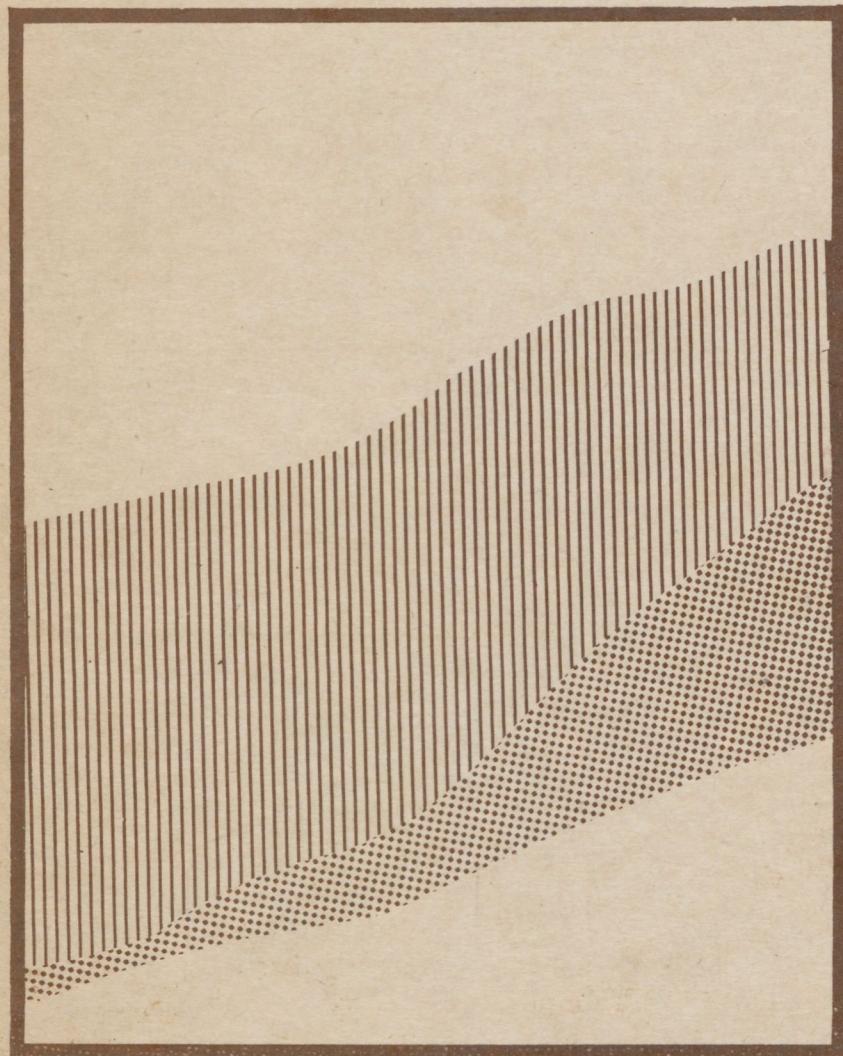


# СТРОЕНИЕ СЛАНЦЕНОСНОЙ ТОЛЩИ ПРИБАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ-КУКЕРСИТОВ





СТРОЕНИЕ  
СЛАНЦЕНОСНОЙ ТОЛЩИ ПРИБАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА  
ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ-КУКЕРСИТОВ

ACADEMY OF SCIENCES OF THE ESTONIAN SSR  
INSTITUTE OF GEOLOGY

**GEOLOGY OF THE KUKERSITE-BEARING BEDS  
OF THE BALTIC OIL SHALE BASIN**

**EDITED BY V. PUURA**

**TALLINN VALGUS PUBLISHERS 1986**

АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

# СТРОЕНИЕ СЛАНЦЕНОСНОЙ ТОЛЩИ ПРИБАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ-КУКЕРСИТОВ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ В. ПУУРА

Eesti  
Teaduste Akadeemia  
Geoloogia Instituut  
No 361

## ТАЛЛИН „ВАЛГУС“ 1986

553  
C86

УДК 553.983:551.733.12:551.243 (474.2 + 470.23)

Редакционная коллегия:

канд. геол.-мин. наук Х.А. Вийдинг,  
доктор геол.-мин. наук Д.Л. Кальо (председатель),  
канд. геол.-мин. наук Э.Р. Клаамани (секретарь),  
доктор геол.-мин. наук Р.М. Мянниль,  
канд. геол.-мин. наук Э.А. Пиррус,

чл.-корр. АН ЭССР А.В. Раукас

Ответственный редактор В.А. Пуура

Художник-оформитель К. Тормис

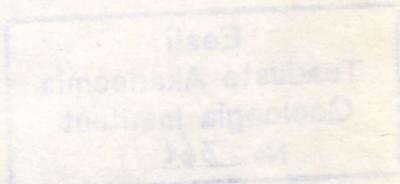
Печатается по постановлению редакционно-издательского совета Академии наук  
Эстонской ССР

Изложены результаты оригинальных исследований биомикростратиграфии (в объеме пачек, подпачек и отдельных слоев) и корреляции кукерситоносной толщи верхней части ухакусского горизонта и кукурузеского горизонта в пределах Прибалтийского бассейна, включая эксплуатируемые Эстонское и Ленинградское и перспективное Таласское месторождения, а также краевых непромышленных зон, до полного выклинивания сланцевых слоев. Предложена сводная схема индексации промышленных и непромышленных слоев. Описана зональность строения промышленной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений в бассейне в целом. Постепенно рассмотрено развитие кукерситонакопления в краевой части ордовикского Балтийского бассейна, показана связь зоны кукерситонакопления со смежной прибрежной зоной нулевой седиментации. Приведена типизация тектонических нарушений и разработана схема тектонического районирования бассейна. Рассмотрены закономерности изменения количественных параметров (мощности, продуктивности, качества сланца) промышленной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений на фоне общих тенденций сланценакопления. Рис. 28. Табл. 3. Библ. 79 назв.

С 1904040000 - I42 Заказное  
М 902 (16)- 86

© Академия наук Эстонской ССР, 1986 г.

Выпущено по заказу Академии наук Эстонской ССР



TALLINN - VALGEA PUBLISHER 1986  
EESTI VABARIIGI VABAKIRJAD

С о д е р ж а н и е

	Стр.
I. Введение (В.Пуура).....	7
2. Стратиграфия кукерситоносных отложений $C_I^b-C_{III}$ (Р.Мянниль).....	12
2.1. Сводный разрез и индексация кукерситовых слоев.....	12
2.2. Региональные и местные подразделения.....	14
2.3. Детальная биомикростратиграфия.....	22
3. Строение кукерситоносной толщи $C_Ic^2 - C_{II}$ (Р.Мянниль, Х.Бауэрт).....	25
3.1. Нижняя (верхнеухакуская) часть $C_Ic^2$ .....	25
3.2. Верхняя (кукрузеская) часть $C_{II}$ .....	27
4. Строение промышленной пачки $A-F_2$ (А.Аалоэ).....	38
4.1. Общие черты строения.....	38
4.2. Состав пород.....	38
4.3. Послойная характеристика.....	41
4.4. Зональность промышленной пачки.....	46
5. Закономерности распределения и накопления кукерситов (Р.Мянниль, Х.Бауэрт, В.Пуура).....	48
5.1. Развитие кукерситонакопления в ранневирусское время ( $C_I^b-C_{III}$ ) .....	48
5.2. О палеогеографической обстановке кукерситонакопления.....	52
6. Тектоника (В.Пуура, Р.Вахер, И.Туулинг).....	55
6.1. Условия залегания и главные черты дислокации сланценосной толщи.....	55
6.2. Структурное районирование промышленной и перспективной части бассейна	62
7. Пространственное распределение ресурсов горючего сланца в бассейне (С.Бауков, Т.Тубли).....	64
8. Заключение (В.Пуура).....	72
Литература.....	73

C o n t e n t s

	Page
1. Introduction (V. Puura) .....	7
2. Stratigraphy of kukersite-bearing deposits C <sub>Ib</sub> -C <sub>III</sub> (R. Männil).....	12
2.1. Composite sequence and indexes of the kukersite layers .....	12
2.2. Regional and local units .....	14
2.3. Detailed biomicrostratigraphy .....	22
3. Geology of the kukersite-bearing beds C <sub>Ic<sup>2</sup></sub> -C <sub>II</sub> (R. Männil, H. Bauert) .....	25
3.1. Lower (Upper Uhaku) part C <sub>Ic<sup>2</sup></sub> .....	25
3.2. Upper (Kukruse) part C <sub>II</sub> .....	27
4. Geology of the commercial seam A-F <sub>2</sub> (A. Aaloe) .....	38
4.1. General features .....	38
4.2. Rock composition .....	38
4.3. Characterization by beds .....	41
4.4. Lateral variations .....	46
5. Peculiarities of kukersite accumulation (R. Männil, H. Bauert, V. Puura) ..	48
5.1. Development of kukersite accumulation in the Early Viruan time (C <sub>Ib</sub> -C <sub>III</sub> ) .....	48
5.2. Environmental conditions of kukersite deposition .....	52
6. Tectonics (V. Puura, R. Vaher, I. Tuuling) .....	55
6.1. Mode of occurrence and dislocation of the kukersite-bearing beds .....	55
6.2. Structural regional division of the commercial and perspective parts of the basin .....	62
7. Spatial distribution of oil-shale resources in the basin (S. Baukov, T. Tubli) .....	64
8. Conclusion (V. Puura) .....	72
References .....	73

## I. ВВЕДЕНИЕ

Интерес к освоению потенциальных топливных ресурсов, заключенных в горючих сланцах, растет во всем мире. Соответственно растет интерес к геологии сланцевых месторождений.

Прибалтийский сланцевый бассейн и освоенные в пределах него Эстонское и Ленинградское месторождения (рис. I) относятся к числу классических объектов сланцевой геологии. Тем не менее детальное описание строения Прибалтийского бассейна в его полных границах ранее не было составлено и постановка такой задачи ранее была невозможна ввиду слабой геологической изученности. Известные сводные геологические описания, составленные С.Бауковым, В.Котлуковым и др. в таких обобщающих работах как "Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР", т. II (1968), "Формации горючих сланцев" (1973) и "Прогноз горючих сланцев" (1974) преимущественно опирались на исследования промышленных залежей центральных частей указанных выше месторождений.

Известно, что среднеордовикская сланценосная толща выходит только на северной границе Прибалтийского бассейна и даже там плохо обнажена (рис. I.1 и I.2). По этой причине изучение ее разреза на глубинах до 100–200 м стало возможным по мере развития колонкового бурения. За последние десятилетия буровые работы выполнены не только в центральной, но и в больших объемах также в краевых зонах бассейна, с выходом за пределы кукарситоносной фациальной зоны. В западной части бассейна выявлена и оконтурена слепая сланцевая залежь перспективного Тапасского месторождения. В целом, в разрезе ордовика выявлено до 50 отдельных слоев (и прослоев), в большинстве своем, конечно, непромышленного характера, но представляющих большой интерес для познания закономерностей процессов кукарситонакопления.

Эксплуатируемые и прилегающие к ним резервные шахтные поля кондиционных сланцев, разработка которых экономически выгодна в настоящее время, находятся в центральной промышленной части бассейна площадью около 2 тыс. км<sup>2</sup>. За промышленными границами бассейна сегодняшнего дня расположена полоса (зона) перспективных ресурсов площадью 1,7 тыс. км<sup>2</sup>, освоение которых технически возможно и, вероятно, экономически целесообразно в будущем. К такому же рангу относится площадь 1,4 тыс. км<sup>2</sup> отдельно расположенного Тапасского месторождения (Северная Эстония), промышленный пласт которого (III слой) приурочен к верхней части кукарситового горизонта. Общая площадь промышленных и перспективных зон перечисленных месторождений превышает 5 тыс. км<sup>2</sup>. И, наконец, за внешней границей перспективных ресурсов расположена обширная внешняя зона постепенного выклинивания промышленных и других сланцевых слоев. Внешнюю границу последней зоны следует считать генетической границей бассейна. Общая площадь бассейна в генетических границах равна более 50 тыс. км<sup>2</sup> (без учета района, тяготеющего к Чудово-Бабинскому месторождению в Ленинградской области).

Систематические исследования геологии сланценосной толщи в Прибалтийском бассейне, в его полных границах были начаты в Институте геологии АН ЭССР в 1979 году. В первую очередь они были направлены на изучение наиболее обогащенной кукарситом части ордовикского разреза: верхней части ухакусского горизонта и кукарситового горизонта – сланценосной толщи в узком смысле. Очень слабые проявления кукарсита в нижней части ордовика и отдельные изолированные и маломощные сланцевые слои в верхней части его, к сожалению, пока мало изучены. Также слабо изученной остается сама верхнеухакус-кукарситовая сланценосная толща на восточном фланге бассейна – восточнее и южнее Ленинградского месторождения. Таким образом, в предлагаемой работе сведены результаты изучения геологии промышленных Эстонского и Ленинградского и перспективного Тапасского месторождений и периферических частей бассейна южнее и западнее их, а также непромышленных слоев выше и ниже промышленных залежей в пределах указанных двух стратиграфических горизонтов.

Одной из главных стала задача разработать детальную стратиграфическую схему сланценосной толщи и установить положение отдельных сланцевых слоев. В основу такого исследования была положена комплексная биомикростратиграфическая методика по кислотоустойчивым микрофоссиям хитинозоям, грантолоидиям и конодонтам, первоначально предложенная Р.Мяннилем на рубеже 1960–1970-х годов. В ходе работы была установлена неодинаковая стратиграфическая полнота кукерситоносной толщи в разных районах бассейна, в связи с чем сводный стратиграфический разрез толщи составлен как комбинация частных разрезов подразделений с учетом наилучшей представленности их в пределах Северной Эстонии. Обоснование детального расчленения толщи, детальная схема ее стратиграфии и упорядоченная номенклатура (индексация) кукерситовых слоев приведены в главе 2.

Не менее важной задачей являлось прослеживание распространения выделенных детальных стратиграфических подразделений в пространстве, в пределах всей сланценосной фациальной зоны. Корреляция разрезов производилась по литостратиграфическим (в основном визуальным) критериям, при необходимости прибегая к микропалеонтологическим детализациям. Большое корреляционное значение имели маркирующие слои и поверхности – сами слои кукерсита, некоторые слои известняка, прослои бентонита, поверхности перерыва. Результаты такого исследования приведены в главе 3 и, более детально, в части промышленной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений в главе 4. В 4-й главе рассмотрены также площадные закономерности изменения мощности, текстур и состава сланцевой пачки и ее отдельных слоев.

В целом, приведение в главах 2–4 описания сланценосной толщи можно рассматривать как стратиграфическую геологию Прибалтийского бассейна. Она в значительной степени оригинальна.

Детальное представление о строении толщи позволило впервые рассмотреть площадные и временные закономерности кукерситонакопления в объеме отдельных дробных единиц, даже отдельных пластов, слоев. Крайне ценные для познания закономерностей кукерситонакопления оказались слепые слои (включая III слой – перспективную залежь Тапасского месторождения) верхней части горизонта на западе бассейна, сохранившиеся в почти своих полных генетических границах. На этом материале впервые оказалось возможным наметить закономерную связь фации кукерситонакопления с фацией скального морского дна (хардграунда) и другие важные особенности, описанные в разделе 5.1 (известно, что северное крыло Эстонского и Ленинградского месторождений уничтожено эрозией).

В региональном плане позиция среднеордовикской кукерситоносной фации в общей фациальной зональности ордовикского Балтийского бассейна была установлена Р.Мяннилем в 1960-х годах. Особенности распределения керогена кукерситового типа в ордовике рассматривал Л.Пылма в 1970-х годах. В настоящей работе несколько развиты представления о палеогеографической позиции ареала кукерситонакопления (раздел 5.2).

В настоящее время в строении сланценосной толщи и промышленных залежей кукерсита существенное значение имеют тектонические нарушения, которые в большинстве своем имеют постседиментационный характер. Систематизированное описание дислокаций в пределах освоенных месторождений опирается на ранние исследования М.Газизова, Ю.Хейнсалу, Р.Вахера, В.Пуура, В.Каттай и др., а по западной части бассейна и краевым перспективным зонам его оно приводится впервые (раздел 6.1). Впервые разработана также схема тектонического районирования промышленной и перспективной зон бассейна в целом (раздел 6.2.).

В какой степени общие закономерности кукерситонакопления отражаются в промышленных параметрах продуктивной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений, отражается в главе 7, являющейся сводкой многолетних исследований С.Баукова, В.Каттай, О.Морозова, Т.Тубли.

