полевой шпат	гидрослюда	хлорит	пирит	ОВ
кварц	-0,72	0,16	0,20	0,81	0,38	0,02	0,35
кальцит		-0,32	-0,18	-0,67	-0,40	-0,33	-0,78
доломит			-0,12	-0,09	-0,08	-0,23	-0,18
полевой шпат				0,17	0,07	0,04	0,15
гидрослюда					0,48	-0,03	0,29
хлорит						0,01	0,31
пирит							0,55

В расчет приняты и данные по слоям известняков.

В матрице видна тесная положительная связь кварца с гидрослюдой и отрицательные зависимости между кальцитом и гидрослюдой, кальцитом и ОВ. Аналогичны результаты исследования Ленинградского и Тапаского месторождений. Для исключения влияния ОВ на соотношения минералов мы пересчитали данные анализов на неорганическую массу, а затем полученные количества основных минеральных компонентов сопоставили с ОВ (рис. 2). Видна в общем положительная, но не очень ясная корреляция ОВ с суммой кварца и полевого шпата, а также с глинистыми минералами (рис. 2, нижний ряд). При рассмотрении этой зависимости по отдельным слоям видно, что в одних слоях она довольно неопределенная (А<sub>1</sub>, Е), в других весьма отчетлива (В, С, D), Отрицательная корреляция с карбонатами во всех случаях четкая.

Исследование ОВ кукуерсита не входило в поставленную авторами задачу. Отметим лишь, что на дифрактограммах кукуерситов различных



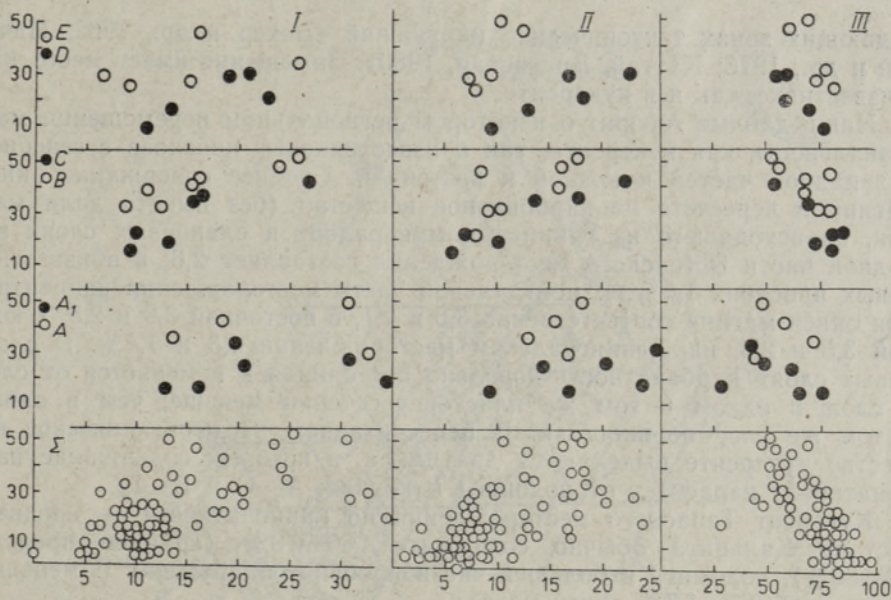


Рис. 2. Сопоставление количества породообразующих минеральных компонентов, пересчитанных на 100%-ное неорганическое вещество, с количеством ОВ кукурситов Прибалтийского сланцевого бассейна, %. По ординате — ОВ. По абсциссе: I — глинистые минералы (гидрослюда + хлорит), II — кварц + полевой шпат, III — карбонатные минералы. В нижнем ряду даны все определения, включая известняковые прослои, в трех верхних рядах — отдельные слои кукурсита.

частей ПСБ положение центра диффузного максимума соответствует межплоскостному расстоянию 4,6 Å.