## ФИНСКИЙ

## ЗАЛИВ

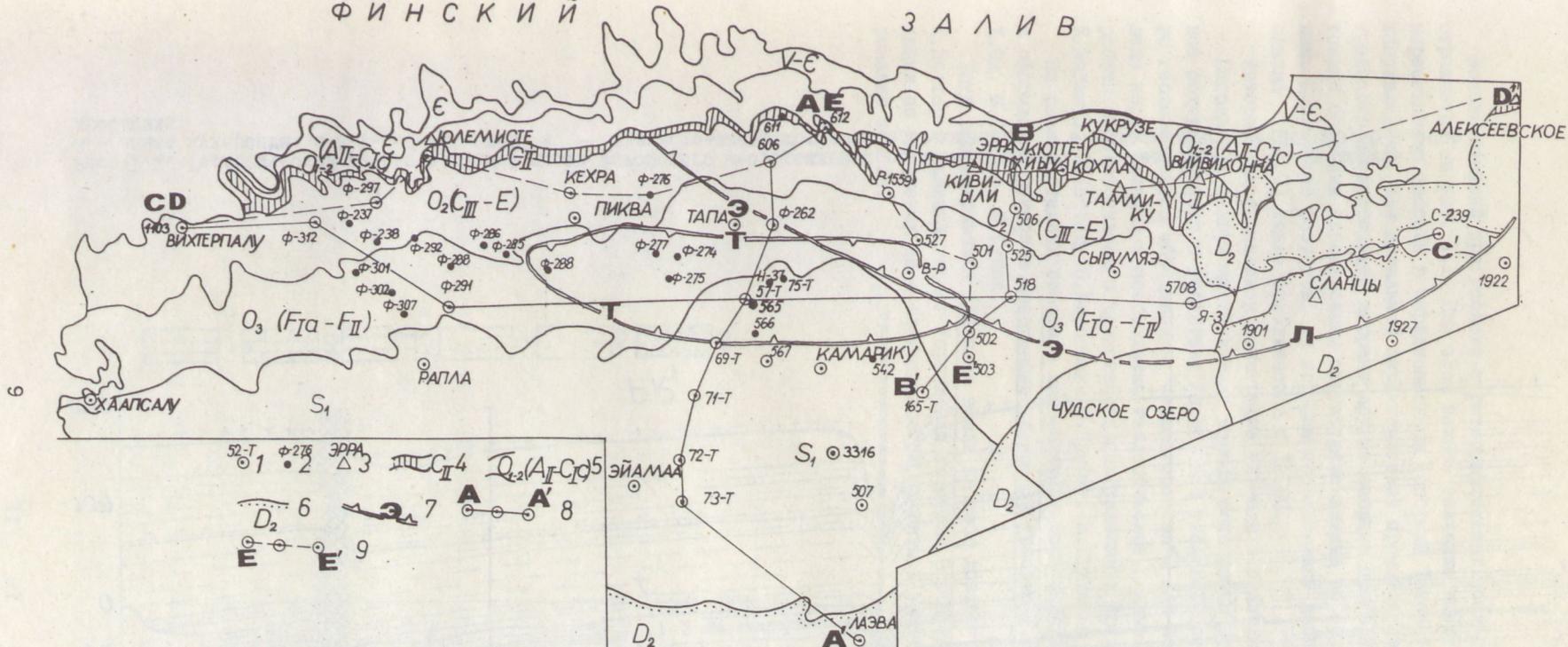


Рис. I.1. Обзорная карта Эстонского, Ленинградского и Тапасского месторождений и изученных разрезов кукурузоносной толщи. I-3 - изученные разрезы буровых скважин (I-2) и естественных или искусственных (шахты, карьеры) обнажений (3), их номера или названия (I - разрезы, изученные палеонтологическими методами; 4-6 - объединенные полосы выхода стратиграфических подразделений: кукурузеского горизонта (4), венда и кембрия (V, E), нижнего и среднего ордовика ( $O_1$ ,  $A_{II-C_1}$ ) от пакерортского до ухакуского горизонтов, среднего ордовика ( $O_2$ ;  $C_{III-E}$ ) от идавереского до раквереского горизонта, верхнего ордовика ( $O_3$ ;  $F_{Ia-F_{II}}$ ) от набаласского до поркунисского горизонта, нижнего силура ( $S_1$ ) и среднего девона ( $D_2$ , с несогласной границей подошвы); 7 - условные внешние границы зон перспективных ресурсов Эстонского (Э), Ленинградского (Л) и Тапасского (Т) месторождений; 8-9 - опорные профили по линиям буровых скважин и обнажений сланценосной толщи  $C_{I-C_2-C_{II}}$  (8) и промышленной пачки  $A-F_2$  Эстонского и Ленинградского месторождений (9): A-A' - Тамсалуский меридиональный профиль, B-B' - Кивилийский меридиональный профиль, C-C' - широтный профиль.

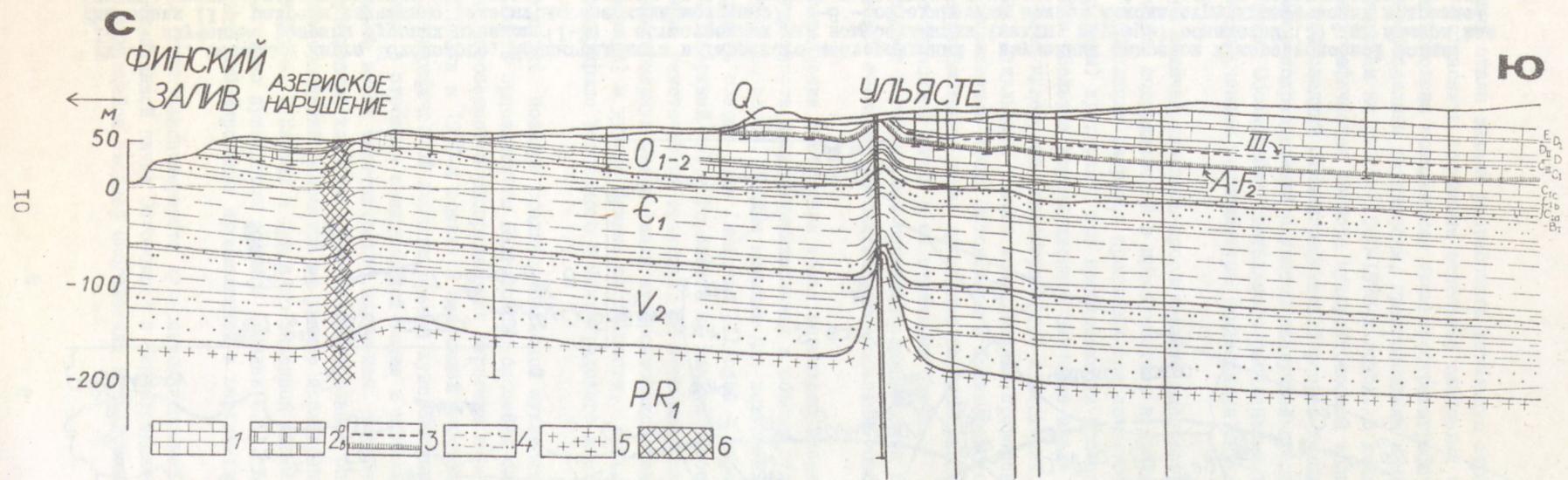


Рис. 1.2. Геологический разрез западной части Эстонского месторождения горючих сланцев. 1 - известняки, 2 - доломиты, 3 - пачки кукерсита: а-А- $F_2$ , б-III слой, 4 - глинисто-алевритопесчаные отложения, 5 - кристаллические породы, 6 - зона дробления.

Использованный при геолого-стратиграфических исследованиях фактический материал отражается на рис. I.I. При этом важное значение имеют профили по линиям скважин, пересекающим бассейн в меридиональном (опорный Тамсалуский, Кивиылский) и широтном направлениях. Для детальной характеристики промышленной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений выбраны другие опорные профили. Для составления карты тектоники бассейна использованы структурные данные по более чем 10000 буровым скважинам. Количество разрезов, по которым использованы данные о качестве горючего сланца (гл. 7), также приближается к 10000.

Авторы глав и разделов монографии указаны в оглавлении.

Выполнению завершенного в виде данной монографии исследования содействовало тесное сотрудничество с геологами Управления геологии Эстонской ССР и производственно-геологического объединения "Севзапгеология". Для исследований ими были представлены керны скважин и необходимые геологические данные. Предварительные результаты работы были обсуждены с представителями указанных организаций. Авторы признательны Е.Басанец, В.Каттай, О.Морозову, О.Попову, К.Сууроя и др.

На разных стадиях работы в лабораторных исследованиях, обработке материалов и оформлении рукописи монографии принимали участие Г.Бауэрт, М.Вийул, Ю.Кестлане, Х.Оя, М.Соммер, М.Нукке.

Труд рецензирования рукописи взяли на себя доктор геолого-минералогических наук Х.Нестор и главный геолог Управления геологии Эстонской ССР Э.Мустыги. Их рекомендации по улучшению ее с благодарностью приняты и учтены при окончательном редактировании текста.

## 2. СТРАТИГРАФИЯ КУКЕРСИТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ $C_I$ – $C_{III}$

Среднеордовикская кукерситоносная толща Северной Эстонии и прилегающих районов Ленинградской, Псковской и Новгородской областей, благодаря присутствию в разрезе большого количества выдержаных пластов и прослоев сланца-кукерсита, четко отличается от остальной части ордовика исключительно дробной естественной стратификацией. Последней, кроме кукерситов, содействуют также многочисленные слои маркирующих известняков, а в верхней части толщи – некоторые прослои бентонитов. Такая литологическая стратификация наряду с детальной микробиостратиграфией отложений, разработанной за последние 10–15 лет на основе методики растворения пород, позволяет изучать строение сланценосной толщи предельно детально и на этом основании рассматривать проблемы накопления как самих кукерситов, так и вмещающих их известняков.

В данной главе кукерситоносные отложения рассматриваются условно в интервале от основания ласнамягского горизонта ( $C_I$ ь) до кровли идавереского ( $C_{III}$ ) с целью прослеживания развития осадконакопления в районе сланцевого бассейна, включая время, непосредственно предшествовавшее и последовавшее основному этапу сланценакопления. Отложения, соответствующие последнему, рассматриваются как собственно сланценосная толща  $C_I$ с<sup>2</sup>– $C_{II}$  (верхний подгоризонт ухакусского горизонта и кукрузеский горизонт).

Стратиграфия кукерситоносных отложений наиболее подробно описана в работах А.Рымусокса (1957, 1970), но сама стратиграфическая схема отложений за последнее десятилетие как в отношении региональных, так и местных подразделений значительно уточнялась и детализировалась (Решения..., 1978; см. также Мянниль, Рымусокс, 1984; Rõõmusoks, 1983; Мянниль, 1984; Мянниль, Бауэрт, 1984). Краткое описание стратиграфии сланценосных отложений с учетом всех этих уточнений приведено во втором разделе данной главы, причем основное внимание уделено верхнеухакуским и кукрузеским отложениям как собственно сланценосным. При описании стратиграфии, также как и в других разделах данной работы, исправлены допущенные ранее неточности и ошибки в корреляции сланценосных отложений, как по простиранию (ср. Bekker, 1924, рис. I; Рымусокс, 1957, рис. 4; 1970, рис. 27, 28, 29; Бауков, 1960, рис. 87; Мянниль, 1966, рис. I6), так и вкрест простирания слоев (Рымусокс, 1960, рис. 26; 1970, рис. 23; Мянниль, 1966, рис. I7). Значительная часть соответствующих исправлений основывается на новых данных по биомикростратиграфии, а также на визуальной трассировке различных маркирующих слоев по кернам буровых скважин (см. также Мянниль, 1984).

### 2.1. Сводный разрез отложений и индексация кукерситовых слоев

Информация как о региональной и местной стратиграфии (см. раздел 2.2.), так и частной детальной биомикростратиграфии кукерситоносных отложений (раздел 2.3) в данной главе сведена к единой схеме (рис. 2.1.1). За основу схемы принят сводный разрез, составленный по стратиграфически относительно полным и хорошо изученным разрезам горизонтов или их подразделений. Разрез включает снизу вверх: сводный разрез г. Таллина (по скважинам Ласнамяги-16, 198, 232 и др.), скв. Савала (гл. 20,5–41,2 м), скв. Ярва-Яани-69-Т (гл. 165,0–173,5 м), скв. Пеээтри-71-Т (гл. 187,5–193,4 м), скв. Койги-72-Т (гл. 227,4–232,6 м), скв. Лазва-13 (гл. 241,7–258,4 м) (см. рис. I.1).

Представленный сводный разрез общей мощностью 66,5 м соответствует нижней половине среднего ордовика и охватывает азериский ( $C_I$ а), ласнамягский ( $C_I$ ь), ухакуский ( $C_I$ с), кукрузеский ( $C_{II}$ ) и идавереский ( $C_{III}$ ) горизонты. В сводной колонке показаны основные и (или) стратиграфически важные кукерситовые слои как богатые керогеном,

(обозначенные черной краской), так и бедные им (диагональная штриховка). Промышленные и условно промышленные залежи отмечены соответствующими названиями месторождений (Эстонское, Тапаское).

Кукарситовые слои ухакуского и кукурузеского горизонтов проиндексированы согласно системе, в основу которой положены укоренившиеся в горнопромышленной и геологоразведочной практике Эстонии индексы основных кукарситовых слоев Эстонского (A....P<sub>2</sub>) и Тапаского (I....VIII) месторождений (см. Мянниль, 1984).

Индексация кукарситовых слоев по всему разрезу ухакуского горизонта предлагается впервые. Раньше (Luts, 1934) в верхах этого горизонта в колодце Кохтла-Ярве выделялись три основные слоя — сверху вниз а, б, с, (соответствуют слоям 1, h, g по нашей индексации). Для обозначения кукарситовых слоев ухакуского горизонта рекомендуется, следуя примеру К.Лутса, использовать строчные буквы латинского алфавита, но по последовательности снизу вверх. В качестве исходного положения для индексации принимается сходство комплекса кукарситовых слоев основания эрраской пачки (C<sub>1</sub>C<sup>2</sup>E) (см. ниже) со слоями промышленной пачки кукурузеского горизонта, исходным слоем — первый снизу известняк эрраской пачки (как фациальный аналог двойной плиты). В соответствии с указанной аналогией нижние кукарситовые слои эрраской пачки получили индексы с....h, а верхние слои — k....n. Слаборазвитые глинистые кукарситовые слои средней части пяртиоргской пачки (C<sub>1</sub>C<sup>2</sup>P) обозначены как слои a<sub>1</sub>-a<sub>4</sub>, а группа кукарситовых слоев в верхней половине той же пачки — как слои b<sub>1</sub>-b<sub>5</sub>. Индексами x<sub>1</sub> и x<sub>2</sub> обозначаются два тонких прослоя кукарсита в основании пяртиоргской пачки, нижний из которых (x<sub>1</sub>) в свое время рассматривался К.Орвику условно, как нижняя граница кукурузеского горизонта (Orviku, 1940, с. 197; табл. XI, рис. 4, слой I; см. также Рымусокс, 1970, рис. 19, слой 8). В настоящее время этот стратиграфический уровень считается границей между кольяласской и пяртиоргской пачками верхнеухакуского подгоризонта. Ввиду ограниченного площадного распространения кукарситовых слоев ухакуского горизонта не все из них указаны в сводном разрезе, рис. 2.1.1., но местоположение их иллюстрируется на разрезах к разделу 3.1. Индексация кукарситовых (а также известняковых) слоев промышленной пачки A-F<sub>2</sub> (см. глава 4) к настоящему времени стабилизировалась и понимается геологами более или менее одинаково (см. Астафьев, 1965; Аалоэ, 1975). Индексация же вышележащих слоев F<sub>3</sub>.....H (см. раздел 3.2) еще недостаточно разработана и требует разъяснения. Нижние из этих слоев выделялись и были проиндексированы впервые М.С.Газизовым (1957) как F....F<sub>5</sub> в связи с тем, что верх промышленной пачки в то время еще традиционно обозначались как F. Так как впоследствии для трех подразделений комплекса F стали применять самостоятельные индексы E/F<sub>1</sub> ("чертого кожа"), F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> ("пирог"), выделенные М.С.Газизовым слои F<sub>1</sub>....F<sub>5</sub> пришлось переиндексировать. В настоящее время они носят следующие индексы (в скобках приведены индексы по схеме М.С.Газизова): F<sub>3</sub>(F<sub>1</sub>+F<sub>2</sub>), F<sub>4</sub>(F<sub>3</sub>), F<sub>5</sub>(F<sub>4</sub>) и G<sub>1</sub> (F<sub>5</sub>). Два основных пласта кукарсита верхнекивицкой подпачки, известные в литературе как слои G и H, в предлагаемой уточненной схеме обозначены индексами G<sub>2</sub> и H<sub>1</sub>; вышележащие три слаборазвитых кукарситовых слоя (интервала) проиндексированы как H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub> и H<sub>4</sub>. Два маломощных, но относительно хорошо выдержаных слоя кукарсита, завершающих разрез кивицкой пачки (кохтлаского подгоризонта по стратиграфической схеме А.Рымусокса, 1957-1970), носят индексы K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub>.

Индексами L, M, N, O и P обозначены слаборазвитые кукарситовые пласти средней части кукурузеского горизонта (нижнемайдлаская подпачка C<sub>II</sub>M<sup>1</sup>). Они прослеживаются главным образом в центральной части Эстонского месторождения; наиболее выдержаны из них слои M и P.

Вышележащий, так называемый верхний или Тапаский комплекс кукарситовых пластов кукурузеского горизонта, проиндексирован в конце 60-х годов при проведении поисково-разведочных работ на Тапаском месторождении геологами Э.Эрисалу, Т.Каттай и др.

(см. Левин, Понькина, 1980). По этому комплексу пластов принята система индексации римскими цифрами снизу вверх I, II, III и т.д. По первоначальному варианту в этой системе комплексный сложный пласт, залегающий выше основного промышленного пласта III, обычно обозначался индексом IV, а вышележащие соответственно как V, VI и т.д. (см. Левин, Понькина, 1980, рис. 2). По принятому в данной работе варианту указанный выше пласт IV (первоначальный вариант) рассматривается как комплексный, состоящий из двух самостоятельных сближенных пластов IV (в узком понимании) и V, а залегающие выше пластины носят в соответствии с этим индексы VI, VII и т.д.

(см. Мянниль, 1984; Мянниль, Баузарт, 1984). Пласт VI маломощный, простой, залегает непосредственно под маркирующим слоем бентонита. Индексом VII обозначен комплексный пласт сложного строения, верхнее интервал присутствия кукариита, который достигает максимального развития уже за пределами собственно сланцевого бассейна, на территории Эстонии в районе к югу от Таласского месторождения (скв. 72-Т, 73-Т). Пласт VIII сравнительно выдержан, но прослеживается также преимущественно в южных районах. Самые верхние маломощные сланцевые пластины (слои) кукаризского горизонта IX и X развиты только на юге, начиная с окрестностей скв. Койги-72-Т.

Межпластовые интервалы, в том числе известняки как "бескерогеновые", так и керогеновые, принято обозначать индексами смежных кукариитовых пластов (слоев), например, C/D (или D/C) (двойная плита), D/E (розовый известняк). Многие межпластовые интервалы, например II/III, местами послойно сланценосны и могут в соответствующих районах в свою очередь подразделяться на кукариитовые (IIa, IIb) и бескукариитовые слои (II/IIa, IIa/IIb, IIb/III).

Рассмотренная комплексная система индексации позволяет, таким образом, индексировать на основании содержания в породах керогена слои всего разреза сланценосных верхнеухакуских и кукаризских отложений. При этом необходимо иметь в виду, однако, что разграничение отдельных индексированных слоев (пластов, межпластовых интервалов) в значительной степени условное и зависит, кроме субъективных причин, от направленности (назначения) проводимых исследований. В данной работе авторы придерживаются литолого-стратиграфического принципа проведения границ, т.е. основным критерием считается содержание в породе керогена (независимо от степени собственно сланценосности) и синхронность отложений. В соответствии с этим слои керогенового (розового) известняка в подошве и кровле сланцевого пласта рассматриваются как его составные части, в то время как при геологоразведочных работах, к примеру, указанные розовые известняки исключаются из состава сланцевого пласта.

## 2.2. Региональные и местные стратиграфические подразделения

Территория Прибалтийского сланцевого бассейна, в частности его центральные районы в окрестностях гг. Раквере, Кохтла-Ярве и Йыхви, является классической областью выходов среднеордовикских (вируских) отложений, на обнажениях которых основывается разработка не только детальной местной, но и региональной стратиграфических схем. Здесь находятся стратотипы почти всех среднеордовикских горизонтов региональной схемы Восточно-Европейской платформы, всех свит и пачек местной стратиграфической схемы Северной Эстонии.

Указанные категории стратиграфических подразделений – региональных и местных – применительно к среднеордовикским сланценосным отложениям лишь недавно стали использоваться. До этого стратиграфия кукариитоносной толщи рассматривалась лишь на основе единой схемы с подразделением отложений на местные горизонты и подгоризонты (Bekker, 1924; Öpik, 1930, Orviku, 1940; Jaanusson, 1945; Luha, 1946; Рымусохс, 1957, 1970; Алихова, 1960).

Разработке региональных и местных стратиграфических схем по ордовику рассматриваемой области содействовали проведенные совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем: в 1962 году по платформе (Решения..., 1965), в 1976 году по Прибалтике (Решения..., 1978) и в 1984 году по платформе. Совещанием по платформе в 1984 году в качестве региональной стратиграфической схемы ордовика была принята региональная схема Прибалтики (Решения..., 1978), а в качестве местной стратиграфической схемы среднеордовикских отложений, действующей в северной части Эстонской ССР и в прилегающих к ней с востока районов Ленинградской и Псковской областей – местная схема северной Прибалтики (схема так называемой внутренней подзоны Восточно-Прибалтийской структурно-фациональной зоны) (Решения..., 1978) с изменениями, введеннымиplenумом Прибалтийской РМСК в декабре 1982 года.

Таким образом, начиная с 1984 года для среднеордовикских отложений всей территории Прибалтийского сланцевого бассейна существуют единые унифицированная региональная (горизонты, подгоризонты) и местная (свиты, пачки) стратиграфические схемы.

В пределах рассматриваемого в данной работе стратиграфического интервала среднеордовика основные подразделения местной и региональной схем по стратиграфическому объему, как правило, совпадают: кыргекалласская свита – верхнеухакуский подгоризонт, вийвиконнасская свита – кукурузеский горизонт и др. Это обстоятельство вызвано едиными для тех и других стратотипическими отложениями и оно в определенной степени осложняет рассмотрение стратиграфии сланценосной толщи. С другой стороны, однако, это позволяет в геолого-стратиграфической практике внутри определенной структурно-фациональной зоны обойти стратиграфические формальности и пользоваться при расчленении разрезов упрощенной схемой, состоящей, к примеру, из одних лишь горизонтов и точно привязанных к ним пачек. Это касается прежде всего собственно сланценосной ухакуско-кукурузеской толщи, состоящей из шести местных пачек  $C_I^{2K}-C_{II}P$ .

Ниже приводится обзор стратиграфии сланценосных отложений интервала  $C_I^{b}-C_{III}$  с кратким описанием как региональных, так и местных подразделений.

#### Ласнамягский горизонт ( $C_I^{b}$ )

Ласнамягский горизонт как унифицированное подразделение существует с 1976 г. (Решения..., 1978) и основывается на узком его понимании, предложенном несколько раньше (Jaanusson, 1960; Männil, 1966; сравни, однако, Orviku, 1940; Рымусокс, 1970). Сокращение стратиграфического объема горизонта было связано с его унификацией в пределах Балто-Скандинавского региона.

Нижняя граница горизонта проводится по основанию слоев с *Lituites*, расположенному в стратотипической области внутри верхов оолитовых известняков кандлесской свиты (см. Рымусокс, 1970; Róómusoks, 1983). Граница хорошо маркирована изменением таксономического состава различных групп как макрофауны (в частности трилобитов), так и кислотоустойчивых микрофоссилий (рис. 2.1.1).

Горизонт соответствует конодонтовым подзонам *Eoplacognathus foliaceus* и *E. gescalinatus* (нижней половине зоны *Pygodus serra*), и на основе этого, а также находок граптолоидей уверенно относится к верхней части стандартной граптолитовой зоны *Didymograptus murchisoni* (верх *лланвирна*).

Мощность горизонта в стратотипе – в заваленном карьере Ласнамяги в пределах г. Таллина – 4,3–4,4 м. Приблизительно такая же мощность горизонта характерна и для основной части сланцевого бассейна.

В сланцевом бассейне ласнамягский горизонт представлен самыми верхами кандлеской оолитовой свиты (мощностью не более 0,5 м в полосе выходов) и нижней половиной вяоской свиты.

### Вяоская свита (нижняя часть)

Вяоская свита в полном своем объеме соответствует ласнамягскому горизонту в его бывшем широком понимании (Orviku, 1940; Рымусоок, 1970). Свита состоит главным образом из толстослоистых крепких известняков (строительного известняка), мощность которых в Северной Эстонии в районе выходов относительно постоянная и составляет 7,5-10,5 м. В наиболее типичном и полном виде свита развита в окрестностях г. Таллина, где слагается относительно крепкими светло-серыми дегритистыми известняками общей мощностью 8,5 м, известными с давних пор как превосходный местный строительный материал.

Нижняя, относящаяся к ласнамягскому горизонту часть вяоской свиты (4,3-4,4 м), ограничена там сверху пиритизированной поверхностью перерыва и слагается тремя пачками. Нижняя, ребалаская пачка (2,7 м) состоит из относительно глинистого среднекаменного известняка; средняя, пасская пачка (0,4 м) - из толстослоистого доломитизированного известняка; верхняя - (1,3 м) - из толстослоистого крепкого известняка, который вверх по разрезу продолжается.

В восточном направлении указанные литологические различия постепенно затухают и в центральной части сланцевого бассейна вся толща слагается сравнительно однородным толстослоистым известняком, нередко в той или другой мере доломитизированным. В юго-западной части бассейна известнякам характерно присутствие пиритизированного дегрита и обильных фрагментов наутилоидей. Мощность известняков 2,5-4,5 м, к югу она убывает.

### Ухакуский горизонт ( $C_Ic$ )

Ухакуский горизонт в современном (широком) понимании (Jaanusson, 1960; Мянниль, 1976; Решения..., 1978) охватывает толщу известняков и мергелей мощностью до 17-18 м. В северной части Эстонии, на территории сланцевого бассейна, мощность отложений в западном направлении быстро убывает до 5-6 м и менее (Róómusoeks, 1983).

Объем горизонта определяется его нижней биостратиграфической границей, совпадающей с границей конодонтовых зон (подзон) *Eoplacognathus reclinatus* и *E. robustus* (Bergström, 1971), а также основанием граптолитовой зоны *Gymnograptus linnarsoni*.

Стратотип горизонта - береговые обнажения на рр. Ухаку и Пуртсе вблизи г. Кивили - находится в пределах центральной части сланцевого бассейна.

Горизонт подразделяется на нижний и верхний подгоризонты (Решения..., 1978).

### Нижнеухакуский подгоризонт ( $C_Ic^1$ )

Соответствует верхней части конодонтовой зоны *Pygodus serra* и подзонам *Eoplacognathus robustus*, *E. bergstroemi* nom. nud. (= *E. n. sp.* Bergström, 1971, табл. 2, фиг. 19) и *E. lindstroemi*.

Слагается в северной Эстонии верхней частью вяоской свиты.

### Вяоская свита (верхняя часть)

Верхняя, относимая к ухакускому горизонту часть вяоской свиты, литологически не отличается от ее нижней (ласнамягской) части и ее выделение основывается на биостратиграфических критериях. Мощность ее в основной части сланцевого бассейна 4,5-6,0 м.

### Верхнеухакуский подгоризонт ( $C_Ic^2$ )

Соответствует нижней, основной части конодонтовой зоны *Pygodus anserinus*, а в местной стратиграфической схеме - кыргекалласской свите.

#### Кыргекалласская свита

Свита слагает основную, глинистую часть стратотипического разреза ухакусского горизонта и представляет собой нижнюю часть (в центральной части сланцевого бассейна - нижнюю половину) сланценосной толщи в узком понимании. Стратотип свиты - одноименный береговой обрыв на р. Цуртсе (см. Рымусокс, 1970, рис. I9, B) - один из типовых обнажений ухакусского горизонта и составных частей сводного разреза его, составленного К. Орвику в конце 20-х годов (Orviku, 1929, 1940).

Мощность свиты в центральных районах бассейна 15-16 м, к западу она быстро убывает (на о. Хийумаа лишь 1,5-2 м).

Свита подразделяется на три пачки - кольяласскую, пяртлиоргскую и эрраскую, выделяемые в значительной мере условно, отчасти по второстепенным, труднопрослеживаемым по площади литологическим различиям, отчасти просто по традициям расчленения отложений в стратотипическом разрезе. Границы между пачками определены по кукерситовым слоям и прослеживаются тем самым как синхронные стратиграфические уровни.

### Кольяласская пачка ( $C_Ic^2K$ )

Кольяласская пачка выделяется как нижняя, традиционно наиболее характерная для ухакусского горизонта часть кыргекалласской свиты. В стратотипическом районе она состоит из более или менее глинистых известняков и мергелей общей мощностью 4,5 м (слои I-16 и часть слоя I7 по сводному разрезу, составленному К. Орвику). К периферии сланцевого бассейна (к западу и югу) породы пачки становятся более карбонатными и мощность ее уменьшается до 2-2,5 и менее метров.

Выделению кольяласской пачки в удаленных от стратотипа разрезах, способствует фауна хитинизой и граптолоидей: при проведении нижней границы - появление *Conochitina tuberculata*, при проведении верхней - присутствие на близком стратиграфическом уровне *Cyathochitina kuckersiana* и исчезновение там же обильных остатков глиптограптид (рис. 2.1.1).

### Пяртлиоргская пачка ( $C_Ic^2P$ )

Залегает между кольяласской и эрраской пачками и представляет собой среднюю, по мощности приблизительно третью часть кыргекалласской свиты. Мощность пяртлиоргской пачки в центральных и восточных районах сланцевого бассейна 6-6,5 м, к югу и западу мощность ее по сравнению с остальными пачками убывает несколько быстрее.

В преобладающей части сланцевого бассейна пачка отличается от нижележащей повышенной глинистостью и присутствием слаборазвитых пластов и прослоев глинистого кукерсита. Последнее наблюдается в трех интервалах - в основании (тонкие слои  $x_1$  и  $x_2$ ), в верхах нижней половины (слои и пласти  $a_1-a_4$  в интервале мощностью до 1-1,2 м) и в верхней третьей части пачки (пласти  $b_1-b_5$  в интервале мощностью 1,5-2 м). К западу и юго-западу кукерситы быстро выклиниваются.

Нижняя граница пачки проводится по тонкому кукерситовому слою  $x_1$ , выделенному К. Орвику (Orviku, 1929) в качестве условного "первого" слоя кукерсита и одновременно как предполагаемая нижняя граница кукурузеского горизонта. Этим стратиграфическим уровнем по имеющимся данным заканчивается хорошо стратифицированная по кислото-

устойчивым микрофоссилиям часть низневирусских отложений и начинается микробиостратиграфически слабее дифференцированная их часть.

### Эрраская пачка ( $C_I C^2 E$ )

Залегает над пяртиоргской пачкой и завершает разрез кыргекаллской свиты, а также ухакусского горизонта. В центральных районах сланцевого бассейна, в том числе северной части Ленинградского месторождения, эрраская пачка отличается от нижележащей повышенной сланценосностью и повышенной карбонатностью межпластовых пород. Из-за этих характеристик пачку в районе г. Сланцы раньше включали в состав кукурузеского горизонта (Асаткин, 1931; Алихова, 1960; Селиванова, 1971 и др.). Указанный стратотипический характер пачки, однако, невыдержаный. К югу от Эстонского месторождения ее сланценосность, как и нижележащей пачки, быстро убывает и пачка в целом становится наиболее глинистой частью кыргекаллской свиты.

Наиболее развитые пласти кукерсита эрраской пачки (слои с, д, г, н) приурочены к ее основанию, где образуют вместе с вмещающими известняками и мергелями комплекс (1,2-1,6 м), в северных разрезах во многих отношениях напоминающий комплекс промышленных пластов основания кукурузеского горизонта (слои С, Д - Е, Г<sub>2</sub>, Н<sub>1</sub>). Вышележащие менее развитые слои кукерсита (к, л, м, н) приурочены к верхней половине пачки. Мощность эрраской пачки в районе стратотипа в окрестностях г. Кивиыли 5,8 м (Рымусокс, 1970). Близкая мощность (4,5-5,5 м) выдерживается в северной части сланцевого бассейна почти повсюду до окрестностей пос. Хальяла на западе. К западу и югу от последней точки мощность пачки быстро уменьшается до 1-2 м.

### Кукурузеский горизонт ( $C_{II}$ )

Кукурузеский горизонт выделялся первоначально на выходах в Северной Эстонии как подразделение, отличающееся от смежных присутствием горючего сланца (Schmidt, 1858). Впоследствии объем горизонта в стратотипической области вплоть до 50-х годов текущего века неоднократно уточнялся (см. Рымусокс, 1957, 1970). Еще в начале 60-х годов, когда горизонт приобрел значение регионального стратиграфического подразделения, его объем трактовался различными исследователями по-разному (Решения..., 1965). В настоящем узком понимании объем горизонта как региональной единицы был принят лишь в 1976 г. (Решения..., 1978). Одновременно было установлено соответствие горизонта местной граптолитовой зоне *Orthograptus uplandicus*.

В стратотипическом районе - в самом центре сланцевого бассейна - стратиграфический объем горизонта сокращен. Здесь отсутствуют его верхние слои, составляющие более половины общей мощности горизонта на юге (в Средней Эстонии) (Мянниль, 1984; Мянниль, Баузарт, 1984). В стратотипическом разрезе, таким образом, фиксируется только нижняя стратиграфическая граница горизонта, которая проводится по подошве промышленной пачки кукерситов (Bekker, 1924; Рымусокс, 1957). Верхнюю границу горизонта предложено проводить по уровню кукерситового слоя X (Мянниль, Баузарт, 1984), предположительно совпадающему с основным изменением фауны в разрезах, где нет явного пограничного перерыва.

В указанных, в определенной степени еще условных (в отношении детальной биостратиграфии), границах, кукурузеский горизонт приблизительно соответствует граптолитовой зоне *Nemagraptus gracilis* и в основной своей части - нижней конодонтовой зоне *Amorphognathus tvaerensis*. Низы горизонта, вероятно, относятся к нижележащей конодонтовой зоне *Pygodus anserinus*, а верхи его - к подзоне *Prioniodus gerdae*. В соответствии с этим основная (предположительно вся надкивиылская) часть кукурузеского горизонта должна коррелироваться с низами карадока Великобритании.

В сланцевом бассейне кукурузеский горизонт представлен вийвиконнаксой свитой (Решение..., 1978 и исправления, принятые пленумом Прибалтийской РМСК в декабре 1982 г.), границы и стратиграфический объем которой совпадают в пределах бассейна с таковыми горизонта.

#### Вийвиконнакская свита

После уточнения объемов свит вийвиконнакская свита выделяется как наиболее сланценасыщенная часть среднеордовикских (вируских) отложений, залегающая между кыргекаллаской и таттузеской свитами. По стратиграфическому объему соответствует кукурузескому горизонту региональной схемы. В периферических частях сланцевого бассейна на западе такое соответствие условное, так как исчезновение сланцевых слоев там в ее нижней части сопровождается и литологическим изменением вмещающих известняков, и соответствующие отложения могут быть в будущем рассмотрены как принадлежащие уже оссой, бессланцевой свите.

Мощность вийвиконнакской свиты в северной полосе, где ее разрез стратиграфически менее полный, обычно 8-15 м, а в южной полосе (с более полным разрезом) 15-22 м и более.

Свита подразделяется на кивиылискую, майдласкую и пеэтрискую пачки (Мянниль, 1984). По своей сущности эти пачки аналогичны пачкам нижележащей кыргекаллаской свиты, они основываются на различной сланценасыщенности отложений, а также традициях их расчленения. Границы пачек условные, но проводятся без исключения по изохронным уровням. В связи с этим пачки вийвиконнакской, как и кыргекаллаской свиты, - мелкие изохронные стратоны.

#### Кивиылиская пачка ( $C_{II}K$ )

Залегает между эрраской ( $C_Ic^2E$ ) и майдлаской ( $C_{II}M$ ) пачками и слагается промышленной пачкой горючих сланцев ( $A-F_2$ ) (нижняя или нижнекивиылиская подпачка,  $C_{II}K^1$ ) и вышележащих известняков с кукерситовыми слоями от  $F_3$  до  $K_2$  включительно (верхняя или верхнекивиылиская подпачка,  $C_{II}K^2$ ).

Пачка соответствует нижнему, кохтласкому подгоризонту по стратиграфической схеме А.Рымусокса (1957, 1970, 1983) и является наиболее детально изученной частью сланценосной толщи.