Наиболее богаты ОВ слои кукурсита А, В, Е (по нашим определениям обычно 30—50%, максимальные величины 47—52%), беднее слои А<sub>1</sub>, С, D, F<sub>1</sub> (10—30; 26—33%). Наименьшее содержание керогена в слое F<sub>2</sub> — 5—15%, что немного превышает соответствующую величину вмещающих известняков (2—10%), из которых более богаты ОВ прослой А<sub>1</sub>/А, С/В, Е/Д. Наибольшее содержание ОВ в нижней части промышленного пласта приурочено к восточной части ПСБ, минимальное к западной. Начиная со слоя D максимальная концентрация ОВ распределяется в центральной и западной частях Эстонского месторождения, минимальная в южной. В кукурсите Тапаского месторождения концентрация ОВ в основном составляет 12—23%.

**Карбонатное вещество** представлено кальцитом и доломитом. Кальцит находится в виде скелетных остатков морских беспозвоночных разных групп и водорослей. Преимущественно это частицы размером до миллиметра, обломки — более сантиметра, но часто встречаются и целые окаменелости. По изобилию и разнообразию окаменелостей кукурсит превосходит окружающие известняки. В кукурзеском горизонте, содержащем промышленные скопления кукурсита, установлено 334 вида и подвиды (Рыбусокс, 1970), т. е. больше, чем в каком-либо другом горизонте ордовика и силура Эстонии. Окаменелости в кукурсите в отличие от таковых в известняке — часто ориентированы по слоистости и сплющены.

В меньшем количестве в кукурсите обнаружен илистый или тонкозернистый кальцит, которому часто приписывается хемогенное происхождение. Это мнение еще не доказано, хотя и не опровергнуто.

Кальцит замещен доломитом частично или полностью в круто-



падающих зонах тектонических нарушений (Вахер и др., 1962; Пичугин и др., 1976; Каттай, Вингисаар, 1980). Замещение имеет место как в известняке, так и в кукерсите.

Наши данные говорят о некотором региональном перемещении магнезиальности как кукерсита, так и известняковых прослоев с северной и западной частей к южной и восточной. Среднее содержание окиси магния в пересчете на карбонатное вещество (без вычета доли магния, происходящего из глинистых минералов) в сланцевых слоях западной части Эстонского месторождения составляет 2,6, а в известняковых прослоях 1,0%. В центральной части месторождения концентрация окиси магния соответственно 3,6 и 2,1, в восточной 3,9 и 2,5, в южной 3,5 и 2,3, на Ленинградском месторождении 4,3 и 1,4%. В сланцевых слоях карбонатность довольно постоянная и изменяется от слоя к слою в одном и том же пластопересечении меньше, чем в одном и том же слое по площади. В пересчитанном на неорганическое вещество кукерсите выделяются два цикла, в которых содержание карбонатности нарастает от подошвы к кровле: А—С и D—F<sub>2</sub>.

Кукерсит Тапаского месторождения по карбонатности — среднего состава. Кальцита обычно содержится 60—70% (крайние пределы 48—80%), доломита в большей части проб не обнаружено. В меньшей части проб 0,7—1,7% окиси магния.

**Терригенное вещество** в кукерсите, как и в известняковых прослоях, по данным литературы (Дилакторский и др., 1961), тонкодисперсное, преобладающие размеры частиц 10—20 микронов. Рентген-дифрактометрическим методом определено содержание кварца, полевого шпата, гидрослюда и хлорита. Другие минералы обнаружены в незначительном количестве, за исключением аутигенного пирита.

Терригенного вещества в кукерсите значительно больше, чем в известняке, как в абсолютных количествах, так и в пересчете на минеральную составляющую. Из сланцевых слоев более обогащены терригенным веществом слои А<sub>1</sub> и D, из известняковых прослоев А<sub>1</sub>/А, В/А<sub>1</sub>.