Нижняя граница пачки совпадает с нижней границей вийвиконнакской свиты (кукурузеского горизонта), верхняя проводится по кровле маломощного пласта  $K_2$ , соответствующей условной границе между подгоризонтами по схеме А.Рымусокса.

Мощность кивиылиской пачки в основной части сланцевого бассейна 4,5-6,5 м, к периферической его части на западе она резко убывает до 1-1,5 м.

#### Майдлаская пачка ( $C_{II}M$ )

Средняя, майдлаская пачка вийвиконнакской свиты отличается от предыдущей повышенной карбонатностью ее пород и выдержанностью, а также низкой сланценасыщенностью.

Пачка включает в нижней своей части кукерситовые пласти  $L$ ,  $M$ ,  $N$ ,  $O$ ,  $P$ , обычно развитые как более или менее керогенистые известковые интервалы с извилистыми линзовидными прослойками или примазками кукерсита; к верхней, обычно более глинистой части пачки приурочены маломощные, также непромышленные кукерситовые пласти  $I$ ,  $Ia$ ,  $II$ .

Пачка подразделяется на нижнюю ( $C_{II}M^1$ ) и верхнюю ( $C_{II}M^2$ ) подпачки с границей между ними, проводимой условно по кровле пласта  $P$  (Мянниль, Баэрт, 1984).

Мощность пачки в центральных районах сланцевого бассейна 6-7,5 м, в периферических обычно 4-6 м. Подпачки по мощности более или менее равные.

В периферической полосе сланцевого бассейна пачка представлена сравнительно однородными, почти или совсем бескерогеновыми известняками сравнительно небольшой мощности.

### Пеэтристская пачка ( $C_{II}P$ )

Залегает над майдласской пачкой и завершает разрез собственно кукерситоносной толщи. Выделяется как верхняя сланценасыщенная часть вийвиконнакской свиты, включающая мощный кукерситовый пласт III (перспективный промышленный пласт Тапасского месторождения), а также пласт IV, V и др.

Пачка развита главным образом в южной периферической полосе сланцевого бассейна и за его пределами, в центральной части бассейна она представлена лишь своими низами. На крайнем севере сланцевого бассейна (район к северу от г. Раквере и др.) пачка отсутствует совсем – в разрезе ей соответствует седиментационный перерыв.

Пачка слагается в значительной степени глинистыми известняками, в нижней части включающими мощные и сложные (III, IV, V, VI), в верхней части маломощные (VII, IX, X) сланцевые пласти. Примерно в середине пачки (при полном ее развитии), в середине маломощного пласта межпластового интервала VI/VII присутствует тонкий (2-3 см) маркирующий прослой бентонита.

Нижняя граница пачки проводится условно по основанию мощного пласта III; верхняя, совпадающая с верхней границей вийвиконнакской свиты и кукрузеского горизонта, – также условно по кровле маломощного слоя кукерсита X (рис. 4.2.1, скв. 72-Т).

Мощность пачки в районе Тапасского месторождения нарастает с севера на юг от 0 до 9-10 м, в контурах же этого месторождения она обычно не превышает 5-7 м.

Пеэтристская пачка, как и предыдущие, подразделена на нижнюю ( $C_{II}P^1$ ) и верхнюю ( $C_{II}P^2$ ) подпачки. Граница между ними условная, проводится по подошве кукерситового пласта VI.

### Идавереский горизонт ( $C_{III}$ )

Идавереский горизонт в современной региональной стратиграфической схеме (Решения..., 1965; Решения..., 1978) рассматривается в широком смысле, как слои, залегающие между кукрузеским и йыхвиским горизонтами и включающие в стратотипической области фауну с *Chasmops wrangeli* (Schm.), "Orthis" holmi Wys. и др.

Стратотип идавереского горизонта, как и смежных с ним горизонтов, находится в пределах центральной части сланцевого бассейна, в районе к северу от г. Раквере.

В стратотипическом районе нижняя граница горизонта четкая как литологически, так и палеонтологически, поскольку проводится по значительному седиментационному перерыву. За пределами полосы выходов горизонта, в районе южной границы сланцевого бассейна (скв. 72-Т, 73-Т), пограничные слои развиты уже в более или менее полном виде, однако их биостратиграфия разработана еще очень слабо. Она основывается почти на одних лишь кислотоустойчивых микрофоссилиях (см. раздел 2.3), но позволяет нам по исчезновению характерных и появлению новых элементов фауны наметить приблизительный стратиграфический уровень, по имеющимся данным наиболее подходящий как граница между кукрузеским и идавереским горизонтами. В соответствии с этим в качестве условной нижней границы горизонта в данной работе принимается кровля тонкого кукерситового слоя X.

Верхняя граница идавереского горизонта проводится в стратотипической области традиционно по верхнему прослою бентонитов "Ъ" (см. Мянниль, 1963; Рымусокс,

СРЕДНИЙ ОРДОВИК (Вируская серия)

MIDDLE ORDOVICIAN (Viru series)

Отдел  
Series

Ярус  
Series

ГРАПТОЛИТОВЫЕ ЗОНЫ  
GRAPTOLITE ZONES

Зоны  
Zones  
КОНОДОНТОВАЯ ЗОНАЦИЯ  
СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ  
NORTH ATLANTIC CONODONT ZONATION

Подзоны  
Subzones  
БАЛТО-СКАНДИНАВСКИЕ ГОРИЗОНТЫ  
BALTO-SCANDIAN STAGES

СЕВЕРНАЯ ЭСТОНИЯ  
NORTH ESTONIAN FORMATIONS

ПАЧКИ  
MEMBERS

СВИТЫ И ПАЧКИ  
FORMATIONS AND MEMBERS

СЛОИ КУКЕРСИТА  
KUKERSITE BEDS

ОПОРНЫЕ РАЗРЕЗЫ  
BORINGS

Сводная колонка  
Compound column

МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
DEPOSITS

РЕКУРРЕНТНЫЕ ЗЕ-  
НУЛЫ ДОМИНАНТНЫХ  
ВИДОВ  
Recurrent zenu-  
les of dominant  
species

ХИПНОЗОАНЫ  
CHIPTHOZOANS

Руководящие формы  
Index forms

ГРАПТОЛОИДЫ  
GRAPTOLIDS

Руководящие формы  
Index forms

КОНОДОНТЫ  
CONODONTS

Субзональные виды  
Subzonal species

Пландейло

Llandeilo

Карадок

Caradoc

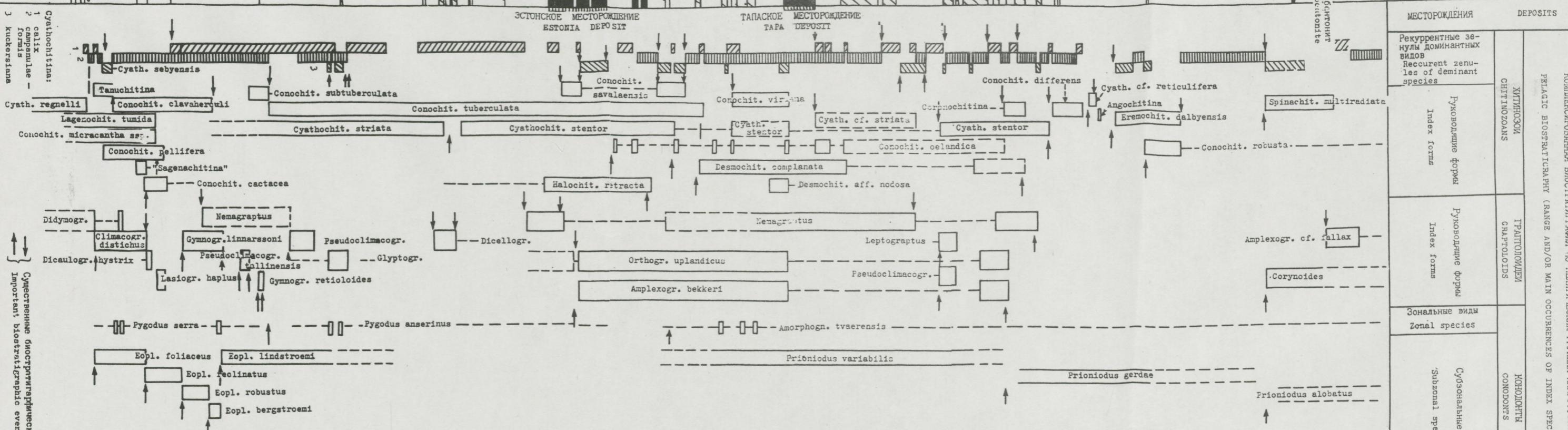
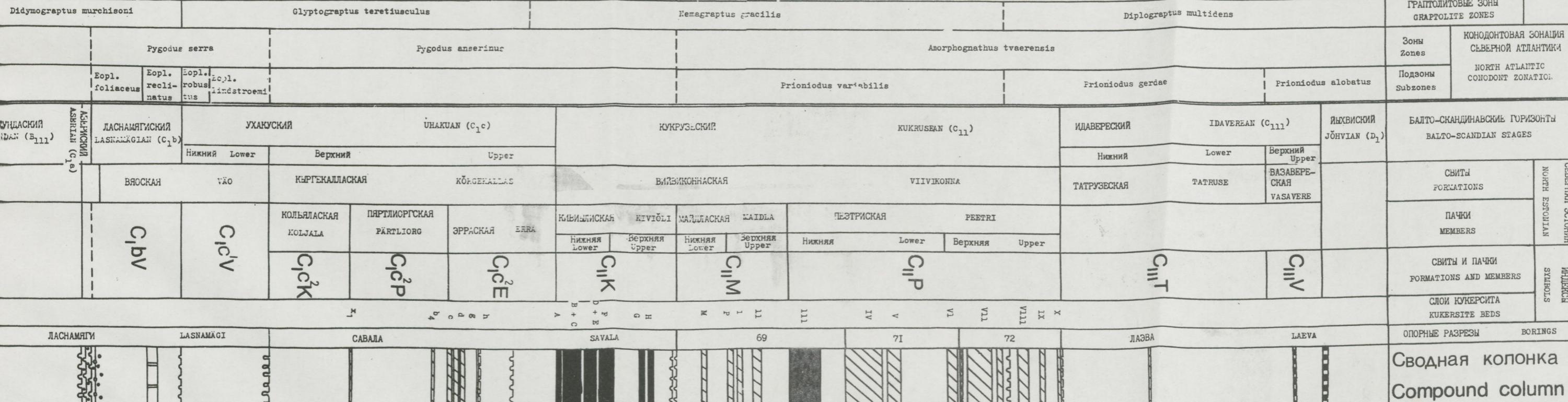


Рис. 2.1.1. Стратиграфия кукеритоносной толщи (Северная Эстония)

1970). Эта геологическая граница также условная, так как характерные элементы макрофауны вышележащего йыхвиского горизонта - *Clinambon anomalus* и др. - появляются по имеющимся данным в разрезе несколько выше. Однако на уровне указанного пограничного бентонита появляется *Amplexograptus cf. fallax* (см. Мянниль, 1976; рис. 2.1.1.), который позволяет прослеживать данную границу не только на площади данного сланцевого бассейна, но также за его пределами.

Идавереский горизонт подразделяется на два подгоризонта, которые на территории сланцевого бассейна представлены соответственно татрузеской (нижняя) и вазавереской (вёрхняя) свитами.

Нижний подгоризонт идавереского горизонта содержит конодонты *Prioniodus gerdae* и вероятно целиком относится к одноименной конодонтовой подзоне (зона *Amorphognathus tvaerensis*), а на этом основании - к стандартной граптолитовой зоне *Diplograptus multidens*.

Верхний подгоризонт вероятно относится к конодонтовой подзоне *Prioniodus alobatus*.

#### Татрузеская свита (C<sub>III</sub>T)

К татрузеской свите в данной работе отнесены все слои раннеидавереского возраста, развитые в Северной и Средней Эстонии, а также в прилегающих районах Ленинградской и Псковской областей. При таком понимании стратиграфически наиболее полный ее разрез в Средней Эстонии (скв. Лаэва) слагается внизу зеленовато-серыми мергелями (2,0 м) и сильноглинистыми известняками (1,2 м), в средней части - комковатыми зернистыми известняками (2,6 м) и наверху - светло-серыми детритовыми известняками (4,8 м) суммарной мощностью 10,6 м. Из руководящих форм хитинозой в данном разрезе *Syathochitina cf. reticulifera* встречается в верхах (0,4 м) мергелей, *Eremochitina dalbyensis* - в интервале от верхов (0,6 м) сильноглинистых известняков до основания (0,4 м) светло-серых известняков, а *Conochitina robusta* появляется в середине комковатых известняков на уровне кукарситового прослоя.

В районе стратотипа у дер. Татрузе (к северу от г. Раквере) свита представлена лишь верхней своей частью, вероятно соответствующей верхней половине комковатых и светло-серых известняков охарактеризованного выше разреза скв. Лаэва. В стратотипическом разрезе, где свита залегает над отложениями вийвиконнаской свиты с резко выраженным перерывом, она слагается внизу (0,2 м) серыми известняками, содержащими значительное количество песчаного терригенного материала и рассеянного керогена, а наверху (1,3 м) - светло-серыми детритовыми известняками.

На северо-западе сланцевого бассейна (в окрестностях г. Таллина) свита полностью отсутствует.

#### Вазавереская свита (C<sub>III</sub>V)

Свита слагается обычно четким чередованием в разрезе известняков и мергелей, включаящих несколько тонких прослоев бентонитов и глинистых кукарситов. Прослои кукарситов приурочены преимущественно к нижней, бентонитовой части свиты. Мощность свиты в западной части сланцевого бассейна обычно 2-4 м, в восточной - 4-7 м.

Стратотип свиты - старая каменоломня в дер. Вазавере, вблизи г. Йыхви - имеет в настоящее время лишь номенклатурное значение. Характерным разрезом свиты является карьер Алувере, вблизи г. Раквере, где она вскрыта на полную мощность в 3,1 м (см. Рымусокс, 1970, с. 190-193, слои I-19).

Границы свиты литологически не всегда достаточно четкие и проводятся в буровых разрезах зачастую условно и на разных стратиграфических уровнях. Более точному

и однозначному их проведению содействуют кислотоустойчивые микрофоссилии: по нижней границе прежде всего появление *Spinachitina multiradiata*, по верхней - *Amplexograptus cf. fallax*. Верхняя граница вазавересской свиты - стратиграфический уровень бентонитового слоя "b" - является одновременно условной геологической границей между идавереским и йыхвиским горизонтами (см. выше).

### 2.3. Детальная биомикростратиграфия

Детальная биомикростратиграфическая информация по вертикальному распределению остатков пелагических микрофоссилий приведена справа от сводной колонки (рис. 2.1.1.). Эта информация касается распределения зональных видов конодонтов, руководящих форм граптолоидей и хитинозой, а также доминирующих видов последних из группы *Cyathochitina campanulaeformis*. Все приведенные данные о распределении основываются на находках соответствующих видов в конкретных северо-эстонских (по верхней части кукурузеского и нижней части идавереского горизонтов - среднеэстонских) разрезах. Стратиграфические уровни биостратиграфических событий (появление и исчезновения видов), имеющих существенное значение для микростратиграфии сланценосных отложений, на схеме отмечены стрелочками.

Ниже касаемся вопросов биомикростратиграфии сланценосных отложений по отдельным группам пелагических микрофоссилий.

Конодонтовая зонация. Виды рода *Eoplacognathus* образуют относительно четкие подзоны в ласнамягских и нижнеухакуских отложениях. Они встречаются в северо- и среднеэстонских разрезах достаточно часто и их значение для стратиграфии низов сланценосных слоев трудно переоценить. Необходимо отметить, однако, что эти слои биостратифицированы хорошо не только по конодонтам, но также по хитинозоям и граптолоидам. Вверх по разрезу роль конодонтов в стратиграфии заметно уменьшается и в верхах сланценосной толщи существенное значение из зональных видов имеет лишь *Prioniodus gerdae*, амплитуда распространения которого по имеющимся данным грубо соответствует нижнеидаверескому подгоризонту (таттузеской свите). Граница между подзонами *P. variabilis* и *P. gerdae* вероятно располагается где-то на уровне слоев VII/VIII в середине верхнепеэстриской подпачки. Дальнейшее уточнение этой границы представляется важным с точки зрения широких корреляций, так как в Скандинавии и в Северной Америке она принимается как конодонтовая граница, совпадающая с верхней границей зоны *Nemagraptus gracilis* (Bergström, 1971; Barnes, Norford and Skevington, 1981; Ross and others, 1982).

Собственно зональные виды конодонтов - *Pygodus serra*, *P. anserinus* и *Amorphognathus tvaerensis* существенного значения для стратиграфии сланценосной толщи, по-видимому, не имеют. Они здесь редки и встречаются в разрезе спорадически, ввиду чего границы между соответствующими зонами можно определить лишь приблизительно.

Зонация по граптолоидам. Встречаемость определимых (до рода, иногда до вида) остатков граптолоидей в кукурситоносной толще, в общем, редкая и зачастую заставляет предполагать об их спорадическом распространении. Однако систематическим, в частности послойным опробованием установлено (Мянниль, 1976), что распределение некоторых форм граптолоидей в низах рассматриваемой толщи носит строго зональный характер, а другие встречаются преимущественно в определенных стратиграфических интервалах, образуя иногда более или менее четкие рекурентные зонулы, как и определенные виды хитинозой (см. ниже). К формам с зональным характером распределения относятся прежде всего дидимограпты (азериский горизонт), *Climacograptus distichus* (ласнамягский горизонт), *Gymnograptus linnarsoni*, *Pseudoclimacograptus tallinnensis* nom. nud., *Gymnograptus retioloides* (нижнеухакуский подгоризонт). Из перечисленных форм *Gymnograptus linnarsoni* занимает особое место в связи с тем, что является

зональным видом широкого географического распространения (Скандинавия, Португалия, ЮВ Китая) и уровень его появления четко маркирует основание зоны *Glyptograptus teretiusculus* (границу между ласнамягским и ухакуским горизонтами).