Кварца найдено в пробах горючих сланцев 3,6—17,9 (чаще 5—8), полевого шпата 0,7—2%. Содержания этих минералов между собой в прямой зависимости и поэтому далее будем рассматривать их в сумме. В пересчитанном на минеральное вещество кукерсите сумма этих минералов колеблется в пределах 6—27%, достигая максимальных значений в слоях А<sub>1</sub> и С центральной, южной и восточной частей и в слое D западной части Эстонского месторождения. Минимальные значения характерны слоям В и С западной, Е и F<sub>1</sub> южной и F<sub>2</sub> восточной части Эстонского месторождения. В известняковых прослоях содержание кварца с полевым шпатом, пересчитанное также на неорганическое вещество, колеблется в пределах 1,5—8,5%. Колебания по площади в одних и тех же слоях меньше, чем между разными слоями того же разреза. В кукерсите Тапаского месторождения содержание кварца и полевого шпата промежуточное между вышеотмеченными крайними значениями.

Из глинистых минералов повсеместно присутствует и преобладает гидрослюда. В изученных образцах кукерсита содержание гидрослюда колеблется от 5,0 (F<sub>2</sub>, восточная часть) до 35,8% (А<sub>1</sub>, южная часть). Хлорит найден в небольшом количестве (до 3%) в слоях А, А<sub>1</sub>, В, F<sub>2</sub> южной, А и В восточной, Е и D/С центральной части Эстонского месторождения и в слое IV Тапаского месторождения. Сумма глинистых минералов, отнесенная к неорганическому веществу, колеблется от 6 (Е, западная часть) до 46 (А<sub>1</sub>, южная часть), чаще всего 8—20%. Наиболее глинистые кукерситовые слои: А, А<sub>1</sub>, В — в южной, С, D, Е, F — в восточной части Эстонского месторождения и слой В — на



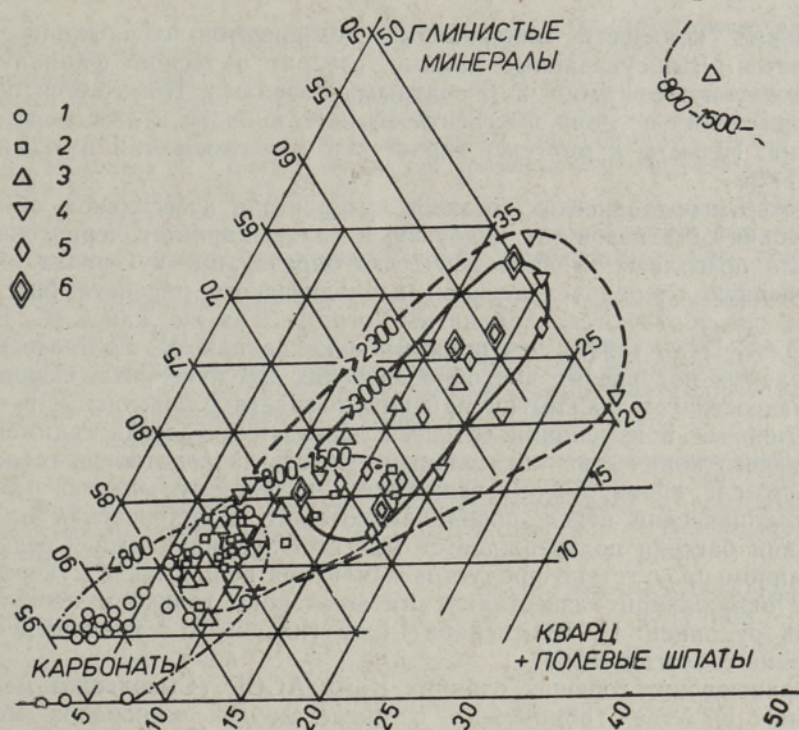


Рис. 3. Состав неорганической части конcretionных конкрементов Прибалтийского сланцевого бассейна, сгруппированных по теплоте сгорания, ккал/кг: 1 — менее 800, 2 — 800—1500, 3 — 1500—2300, 4 — 2300—3000, 5 — 3000—4000, 6 — более 4000.

Ленинградском месторождении. Пирит весьма часто встречается в более богатых ОВ слоях конcretionита (А, В, Е), реже в слоях А<sub>1</sub> и F<sub>1</sub>. Нам не удалось обнаружить пирит в наиболее карбонатном слое F<sub>2</sub> и в известняковых прослоях В/А<sub>1</sub>, D/C, E/D.