В верхнеухакуском горизонте (киргекалласская свита) выделяются слои с *Pseudoclimacograptus* и слои с *Glyptograptus* (соответственно в середине и в верхней части кольяласской пачки, слои с *Dicellograptus* (пограничные слои пяртлиоргской и эрраской пачек) и слои с *Nemagraptus* (верхи эрраской пачки). Они помогают прослеживать пачки киргекалласской свиты в районах, где литологические различия этих подразделений теряются.

В низах кукурузеского горизонта появляется небольшой по численности, но характерный для него в целом комплекс диплограптид (Orthograptus uplandicus, Amplexograptus bekkeri, Climacograptus kuckersianus). Виды этого комплекса распространены в сланцевом бассейне в двух нижних пачках (так называемая нижняя зонула), а также в узком интервале в середине верхнепеэтриской подпачки (верхняя зонула). В промежутке между этими интервалами (зонулами) сравнительно часто остатки рабдосом *Nemagraptus*, особенно в слоях III/IV; в кровле кукерситового слоя <sup>у<sup>а</sup></sup> они полностью исчезают, но присутствуют заново в слоях VIII/IX.

Особый комплекс граптолоидей, включающий *Pseudoclimacograptus*, *Leptograptus* и *Nanograptus*, установлен недавно в кукерситовом слое VI (скв. 71-Т). Раньше этот комплекс был известен только в центральных районах бассейна осадконакопления (Миниль, 1976).

Верхи сланценосной толщи в рассматриваемом в данной работе объеме характеризуются уже отсутствием всех перечисленных выше форм граптолоидей и появлением новых, в том числе вида *Amplexograptus cf. fallax*, который четко маркирует основание вышележащего йыхвисского горизонта.

Зонация по руководящим формам хитинозой. Как у конодонтов и граптолоидей, так и у хитинозой существует определенный комплекс видов, характерный только для сланценосной толщи. Сюда относятся прежде всего *Tanuchitina*, *Conochitina clavaherculi*, *Lagenochitina tumida* и некоторые другие, появление или исчезновение которых позволяет в интервале от верхов азериского горизонта до кровли нижнеухакуского подгоризонта прослеживать до 10 биостратиграфических уровней. При этом, однако, граница ласнамягского и ухакуского горизонтов хитинозоями почти не маркирована. Почти то же самое касается границы между подгоризонтами ухакуского горизонта, которая по имеющимся данным маркирована лишь появлением вида *Conochitina tuberculata*. Несколько лучше, но менее точно маркировано основание эрраской пачки: на этом уровне впервые появляется *Cyathochitina stentor*, заменяющий здесь своего предшественника *C. striata*.

Вблизи основания кукурузеского горизонта появляется руководящий для кивиылской и самых низов майдласской пачки *Conochitina savalaensis* nom. nud., новый, еще не описанный вид, по внешней форме напоминающий *Conochitina tuba*. Первые находки его сделаны в пограничных слоях кукерситов В и С. Условная нижняя граница кукурузеского горизонта – основание слоя А – как по конодонтам, так и по хитинозоям, не маркирована.

Для нижней части кукурузеского горизонта (кивиылской пачки и низов майдласской) в целом характерен комплекс хитинозой, включающий еще характерные для нижних слоев и не переходящие в вышележащие виды (*Halochitina retracta*, *Conochitina tuberculata*, на севере также *Cyathochitina stentor*). Приблизительно на уровне исчезновения этих форм постепенно появляются новые – *Conochitina oelandica*, *Desmochitina complanata*, *Conochitina viruana* nom. nud. и другие, в результате чего общий комплекс хитинозой майдласской и нижней части пеэтриской пачек достаточно четко отличается от такового кивиылской пачки.

В верхах кукурузеского горизонта (в верхнепеэтриской подпачке) впервые появляются определенные новые формы хитинозой (*Coronochitina*, *Conochitina differens* и др.), связывающие эти слои уже с вышележащими.

В отношении кукурузеского горизонта особого внимания заслуживает распространение вида *Cyathochitina stentor*, массовое развитие которого приурочено к центральной части седиментационного бассейна Балтоскандинии. В пределах сланцевого бассейна *Cyathochitina stentor* образует две зонулы, разделенные "пустым" интервалом, соответствующим майдласским и нижнепеэтриским слоям. В районе к югу от сланцевого бассейна (скв. Лазва-13 и др.) в нижней части этого интервала существует еще третья зонула (соответствует верхнемайдласской подпачке), а верхняя его часть занята зонулой *Cyathochitina cf. striata* – вида, который нигде, за исключением данных слоев, выше кровли пяртиоргской пачки ухакусского горизонта не встречен.

В нижней половине полного разреза нижнейдавереского подгоризонта (татрузеской свиты) имеются четкие зоны трех руководящих форм хитинозой – *Cyathochitina cf. reticulifera* (=C. aff. *stentor*), *Angochitina* и *Eremochitina dalbyensis*, которые прослеживаются весьма широко, отчасти даже за пределами Балтоскандинии. В середине зоны *Eremochitina* на уровне кукерситового слоя впервые появляется характерный для вышележащих горизонтов вид *Conochitina robusta*, а в основании верхнейдавереского подгоризонта – *Spinachitina multiradiata*.

#### Зонация по видам группы *Cyathochitina campanulaeformis*.

Три основные вида группы *Cyathochitina campanulaeformis* – C. *calix*, C. *campanulaeformis*, C. *kuckersiana* – являются в сланценосной толще среди фауны хитинозой основными доминантами, которые, как правило, послойно замещают друг друга и очень редко встречаются вместе; в ограниченных интервалах вся группа может отсутствовать (в верхнеухакуском и нижнейдавереском подгоризонтах).

Опыт показал, что слои (интервалы) с присутствием того или другого представителя данной видовой группы в пределах сланцевого бассейна хорошо выдерживаются и успешно применимы в целях детального послойного расчленения и сопоставления сланценосных отложений. Соответствующие узкие интервалы присутствия того или другого из указанных трех рекуррентных доминант автор данной главы в практической работе стал называть зонулами и именовать их по виду – доминанте с добавлением условного женского имени, например, зонула *kuckersiana ADELE* (соответствует кукерситовым слоям D-F<sub>2</sub>). Интервалы отсутствия представителей данной группы стали называться интерзонулами с мужскими именами, например, интерзонула *MICHAEL* (залегает в верхах ухакусского горизонта между зонулами *calix EMILIA* и *calix ENDLA*).

В сланценосной толще (рис. 3.1) к настоящему времени установлено уже более 60 зонул и интерзонул, многие из которых прослеживаются и за пределами сланцевого бассейна. Примерами могут служить зонулы *kuckersiana ADELE*, *AGATHE* и *EVA*, установленные в скв. Лазва-13 и идентифицированные там при помощи других видов хитинозой, а также граптолоидей.

### 3. СТРОЕНИЕ КУКЕРСИТОНОСНОЙ ТОЛЩИ

В данной главе рассматривается строение (внутренняя структура) сланценосной толщи в объеме верхнеухакуских и кукурузеских отложений. Подобный анализ возможен благодаря разработанным биомикростратиграфическим и литостратиграфическим критериям, рассмотренным в гл. 2. Структура толщи рассматривается на уровне мелких местных стратиграфических подразделений - пачек и подпачек, частично также отдельных кукерситовых слоев - в основном по материалам эстонской части Прибалтийского бассейна горючих сланцев. Это в значительной мере новые материалы, имеющие существенное значение для познания всей структуры сланценосной толщи.

Анализ строения опирается на три профиля. Из них два меридиональных; среди последних западный (Тамсалуский: см. Мянниль, Бауэрт, 1984) - опорный. Длина основной части Тамсалуского профиля (от Татрузе до Имавере) - 80 км, а общая длина (по линии Татрузе-Имавере-Лаэва; рис. 1.1) - 130 км. Один широтный профиль построен по простиранию слоев (и фаций) по линии от нас.п. Вихтерпалу - на западе (ок. 50 км к ЗЮЗ от г. Таллина) до скв. С-239 - на востоке (ок. 25 км к ВСВ от г. Сланцы), общей длиной 370 км.

По выявлению строения кукерситоносной толщи первые успешные шаги были сделаны еще в начале 20-х годов текущего века при изучении кернов первых пробуренных в Эстонии поисковых скважин на горючие сланцы. Еще Х.Беккером (Bekker, 1924) было установлено наличие (помимо промышленной пачки) так называемого верхнего комплекса кукерситовых пластов, в том числе пласта III (по Беккеру слой XXII в южных скважинах) и вообще верхних слоев кукурузеского горизонта, которых нет в северных разрезах. Однако последующие исследователи не обращали на это явление должного внимания и представления о строении всей кукерситоносной толщи, в частности корреляции слоев кукерсита выше промышленной пачки, оставались в литературе до самого последнего времени схематичными, неполными и отчасти неверными (см. Рымусохс, 1957, 1960, 1970; Мянниль, 1966; Rõõmusoks, 1983). В сводных работах строение кукерситоносных отложений иллюстрировалось стратиграфически неполными разрезами и обычно одним широтным профилем по промышленной пачке вблизи ее выхода (Бауков, 1956, 1960, 1968, 1973). К систематическому детальному литостратиграфическому изучению структуры сланценосной толщи в комбинации со специальной биомикростратиграфической методикой (см. гл. 2) приступили лишь недавно, причем основное внимание было обращено на изучение разрезов по опорному (Тамсалускому) меридиональному профилю (Мянниль, Бауэрт, 1984).

#### 3.1. Нижняя (верхнеухакусская) часть

Тамсалуский меридиональный профиль начинается на севере (на эрозионной линии) в районе, где разрез кыргекалласской свиты (рис. 3.1.1, скв. Татрузе 612) отличается максимальной полнотой и кукерситоносностью, как и в стратотипе (район г. Кивиэли). Свита подразделяется здесь четко на три пачки (кольяласскую, пяртилиоргскую и эрракскую) с границами, проводимыми аналогично стратотипическим разрезам по традиционным стратиграфическим уровням - по "первому" прослою кукерсита  $x_1$  (Orviku, 1940) и по основанию "верхнего", четко развитого комплекса кукерситовых слоев (Мянниль, 1966). Согласно такому, в значительной степени условному расчленению в разрезе скважины Татрузе нижняя, кольяласская пачка ( $C_1^2K$ ) залегает в интервале 28,10-33,34 м и представлена внизу преимущественно известняками, наверху глинистыми компактными известняками с прослойями известняков и мергелей. В средней части пачки (в интервале 1,8-3,1 м от основания) имеются три слоя мощностью 0,1-0,2 м, содержащие примазки кукерсита. Мощность пачки 5,24 м.

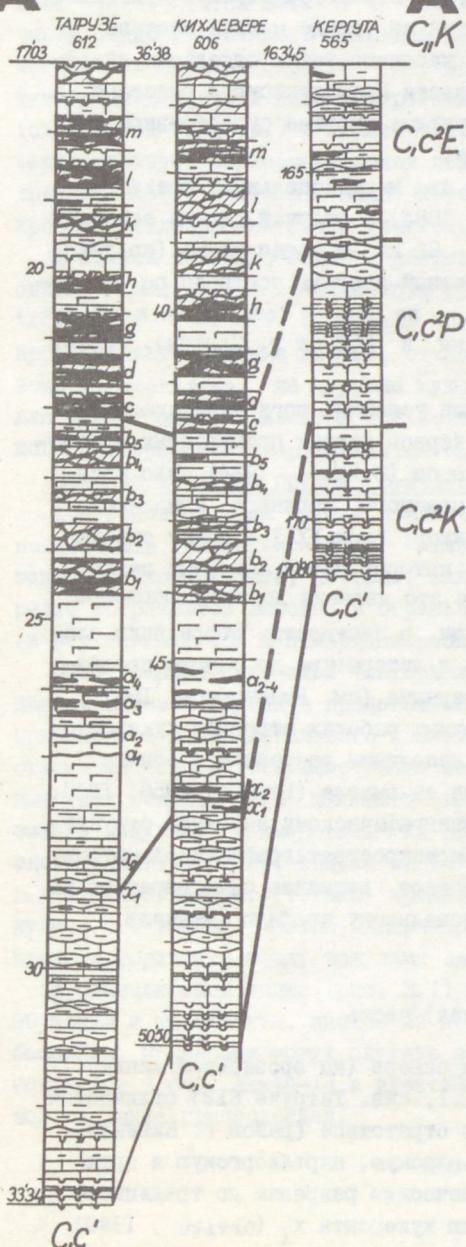
**A**

Рис. 3.1.1. Сопоставление разрезов верхнеухакуских отложений ( $C_I C^2$ ) по Тамсалускому меридиональному профилю A-A'. Усл. обозн. см. рис. 3.1.3. Местоположение профилей см. рис. 1.1.

Шартлиоргская пачка ( $C_I C^2 P$ ) (гл. 22, 13-18, 10 м) слагается мергелями с глинистыми известняками, с прослойми и слаборазвитыми пластами глинистого кукарсита, сосредоточенного в трех интервалах. У самого основания пачки развиты два тонких прослоя — слои  $x_1$  и  $x_2$ . В среднем интервале (от 2 до 3 м основания пачки) развита первая, нижняя группа кукарситовых прослоев и пластов, обозначаемых как  $a_1 \dots a_4$ . Два верхних из них достигают уже мощности 0,3-0,4 м и содержат известняковые комки, напоминающие кукарситовые пластины вышележащих пачек, не отличающиеся повышенной глинистостью и отсутствием тонкорассеянного керогена в известняковых комках. Третий интервал соответствует верхам пачки (2,5 м) и содержит 5 кукарситовых пластов мощностью до 0,5 м (пластины  $b_1 \dots b_5$ ), комки которых отчасти сложены уже характерным керогенистым (кукарситовым) известняком. Мощность пачки 6,0 м.

Эрраская пачка ( $C_I C^2 E$ ) (гл. 17, 03-22, 13 м) сложена чередованием кукарситов, известняков и мергелей и отличается от нижележащих пачек четкой литологической дифференциацией своего разреза, а также обилием и относительной чистотой кукарсита.

Кукарситовые пластины в эрраской пачке такие же маломощные (до 0,5 м), как и в нижележащей пачке, но они расположены ближе друг к другу и во многом напоминают кукарситы кукурузеского горизонта. В ходе исследований они получили индексы ( $c \dots h$ ) и группируются по залеганию и вещественному составу на нижние, средние и верхние пластины. Нижние пластины ( $c \dots h$ ), достигающие вместе с разделяющими известняковыми слоями суммарной мощности 2,1 м, напоминают по общей структуре пластины  $C \dots H$  кукурузеского горизонта. Это сходство выражается в развитии известняка  $c/d$ , похожего на двойную плиту  $C/D$ , наличии ходов илоедов в кровле кукарситов, увеличении кверху мощности породных прослоев и глинистости пород. Комплекс слоев кончается поверхностями перерыва в кровле пласта  $h$ , сравнимыми с таковыми в кровле кивиылской пачки.

Средний комплекс кукарситов (пласт  $k$  и сопутствующие), как и вмещающие их известняки, отличается повышенной глинистостью. Верхний комплекс включает пластины  $l$  (верхняя часть),  $m$  и  $n$  (?), из которых пласт  $m$  имеет маркирующее значение, как и известняки в его почве и кровле.

Мощность эрраской пачки 5,1 м.

Общая мощность кыргекалласской свиты (верхнеухакусского подгоризонта) в скв. Татрузе 16,3 м.

Охарактеризованный выше тип разреза в общих чертах характерен для широтной полосы шириной 20–30 км, протягивающейся с Тамсалуского профиля к востоку вдоль эрозионной линии. На представленных профилях к этой северной полосе относятся разрезы скважин Татрузе, Кихлевере 606 (рис. 3.1.1), Оанду 506, Эвасу 525 (рис. 3.1.2) и скв. С-239 (рис. 3.1.3).

С юго-востока к северной полосе примыкает район (скважины 518, 502, 5749), где мощность кыргекаллаской свиты заметно не изменяется, но где она постепенно теряет свою сланценосность и где ее отложения, особенно в верхней части, становятся значительно более глинистыми.

Тамсалуского профиля указанная вторая фа-циальная полоса не достигает, здесь отложения северного типа в южном направлении относительно быстро переходят в третий, заметно сокращенный по мощности тип разреза (рис. 3.1.1, скв. Кергута-565), причем сланценосность отложений также теряется. Такой тип разреза, в общем, выдерживается на значительных площадях в средней и западной Эстонии (см. Рымусохс, 1970, рис. 21, точки № 1-17, 21, 26), причем в северо-западном направлении по линии широтного профиля наблюдается постепенное уменьшение мощности до 2,5 м (рис. 3.1.3, скв. Вихтерпалау). Мощность отдельных пачек уменьшается, в общем, пропорционально изменению мощности свиты, но быстрее всего убывает мощность средней, пяртиоргской пачки (от ок. 2,5 м – в скв. Кергута-565, до ок. 0,5 м – в скв. Вихтерпалау). Мощность отдельных пачек сокращается пропорционально общему убыванию мощности и в южном направлении: в скв. Лаэва-13 мощность верхней пачки, например, 2,1 м при общей мощности кыргекаллаской свиты в 0,6 м. Полного выклинивания ёрраской пачки в западном и южном направлениях на коротких расстояниях, как предполагалось раньше на основании исчезновения из разреза кукерситовых слоев (Рымусохс, 1970, рис. 20 и 23), на самом деле не происходит.

### 3.2. Верхняя (кукурузеская) часть

В отличие от нижней (верхнеухакуской) своей части, которая на севере у эрозионной линии отличается максимальной полнотой, сланценосностью и общей представительностью, верхняя (кукурузеская) часть сланценосной толщи там

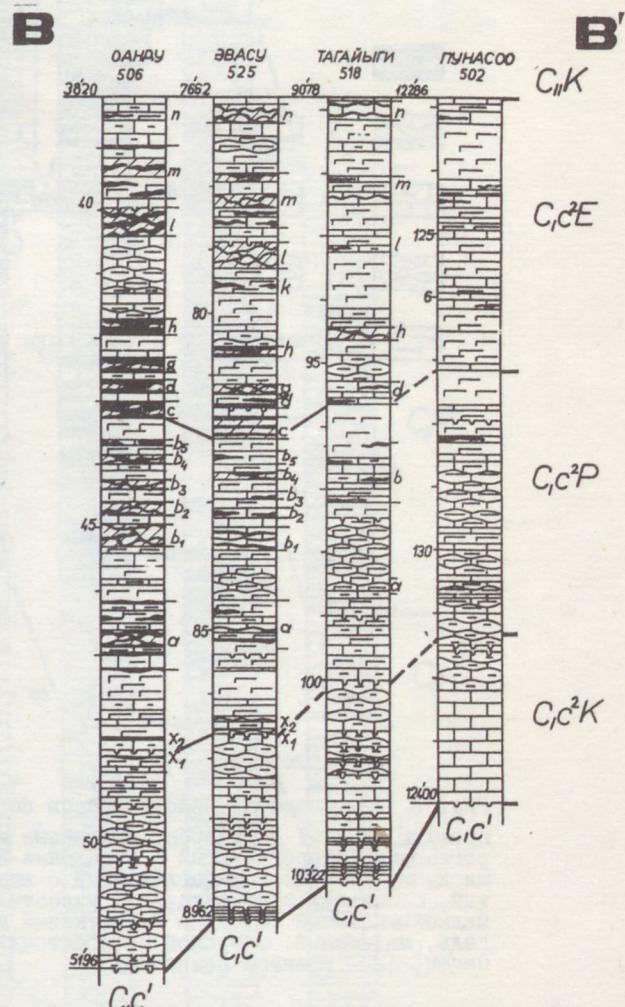


Рис. 3.1.2. Сопоставление разрезов верхнеухакуских отложений ( $C_1C^2$ ) по Кивиылскому меридиональному профилю В-В'. Усл. обозн. см. рис. 3.1.3.

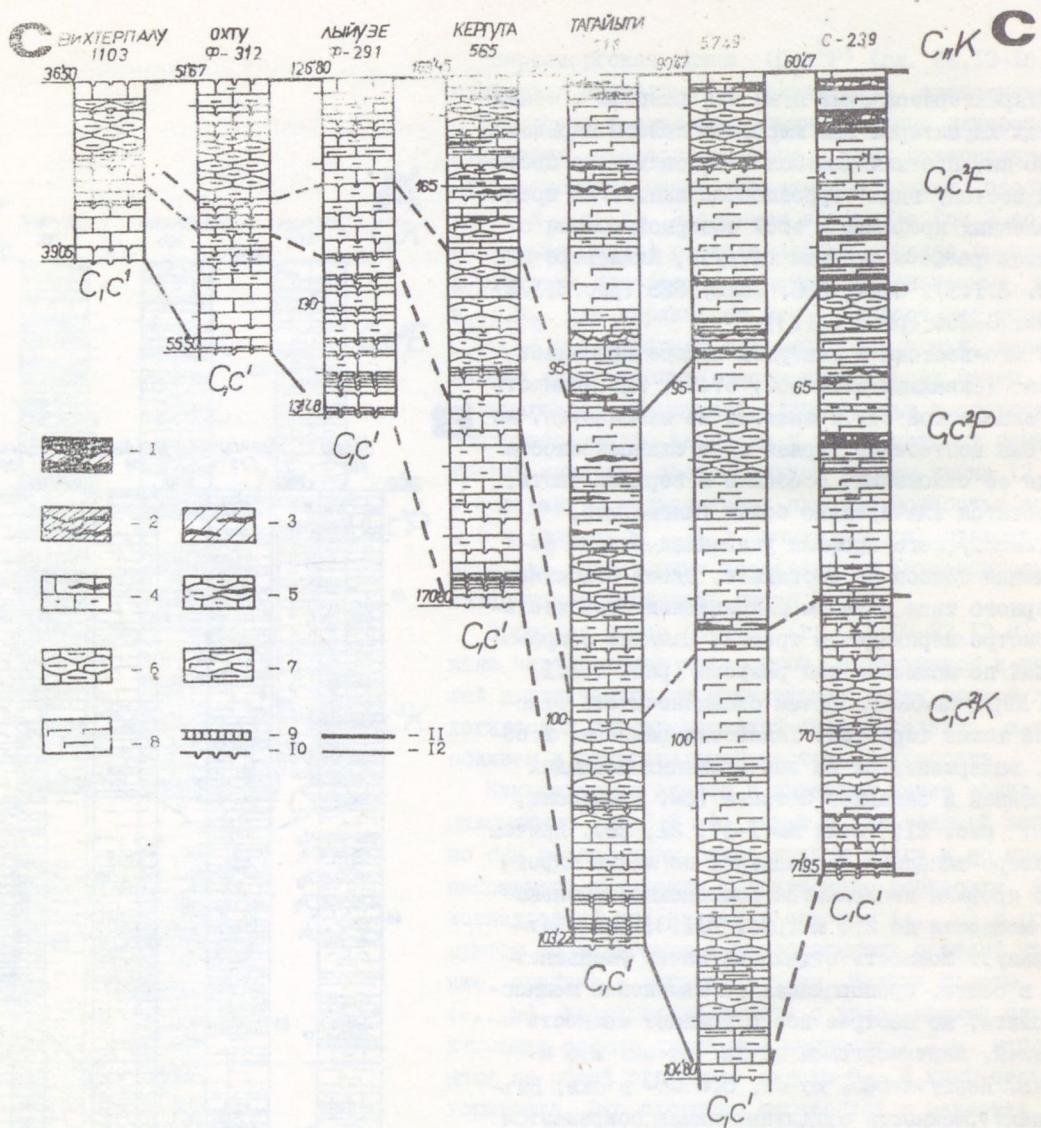
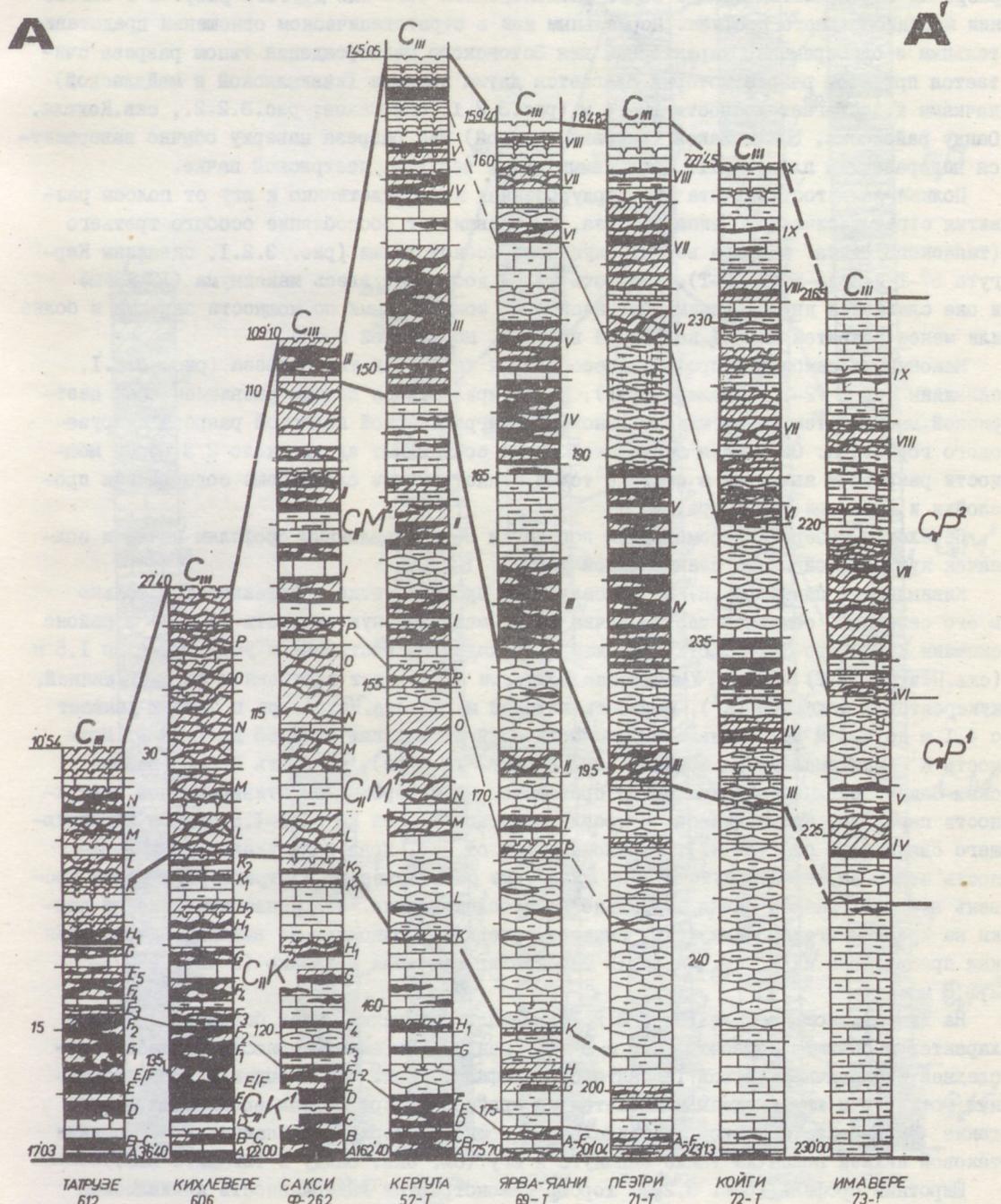


Рис. 3.1.3. Сопоставление разрезов верхнеухакуских отложений ( $C_1C^2$ ) по широтному профилю С-С'. I - кукерсит с комками керогенового известняка, 2-6 - известняки; керогеновый и керогенистый с прослойми и линзами кукерсита (2), керогенистый с линзами кукерсита (3), слабоглинистый с линзами кукерсита (4), среднеглинистый комковатый, с линзами кукерсита (5), известняк, сильноуглинистый (до известкового мергеля), мелкокомковатый (6), 7 - известковый мергель, мелкокомковатый, 8 - известковый мергель, массивный, 9 - слой метабентонита, 10 - поверхность перерыва, II - граница пачек, 12 - граница подпачек.

стратиграфически сокращенная, представлена под вышележащими отложениями и давереского горизонта только нижней своей половиной. Такой сокращенный тип разреза кукурузного горизонта впервые был вскрыт бурением в 1923 году у дер. Кавасту (район скв. 6II, рис. I.I), в 8 км к СЗ от пос. Хальяла. Полная мощность горизонта составляет там только 4,9 м, причем разрез его кончается наверху слаборазвитым кукерситовым пластом  $\mathcal{L}$ .

В скважинах, пробуренных в окрестностях Хальяла, Пыдрузе и Убья и расположенных в 3-5 км южнее Кавасту (считая по меридиану), мощность горизонта достигает уже

6-7 м. Разрез его пополнен сверху пластами М, Н и О. Таким разрезом представлен кукурузеский горизонт и у эрозионной линии по Тамсалускому меридиональному профилю - в скважине Татрузе-612 (рис. 3.2.1). В этом разрезе кукурузеский горизонт слагается нижней, кивиылской пачкой (инт. 12,58-17,03 м) и нижней частью средней, майдласской пачки (инт. 10,54-12,58 м).



Майдлаская пачка достигает своей стратиграфической полноты в Тамсалуском профиле лишь в скважине Сакси Ф-262 (7,6 м; инт. 109,7-117,3 м), а верхняя, пеэтриская пачка – лишь на самом южном крае сланцевого бассейна, в скважине Койги 72-Т (9,40 м; инт. 227,45-236,85 м).

Таким образом, структура верхней части кукарситоносной толщи в отдельно взятых разрезах определяется прежде всего расположением того или другого разреза в отношении меридионального профиля. Нормальным или в стратотипическом отношении представительным и одновременно характерным для Эстонского месторождения типом разреза считается при этом разрез, который слагается двумя нижними (кивилийской и майдлаской) пачками и достигает мощности 12-14 м (рис. 3.2.1, скв. Сакси; рис. 3.2.2., скв. Кохтла, Оанду район скв. 506). Такой (условно второй) тип разреза наверху обычно завершается недоразвитым пластом III, относимым уже к верхней, пеэтриской пачке.

Полная развитость пласта III, приуроченная непосредственно к югу от полосы развития стратотипического типа разреза, обуславливает обособление особого третьего (тапасского) типа разреза верхней кукарситоносной толщи (рис. 3.2.1, скважины Кергута 57-Т и Ярва-Яани 69-Т). Мощность толщи достигает здесь максимума (17-18 м) и она слагается двумя нижними, уже несколько сокращенными по мощности пачками и более или менее развитой нижней подпачкой верхней, пеэтриской пачки.

Наконец, на самом юге профиля обособляется четвертый тип разреза (рис. 3.2.1, скважины Койги 72-Т и Имавере 73-Т), характеризующийся полным развитием всей пеэтриской пачки и, тем самым, максимальной стратиграфической полнотой разреза кукарситоносного горизонта. Отложения пеэтриской пачки составляют здесь около 2/3 общей мощности разреза и являются в составе толщи единственными слоями, еще содержащими прослойки и примазки кукарсита.

Переходим теперь к рассмотрению поведения по составленным профилям пачек и подпачек кукарситоносной толщи.

Кивилийская пачка ( $C_{11}K$ ) по Тамсалускому профилю четко прослеживается только в его северной, основной части. Пачка имеет максимальную мощность (4,8 м) в районе скважин Кихлевере-Сакси, откуда к югу происходит ее постепенное уменьшение до 1,5 м (скв. Пеэтри 71-Т) и менее. Уменьшение мощности происходит в основном за счет нижней, кукарситовой подпачки ( $K^1$ ), мощность которой между скв. Кихлевере и Пеэтри убывает с 4,1 м до 0,4 м при уменьшении мощности всей пачки лишь от 2,65 до 1,60 м. Мощность  $K^1$  максимальна на крайнем севере (скв. Татрузе), мощность  $K^2$  – в районе скв. Сакси. Верхняя граница пачки проводится на севере по пиритизированной поверхности перерыва, приуроченной к кровле сланцевого слоя  $K_2$  (0,8-1,5 м выше маркирующего сланцевого пласта  $H_1$ ). В районе к югу от скв. Ярва-Яани указанная поверхность перерыва, как и сопутствующие сланцевые слои, исчезают и стратиграфический уровень верхней границы пачки визуально не прослеживается. Отложения кивилийской пачки на крайнем юге профиля (скв. Имавере) очевидно полностью не выклиниваются, так как присутствие их в скв. Лазва-13 биостратиграфически доказано (в инт. 270,4-272,6 м).

На Кивилийском профиле (рис. 3.2.2) кивилийская пачка имеет более выдержаный характер и большую мощность (6,6 м в скв. Оанду), но закономерность изменения по следней аналогична таковой Тамсалуского профиля. Кроме четко выраженного уменьшения мощности к югу и здесь намечается на крайнем севере, вблизи эрозионной линии, также уменьшение к северу. Максимальная мощность верхней подпачки в отношении таковой нижней подпачки также сдвинута к югу (см. скв. Оанду и Тагайыги 518).