Учитывая указанные особенности состава конcretionита и чередующегося с ним известняка можно сделать некоторые выводы о фациальной обстановке образования этих пород. Сопоставив содержания глинистых минералов с содержанием кварца и полевого шпата, получим положительную линейную корреляцию, которую можно объяснить попаданием в бассейн тонкого, плохо отсортированного терригенного материала при весьма слабой гидродинамической подвижности воды и сравнительно быстром осадконакоплении, препятствующем отделению глинистых минералов. О слабой подвижности водной среды говорит и карбонатный детрит преимущественно тонкостенных скелетных образований.

Определенный интерес представляет знакомство с гипотетическими «носителями» конcretionитов, полученными в результате пересчета, исключая ОВ. Рассмотрев часть треугольной диаграммы с пересчитанным составом конcretionита и чередующегося с ним известняка (рис. 3), можно заключить, что минеральные составы известняка и конcretionита связаны между собой плавным переходом без заметных перерывов. Количество зернистого терригенного компонента (кварца с полевым шпатом) очень стабильное и контролирует содержание керогена: все конcretionиты, теплотой сгорания 3000 ккал/кг и более, содержат 12—20% кварца и полевого шпата. По аналогичному признаку колебание глинистых минералов 10—30, карбонатных 50—75%. За пределами этих



оптимальных количеств минеральных компонентов содержание ОВ уменьшается. Вышеуказанные данные говорят о тесной фациальной связи между кукурситом и карбонатными породами. Намечается переход к известняку в слоях кукурсита  $F_2$  и  $F_1$  южного и западного направлений. Переход к мергелю характерен для слоев А и  $A_1$  южного направления.

Сходство неорганических составов кукурсита и известняков, обилие органических остатков в тех и других, а также характер терригенного материала позволяют предположить, что образование кукурсита является в первую очередь следствием периодического расцвета биоса в бассейне, где образуются карбонатные осадки. Так же, как С. С. Бауков и Ю. А. Паап (1978), мы принимаем концепцию М. Д. Залесского о синезеленых водорослях как образователях ОВ кукурсита. Основная проблема состоит в раскрытии причины расцвета планктона и в первую очередь — в изыскании средства доставки в бассейн седиментации большого количества питательных веществ за короткое в геологическом смысле время. Таким веществом, по нашему мнению, может быть вулканический пепел, попадание которого в ордовикский палеобалтийский бассейн подтверждается многими публикациями. Сведения о постоянном присутствии продуктов изменения пепла как в кукурсите, так и в окружающих известняках имеются пока только в неопубликованной рукописи П. Вингисаара и других (1977), хранящейся в Управлении геологии ЭССР.

В верхнеюрских горючих сланцах Коми АССР (Сысольское месторождение) К. Утсал обнаружил в числе других минералов монтмориллонит, гейландит и большое количество неорганического рентгеноаморфного вещества (до 29%), что говорит о присутствии туфогенного вещества. Есть сведения, что не только в этих двух наиболее изученных сланцевых бассейнах страны, но и в разрезе почти всех остальных месторождений горючих сланцев СССР имеется вулканогенный материал (Геология месторождений, 1968). В этом же сборнике при описании менилитовых сланцев В. П. Порфирьев прямо указывает на «цветение» водоема под влиянием пирокластического материала.

Приведенные данные о вещественном составе кукурсита подтверждают необходимость литолого-минералогического изучения горючих сланцев по меньшей мере в двух целях: а) для выяснения закономерностей формирования сланцевых залежей и на этом основании конкретизации критериев поисков новых месторождений; б) для более гибкого и целенаправленного решения вопросов технологии обогащения и переработки. Так, в случае кукурсита терригенная составляющая отрицательно сказывается на обогащении, в то время как карбонатные включения удаляются легко. Увеличение глинистости при равном количестве ОВ в кукурсите снижает выход смолы. При сжигании кукурсита диссоциация кальцита и доломита по разному снижают теплоту сгорания, в то время как терригенная составляющая инертна.