Широтный профиль (рис. 3.2.3) хорошо демонстрирует выдержанность кивилийской пачки по простирации как по территории собственно сланцевого бассейна на востоке (на протяжении ок. 200 км; скважины Кергута, Тагайыги и др., так и по периферии бассейна на западе (на протяжении ок. 100 км; скважина Лыйузе Ф-291 и др.). За ис-

B

B'

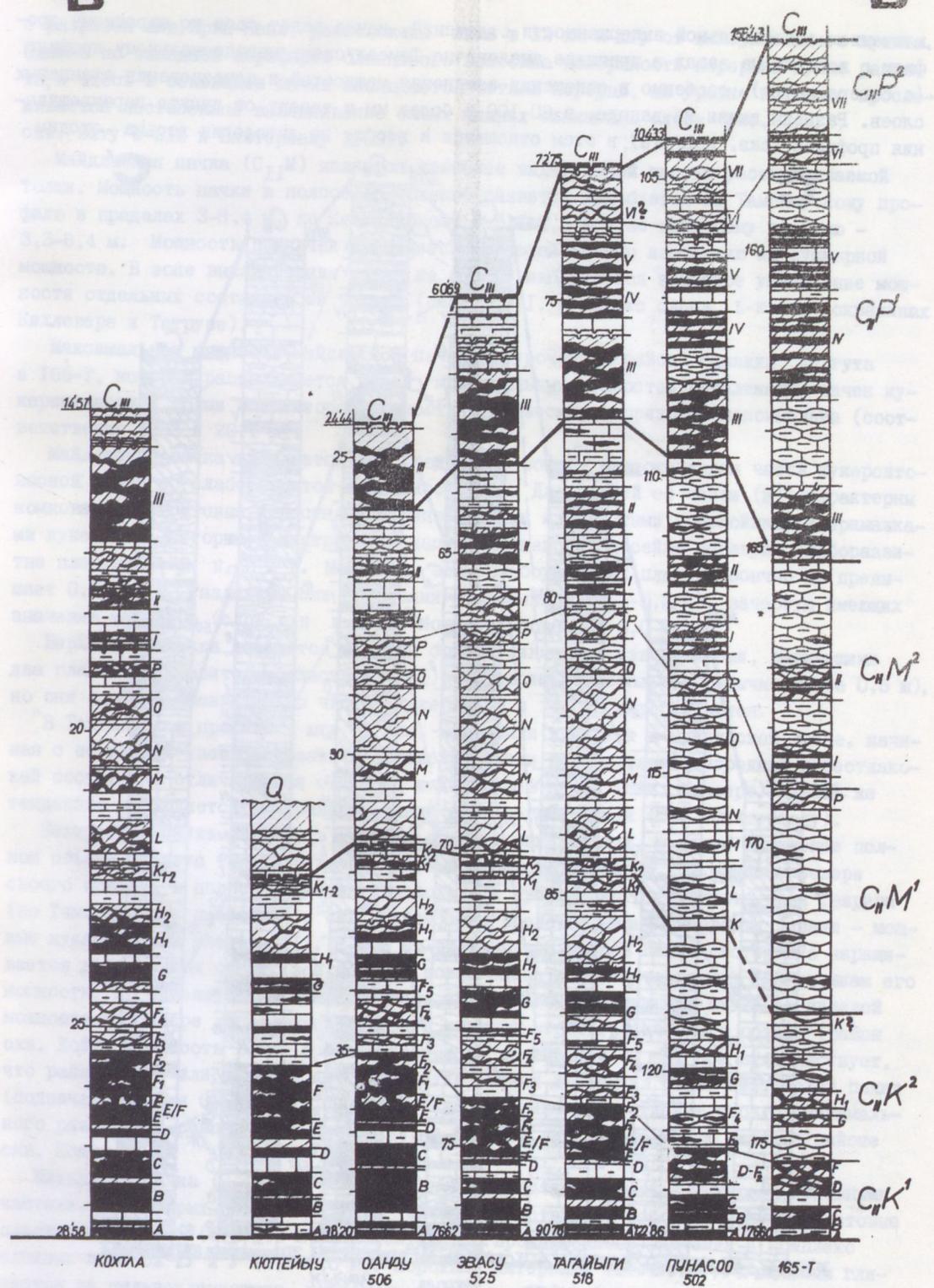
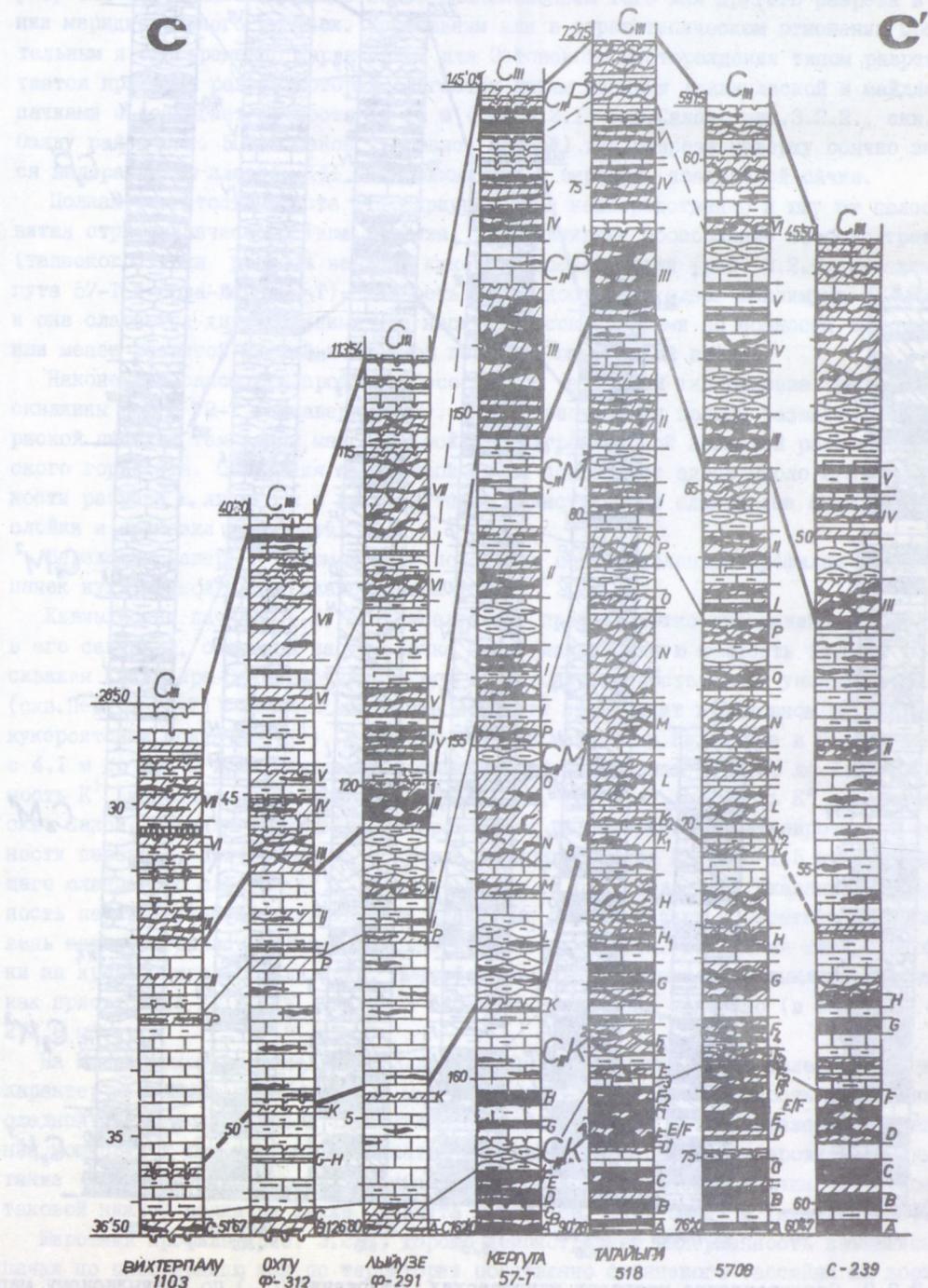


Рис. 3.2.2. Сопоставление разрезов кукурузеских отложений (C<sub>II</sub>) по Кивиылскому мери-  
диональному профилю B-B'. Усл. обозн. см. рис. 3.1.3.

ключением относительной выдержанности сложений, пачка ведет себя по широтному профилю с востока на запад в принципе аналогично Тамсалускому меридиональному профилю (с севера на юг), особенно в отношении изменения мощностей и исчезновения сланцевых слоев. Разрезы пачки на западе, в 60-100 км к западу от пункта перекрещивания профилей (скв. Кергута), в этом отношении и вообще по литологии весьма сходны



с разрезом скв. Ярва-Яани, расположены лишь в 12 км к югу от вышеуказанного пункта. Однако по западной периферии сланцевого бассейна поверхности перерыва лучше развиты, и здесь в основании пачки наблюдается четкий перерыв, на уровне которого прослеживается постепенное выклинивание самых нижних сланцевых слоев (рис. 3.2.3, скв. Охту Ф-312 и Вихтерпалу II03).

Майдласская пачка ( $C_{II}M$ ) является наиболее выдержанной частью рассматриваемой толщи. Мощность пачки в полосе ее полного развития колеблется по Тамсалускому профилю в пределах 3-8,4 м, по Кивиылскому - 5,6-7,5 м и по широтному профилю - 3,3-8,4 м. Мощность подпачек изменяется пропорционально изменению их суммарной мощности. В зоне выклинивания пачки на севере наблюдается заметное уменьшение мощности отдельных составных ее частей (рис. 3.2.1, комплекс слоев L-N в скважинах Кихлевере и Татрузе).

Максимальная мощность майдласской пачки приурочена к району скважин Кергута и I65-T, который располагается южнее максимальных мощностей нижележащих пачек кулерситоносной толщи и в котором мощность кукурузеского горизонта максимальна (соответственно 17,3 и 20,1 м).

Майдласская пачка выделяется как средняя, в общем, известняковая часть кулерситоносной толщи со слаборазвитой сланцевостью. Для нижней ее части ( $M^1$ ) характерны комковатые дегритовые известняки с линзовидными извилистыми прослойками и примазками кулерсита, которые в центральной части сланцевого бассейна образуют слаборазвитые пласти L, M, N, O и P. Мощность этих слаборазвитых пластов обычно не превышает 0,5-0,8 м. Разделены они прослоями известняков (0,1-0,2 м), зачастую имеющих значение маркеров (слой M/N и др.). Мощность подпачки 3,0-4,0 м.

Верхняя подпачка слагается в общем более глинистыми известняками, вмещающими два главных кулерситовых пласта (I, II). Мощность их небольшая (обычно менее 0,5 м), но они сложены сравнительно чистым кулерситом и хорошо выдерживаются.

В Тамсалуском профиле к югу от скв. Ярва-Яани кулерсит в майдласской пачке, начиная с ее нижней части, исчезает и отложения пачки приобретают однородный известняковый состав, не отличающийся от пород нижележащей пачки (скв. Имавере). Такая же тенденция наблюдается на крайнем западе широтного профиля (скв. Вихтерпалу).

Пеэтрская пачка ( $C_{II}P$ ), в отличие от двух нижележащих, в более или менее полном объеме развита только в южной части сланцевого бассейна. На крайнем севере своего ареала, в полосе развития типового для кукурузеского горизонта типа разреза (по Тамсалускому профилю - в скв. Сакси) она представлена лишь своими низами - мощным кулерситовым пластом III. К югу от этой полосы разрез пачки постепенно наращивается добавлением сверху все новых и новых слоев и соответствующим увеличением его мощности. По Тамсалускому профилю такое постепенное наращивание пачки от нулевой мощности на севере до достижения своего полного стратиграфического объема (район скв. Койги, мощность 10 м) прослеживается на протяжении 40 км. При этом яствует, что район более или менее полного развития нижних и верхних слоев пеэтрской пачки (подпачек  $C_{II}P^1$  и  $C_{II}P^2$ ) не совпадают: нижняя подпачка достигает своего максимального развития в районе скв. Ярва-Яани, а верхняя лишь около 20 км южнее, в районе скв. Койги.

Нижняя подпачка ( $C_{II}P^1$ ) в районе полного развития слагается четырьмя основными частями, из которых первый и третий (снизу) представляют собой мощные кулерситовые пласти: пласт III (1,5-2,5 м) перспективного промышленного значения и комплекс сложных пластов IV и V (2,0-3,0 м). Породные интервалы III/IV и V/VI сложены глинистым до сильноглинистого известняком мощностью 1,2-2,0 м. Полная мощность подпачки достигает 6,5-7,0 м, но на юге она сокращается до 3,5-4,5 м.

Верхняя подпачка ( $C_{II}P^2$ ) в наиболее представительном виде вскрыта скважиной Койги 72-T. Ее условные границы - основание кулерситового пласта VI и кровля тонкого

пласта X – здесь достаточно четкие и проводятся однозначно. Подпачка слагается частым переслаиванием известняка с тонкими, преимущественно горизонтальнослойистыми прослойками кукарсита. В подпачке выделяются более или менее четко выраженные пласт YI (в низах) (0,3–0,6 м), пласт VIII (0,5–0,8 м) и тонкие пласти IX и X (в верхах), а также условный пласт сложного строения YII, достигающий общей мощности 1,5–2,5 м.

В низах подпачки, в середине известнякового интервала YI/YII, прослеживается тонкий (1–3 см) уникальный прослой бентонита, служивший отличным маркером для середины пеэтриской пачки как в южной (юго-западной) полосе сланцевого бассейна, так и за ее пределами (на западе и юго-западе).

Полная мощность верхнепеэтриской подпачки 5,7–6,2 м. Разрезы пеэтриской пачки, вскрытые бурением по Кивиылскому профилю, очень сходны с таковыми Тамсалуского профиля (ср. например, скважины Кергута и Пунасоо, Ярва-Нани и скв. I65-T), что свидетельствует об отличной выдержанности строения отложений по простианию в данном районе. За пределами этого района по широтному профилю к востоку общая структура пачки при ее мощности в 5–6 м выдерживается по меньшей мере на протяжении 70 км. При этом крайний восточный изученный нами разрез (скв. С-239) сходен с разрезом скв. Пунасоо, отличаясь от последнего несколько уменьшенными мощностями комплекса слоев III–V и увеличенными комплекса Y/YI–VI.

Определенная аналогия к этому наблюдается по широтному профилю и в западном направлении, где, например, скважиной Лыйз-Ф-29I вскрыт разрез комплекса III–VI, по строению и мощности почти не отличимый от такового в разрезе скв. 5708 (расстояние 160 км).

На крайнем западе профиля, уже в пределах известняковой фации, мощность пеэтриской пачки быстро убывает, составляя лишь 3,6–7,1 м. Общая структура пачки при этом существенно не изменяется и ее строение вполне сравнимо с полным разрезом пачки, вскрытой скважиной Койги на юге Тамсалуского профиля. Это говорит о том, что рассматриваемые западные разрезы, несмотря на незначительную мощность и возможную внутреннюю прерывистость в отношении общего стратиграфического объема пачки, полные или весьма близки к полным. Об этом свидетельствуют расположение бентонита-маркера в середине разреза пачки и находки в скважине Вихтерпалу, в самых ее верхах, микрофоссилий, характерных для стратиграфического уровня кукарсита IX.

Выше было сказано о сходстве нижнепеэтриской части разреза Лыйз с таковой скважины 5708. Что же касается верхнепеэтриской, а также подпеэтриской частей того же разреза, то они весьма сходны с соответствующими интервалами разреза скв. Пеэтри Тамсалуского профиля.

Общее строение всей верхней (кукурузеской) части сланцевосной толщи по Тамсалускому профилю иллюстрируется рис. 3.2.4, а отдельно взятых кукарситовых пластов и промежуточных породных интервалов по этому же профилю – рис. 3.2.5.

Рис. 3.2.4 весьма рельефно показывает изменение общей мощности кукурузеской толщи, обусловленное прежде всего различным ее стратиграфическим объемом на севере и юге. Видно также, что два нижних подразделения толщи (кивиылская и майдлаская пачки), ограниченные сверху основанием пласта III, достигают своей максимальной мощности в районе скважин Ф-262 и 57-T и затем к югу сокращаются до такой степени, что значительное увеличение мощности третьего подразделения (пеэтриской пачки) в районе между скважинами 57-T и 71-T не вполне компенсируют это, в результате чего общая мощность горизонта к югу от скв. 57-T несколько уменьшается.

По меридиональному профилю видно, что залегание пластов вверх по разрезу становится как бы более пологим и они образуют в верхах горизонта, непосредственно под основанием вышележащего идавереского горизонта, все более длинные маломощные "хвосты". Концентрация выходов таких "хвостов" (по пластам от IV до VIII) под осно-

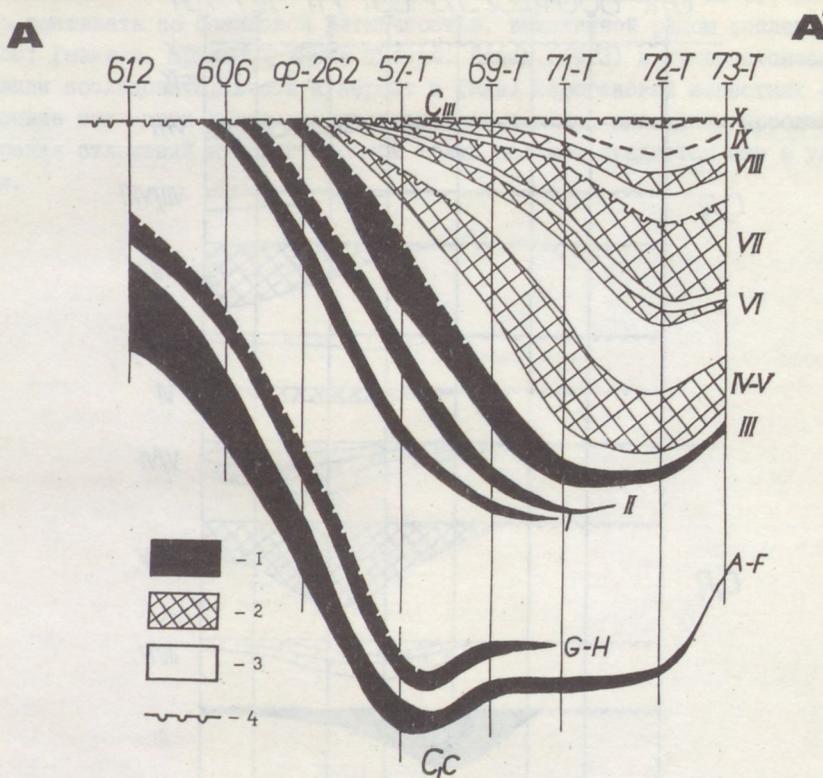


Рис. 3.2.4. Кукерситовые слои в опорном меридиональном профиле (A-A') кукурузеского горизонта ( $C_{II}$ ). Слои: 1 - относительно богатые керогеном, 2 - относительно бедные керогеном, 3 - вмещающие известняки, 4 - поверхность перерыва.

вание идавереского горизонта приурочено к довольно узкой зоне, расположенной в районе между скважинами Ф-262 и 69-Т.

Наличие маломощных "хвостов", их литологический состав (увеличенная карбонатность, грубый дегрит и т.д.) и развитие по ним многочисленных поверхностей перерыва однозначно говорит о первично-седиментационной природе наблюдаемого полного выклинивания слоев сланценосной толщи к северу, в том числе и кукерситовых пластов (Мянниль, Бауэрт, 1984).

По профилю видно, что порядок выклинивания отдельных слоев, по меньшей мере в общих чертах, последовательный и соответствует (с севера на юг) последовательности залегания слоев (снизу вверх). С таким, в общем регressiveм характере порядком находятся в полном согласии последовательное размещение с севера на юг максимальных мощностей отдельных кукерситовых пластов и их комплексов, а также межкукерситовых интервалов. Такое смещение максимальных мощностей прослеживается по всей протяженности данного профиля и этой закономерности подчиняются равным образом как кукерситовые, так и бескукерситовые (породные) составляющие разреза (рис. 3.2.4, 3.2.5).