С технологическими вопросами тесно связаны и вопросы использования остатков обогащения и переработки горючих сланцев, а также проблемы охраны окружающей среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бауков С. С., Паап Ю. А.-А. О природе керогена кукурсита. — В кн.: Углеродистые отложения докембрия и нижнего палеозоя и их рудоносность. Фрунзе, 1978, 116—119.
- Вахер Р. М., Пуура В. А., Эрисалу Э. К. Тектоническое строение северо-восточной Эстонии. — Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 1962, 10, 319—336.



Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. 11. Горючие сланцы СССР. М., 1968.

Горючие сланцы. Л., 1980.

Дилакторский Н. Л., Бауков С. С., Дилакторская М. М. Опыт применения седиментометрического анализа для выяснения условий сланцenaкопления. — Изв. АН ЭССР. Серия техн. и физ.-мат. н., 1961, 10, 130—142.

Каттай В., Вингисаар П. Строение Ахтмеского тектонического нарушения. — Изв. АН ЭССР. Геол., 1980, 29, 55—62.

Пичугин М. С., Пуура В. А., Вингисаар П. А., Эрисалу Э. К. Региональные проявления метасоматической доломитизации в связи с тектоническими нарушениями в нижнепалеозойских отложениях Северной Прибалтики. — Сов. геология, 1976, 10, 78—90.

Рымутокс А. Стратиграфия вируской и харьюской серий (ордовик) северной Эстонии. Т. I. Таллин, 1970.

Торпан К. Б. О химическом и минералогическом составе пластов и пропластов кукерсита. — Тр. Таллинского политехн. ин-та, 1954, сер. А, 57, 22—31.

Утсал К., Кивимяги Э., Утсал В. О методике исследования и минералогии граптолитового аргиллита Эстонии. — Уч. зап. ТГУ, 1980, вып. 527, 116—137.

Утсал К. Р. Об эффективности применения дифрактометрии и ЭВМ для исследования горючих сланцев. — В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия. Вып. 7, кн. 2. Углеродистые отложения и их рудоносность. М., 1981, 132—137.

Kirret, O., Koch, R., Ründal, L. Maardu leiukoha diktiõneemakilda ja temas sisalduva kerogeeni keemilisest koostisest. — ENSV TA Toim. Tehn. ja füüs.-matem. tead. seeria, 1959, 8, 243—255.

Управление геологии  
Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
27/IV 1983

Тартуский государственный  
университет

P. VINGISAAR, V. KATTAL, K. UTSAL

### BALTI PÕLEVKIVIBASSEINI KUKERSIIDI KOOSTIS

Kukersiidi uurimisel esmakordselt rakendatud röntgendifraktoomeetrilise analüüsi tulemuste põhjal on antud ülevaade kukersiidi kolme põhikomponendi — orgaanilise aine ning karbonaatsete ja terrigeensete mineraalide levikust läbilõikes ja pindalal. Mineraalainele ümberarvutatud kukersiidi koostis näitas, et kõige kvaliteetsema kukersiidi mineraalseks aluseks on mergli koostisega setted, milledes savimineraalide, eriti aga kvartsi ja päevakivi hulk kõigub küllalt kitsastes piirides.

Kukersiidi moodustumise põhjuseks peetakse M. Zaleski järgi planktonvetikate jäänuste kuhjumist. Nimetatud protsess on võimalik üksnes küllaldase toiteelementide hulga kandumisel basseini. Toiteainete võimalikuks allikaks peetakse basseini kandunud vulkaanilist tuhka.

P. VINGISAAR, V. KATTAL, K. UTSAL

### THE COMPOSITION OF THE KUKERSITE IN THE BALTIC OIL SHALE BASIN

Using X-ray diffractometric analysis, on the basis of the diffusive maximum height in the diffractogramme (calibrated by synthetic mixtures of organic matter with quartz and calcite), in addition to minerals, the content of the roentgen-amorphous organic matter was determined. Owing to this it became possible to establish the complete mineralogical composition of kukersite as a rock, which could not have been attained by other methods.

The authors present the distribution of the main components of kukersite — of organic matter, carbonaceous and terrigenous minerals — in the profiles of the western, central, eastern and southern parts of the Estonian deposit and in the Leningrad deposit (Fig. 1).

Of carbonaceous minerals, calcite and to a smaller extent dolomite are represented. Of terrigenous minerals, quartz, feldspars, illite and chlorite have been established, and of authigenous minerals — pyrite. The organic matter is in a positive correlation



with the content of clayey minerals and in a negative one with the content of carbonates. The relations between the components are more clearly revealed when the organic matter is compared with the content of minerals as calculated on the basis of the anorganic matter (Fig. 2).

Fig. 3 shows the components of kukersite recalculated on the basis of inorganic matter classified according to the thermal value of oil shale. On the grounds of the diagramme it may be assumed that the initial sediment of oil shale of a superior quality is near to that of the marls, in which the content of quartz and feldspar has been established in particularly restricted limits.

The authors share Zalesski's opinion on the origin of kukersite as a result of an accumulation of remnants of planktonic algae. For the elucidation of such phenomena, however, it is necessary to assume a supplementary importation of nutritive matter into the basin. The authors suppose that the source of such nutritive elements might have been volcanic ash.

---

## ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ИСТОРИИ ОЗЕР

С 2 по 6 августа 1983 г. в Таллине было проведено VI Всесоюзное совещание «История озер в СССР», главная цель которого заключалась в выявлении связи между озерным осадконакоплением и климатическими изменениями. Организаторами совещания были Институт геологии АН ЭССР, Институт зоологии и ботаники АН ЭССР и Советская рабочая группа проекта № 158 «Палеогидрология умеренной зоны за последние 15 000 лет» МПГК. К началу совещания были опубликованы тезисы докладов. В работе совещания участвовали 263 ученых-специалиста из институтов Академии наук СССР и академий наук союзных республик, высших учебных заведений и производственных организаций. Представлено было 78 разных организаций.

На 2 пленарных и 12 секционных заседаниях было заслушано 160 докладов, посвященных методическим, теоретическим и прикладным аспектам изучения озерных отложений. В этих докладах на основе комплексного биологического, биостратиграфического, геохронологического, литологического, геоморфологического и геохимического анализов были представлены данные о колебании уровня воды в малых озерах (М. Кабайлене, З. Алешинская, П. Лопух и др.), трансгрессиях и регрессиях крупных озер и внутренних морей (С. Варушенко, Т. Абрамова, В. Вронский, Д. Квасов и др.), основные характеристики климата прошлого (И. Богдель, Я.-М. Пуннинг, Т. Мартма, Х. Путник и др.), выявлены т.н. репрезентативные слои, освещающие наиболее существенные палеогеографические события (О. Якушко), проанализированы применяемая методика изучения озер (А. Раукас), фациальные изменения донных отложений как показатели изменчивости режима вод (Г. Мартинсон), климатические и тектонические ритмы (Б. Лут), литодинамические процессы (В. Фиалков), распространение и особенности развития межледниковых озер (В. Козлов, О. Кондратене, Э. Лийвранд и др.). Весьма существенные успехи достигнуты в области изучения эволюции озерного осадкообразования в плейстоцене, голоцене и в современных озерах (Г. Холмова, Ю. Тамошайтис, А. Остапеня и др.). Все более расширяется сеть стационаров и проведенных опытов замера скорости и динамики осадкообразования *in situ*. Были затронуты и разные методические аспекты изучения и применения донных отложений (Н. Окнова, М. Грибовская, К. Утсал, Р. Вески, П. Андерсон, А. Цюнис и др.), выявление влияния хозяйственной деятельности человека на озерные экосистемы (В. Драквова, Н. Давыдова и др.) и многие другие проблемы палеогеографии озер в разных районах Советского Союза, Монголии и Антарктиды.

Несмотря на достигнутые успехи в области палеолимнологии, в будущем следует усилить изучение влияния антропогенного фактора на внутриконтинентальные водоемы, выявить стратотипичные разрезы и ареалы и провести специальные комплексные работы по их изучению, разъяснить зональную структуру озер в различных ландшафтно-климатических зонах и больше уделить внимания особенностям литогенеза и развития органического мира.

Лейли СААРСЕ