С полосой выклинивания слоев нередко связана четко выраженная цикличность отложений по последовательности пород (снизу вверх) известняк - кукерсит - керогеновый известняк с поверхностью перерыва в кровле (Мянниль, Бауэрт, 1984). Такие циклотемы, вероятно, аналогичны неполным регressiveм (раннеасимметричным) циклам, широко

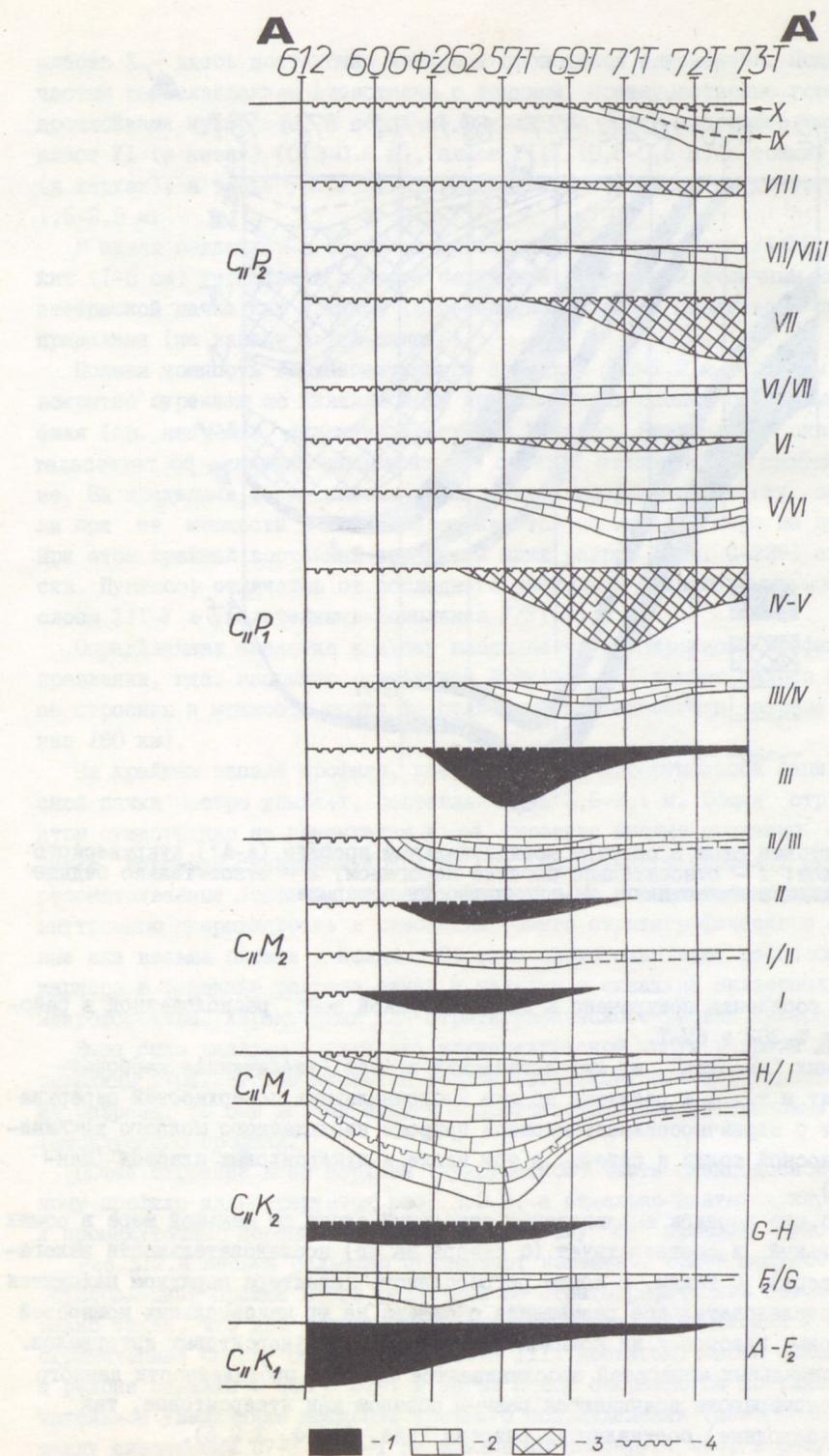


Рис. 3.2.5. Схема слоев кукарсита и вмещающих пород кукурузного горизонта С<sub>II</sub> по опорному Тамсалускому меридиональному профилю. Слои: 1 - относительно богатые кукарситом, 2 - известняков с незначительной примесью кукарсита, 3 - кукарситсодержащих и керогеновых известняков, 4 - поверхность перерыва.

развитым в ордовике и силуре Прибалтики (Лашков, 1973; Эйнасто, 1973). Их не следует, однако, смешивать со сланцевой ритмичностью, выделенной рядом исследователей (Бауков, 1956; Газизов, Дружин, 1964; Дубарь, Левин, 1973) в кукерситоносной толще на основании последовательности кукерсит и (или) керогеновый известняк — известняк. Соотношение этих двух типов цикличности пока неясно; очевидно, проблема циклического строения отложений кукерситоносной толщи целиком нуждается еще в углубленном изучении.

## 4. СТРОЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЧКИ А- $F_2$

### 4.1. Общие черты строения

Разрабатываемая ныне промышленная пачка кукерсита залегает в основании кукурузеского горизонта и соответствует в местной стратиграфической схеме нижней части ки-вилийской пачки (нижнекивилийской подпачке) (см. разделы 2.1 - 2.2). В центральной части сланцевого бассейна промышленная пачка максимальной мощностью 3,3 м состоит из нескольких чередующихся слоев кукерсита и известняка. На Эстонском месторождении обычно выделяют девять слоев кукерсита (снизу вверх слои А, А', В, С, Д, Е, Е/ $F_1$ ,  $F_1$  и  $F_2$ ) и пять слоев известняка (А/А', А'/В, В/С, С/Д, Д/Е). Слои кукерсита содержат включения (комки) керогенового известняка, в слоях Е/ $F_1$  и  $F_2$  их особенно много (по объему до 50 % и более). Слои известняка А'/В и С/Д в основной своей части первично (т.е. если не учесть керогена в ходах илоедов) не содержат керогена, а в остальных слоях содержание керогена составляет в среднем 8-12 % (т.е. они относятся к числу керогеновых известняков - см. табл. 4.2.т.). На Ленинградском месторождении в промышленной пачке принято выделять четыре рабочих слоя кукерсита (сверху вниз I, II, III, IV). Слои кукерсита разделяются слоями известняка "плита" (между I и II слоями), "кулак" (между II и III слоями) и "разделяющий известняк" или "синюха" (между III и IV слоями). Сопоставление разных схем индексации слоев рассмотрено в работах В.А.Котлукова и С.С.Баукова (Геология..., 1968), С.С.Баукова (Формации..., 1973), А.Р.Аалоэ (1975) и др. Корреляция схем расчленения разрезов промышленной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений дана на рис. 4.1.1. При расчленении промышленной пачки Эстонского месторождения нами принята схема А.Р.Аалоэ (1975, 1983), которая является дальнейшим развитием схем Х.Беккера (Bekker, 1924), М.С.Газизова (1957), В.А.Котлукова и С.С.Баукова (Геология..., 1968). Расчленение промышленной пачки на Ленинградском месторождении дано по А.П.Саломону (1960). Строение залежи в бассейне в целом нами дано по схеме расчленения, принятой для Эстонского месторождения.

В общем плане промышленную пачку целесообразно подразделить на три пласта кукерсита (нижний, средний и верхний, состоящие соответственно из слоев А, А/А', А'; В, В/С и С и Д, Д/Е, Е, Е/ $F_1$ ,  $F_1$  и  $F_2$ ) и два разделяющих их пласта известняка (Бауков, 1956, 1960; Аалоэ, 1975, 1983). Пласти кукерсита обособляются от пластов известняка отчетливыми поверхностями напластования, которые в районе максимального кукеритонакопления однако не носят четких признаков перерыва осадконакопления. Для всех пластов кукерсита характерно уменьшение содержания органического вещества вверх по разрезу, что сопровождается увеличением карбонатного или алевритоглинистого материала в кукерсите и количества комков керогенового известняка в том же направлении. Пласти кукерсита и известняка характеризуются хорошей выдержанностью и постепенным изменением их строения и мощностей по площади.

### 4.2. Состав пород

Вещественный состав пород промышленной пачки и закономерности его изменения достаточно полно изучены в центральной эксплуатируемой части бассейна (Бауков, 1958; Насонова, 1962; Оясте, 1963; Данилова и др., 1973). Показано, что визуально отличимые типы керогенсодержащих пород отличаются по содержанию в них главных компонентов: органического вещества (керогена), карбонатного материала и терригенного компонента. Нами на основе более чем 500 химических анализов проб из слоев

## ЭСТОНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

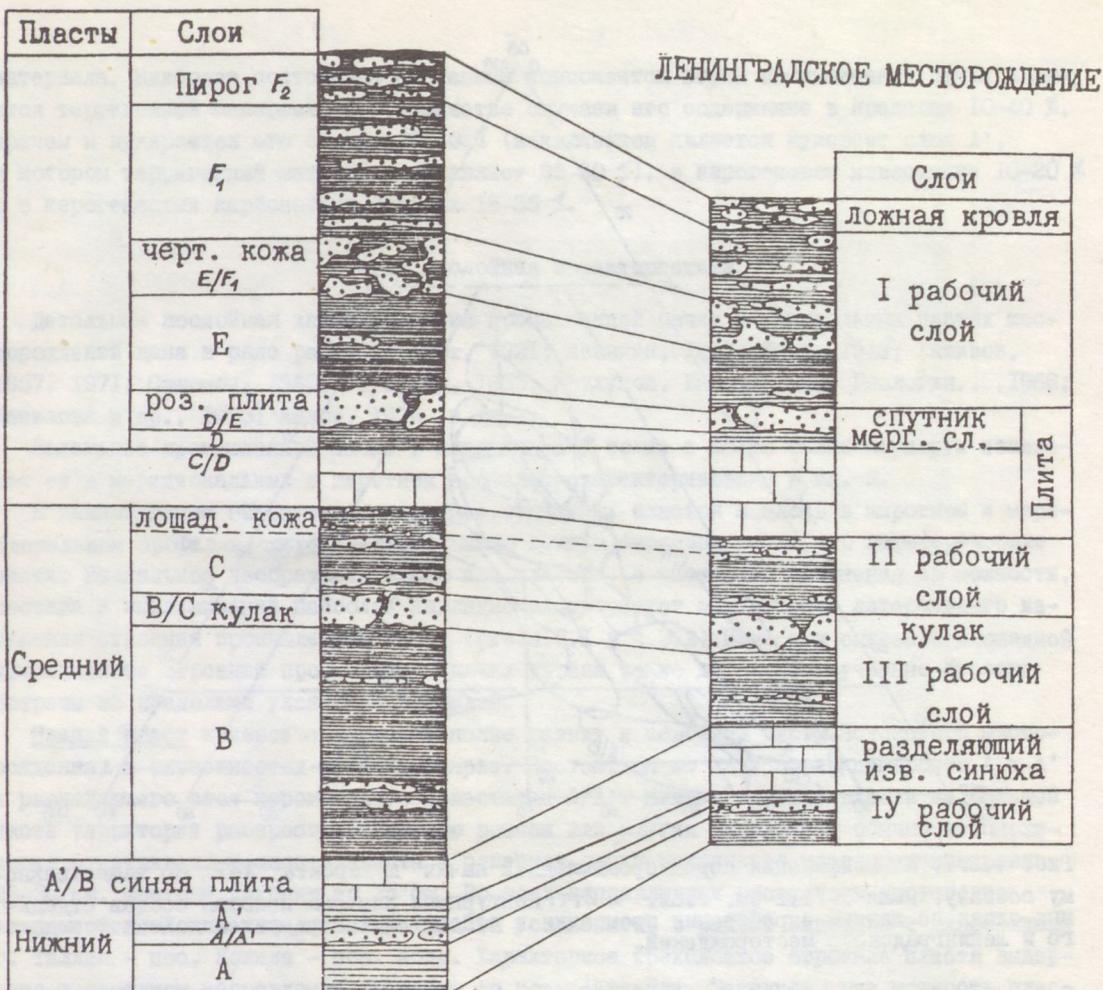


Рис. 4.1.1. Сопоставление схем расчленения промышленной пачки на Эстонском (Аалоэ, 1975, 1978) и Ленинградском (Саломон, 1960, Геология..., 1968) месторождениях.

кукерсита, известняка и комков известняка разработана классификация пород промышленной пачки по вещественному составу (Аалоэ, Вийдинг, 1983) (рис. 4.2.1 и табл. 4.2.1). На треугольной диаграмме изображен состав каждого слоя промышленной пачки. Так, например, слои A, B, C, E,  $F_1$  состоят в большинстве случаев из "составленно" кукерсита (органического вещества  $\geq 30\%$ ). Наиболее изменчивым оказывается состав кукерситовых слоев A', D, E/ $F_1$  и  $F_2$ . Эти слои в преобладающих случаях состоят из известкового или глинистого кукерсита. Некоторая вытянутость полей распределения (на диаграмме 4.2.1) состава проб кукерсита из этих слоев связана с тенденцией уменьшения органического вещества к востоку (слои A', D,  $F_2$ ) или с трудностью получить при опробовании чистых образцов (слой E/ $F_1$ ). Уменьшение содержания органического вещества сопровождается в нижней части промышленной пачки (слой A') увеличением содержания терригенного вещества, а в слоях, залегающих выше "двойной плиты" (D,  $F_2$ ) – увеличением содержания карбонатного материала. Слои A/A', B/C и D/E и карбонатные комки в слоях кукерсита состоят из керогенового глинистого известняка. Пласти C/D и A'/B в преобладающей своей части состоят соответственно из керогенистого глинистого известняка и керогенистого известкового мергеля. Образцы из верхней части пласта A'/B охватывают частично и поле керогенового известкового мергеля из-за примеси керогена в ходах илоедов.

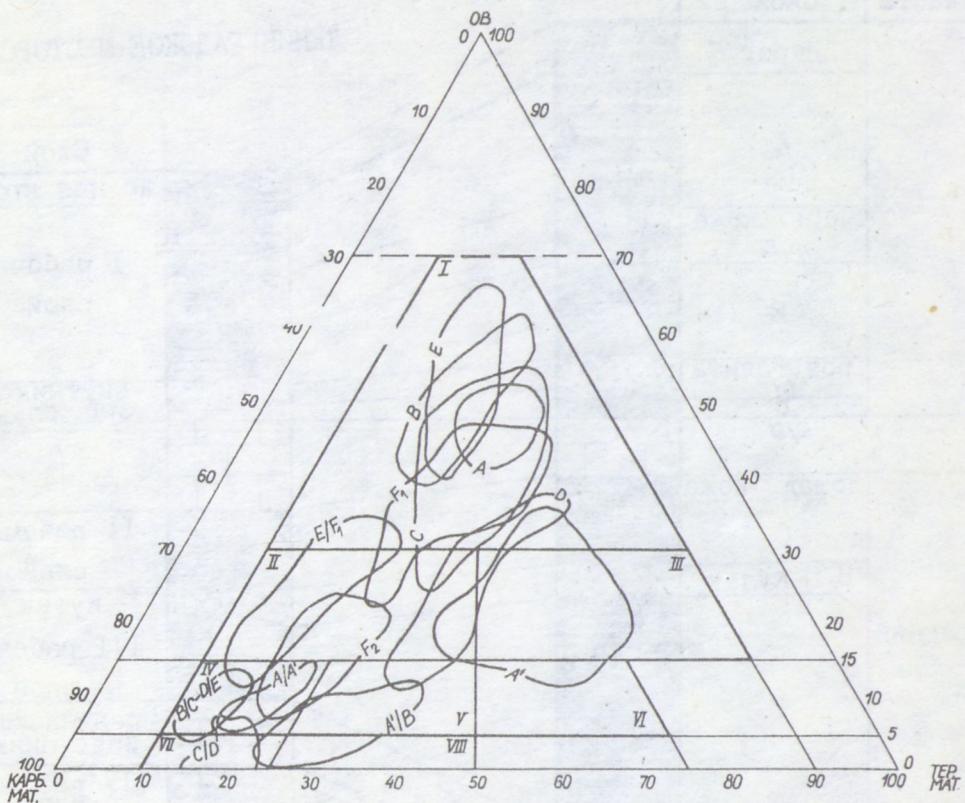


Рис. 4.2.1. Классификация пород промышленной пачки кукерсита А-Р<sub>2</sub> по вещественно-му составу. Поля I-VIII см. табл. 4.2.т. Контурными линиями показан состав отдельных слоев по данным опробования промпачки в действующих карьерах и шахтах Эстонского и Ленинградского месторождений.

Таблица 4.2т

Классификация керогенсодержащих пород промышленной пачки кукерсита

Поля по рис. 4.2.1	Наименование породы		Содержание компонентов, %		
			OB	КК	TK
I	кукерсит		30-70	10-60	10-60
II	кукерсит	известковый	15-30	35-75	10-42,5
III		глинистый		10-42,5	35-75
IV	керогеновый	известняк	5-15	60-85	10-25
V		мергель		42,5-70	25-47,5
VI		глинистый		25-47,5	42,5-70
VII	керогенистый	известняк	следы - 5	70-90	10-25
VIII		мергель		47,5-75	25-50

OB – органическое вещество; КК – карбонатный компонент; TK – терригенный компонент.

Как видно на рис. 4.2.1., в породах промышленной пачки кукерсита содержание керогена изменяется в пределах от 0 до 65-70 %. Изменения в содержаниях керогена обычно сопровождаются обратнопропорциональным изменением содержания карбонатного

материала. Наиболее постоянным составным компонентом пород промышленной пачки является терригенный материал. В большинстве случаев его содержание в пределах 10–40 %, причем в кукерситах его обычно 20–40 % (исключением является кукерсит слоя А', в котором терригенный материал составляет 35–60 %), в керогеновом известняке 10–20 % и в керогенистых карбонатных породах 15–35 %.

#### 4.3. Послойная характеристика

Детальная послойная характеристика промышленной пачки в центральных частях месторождений дана в ряде работ (Bekker, 1921; Левыкин, 1947; Луха, 1948; Газизов, 1957, 1971; Саломон, 1960; Астафьев, 1965; Котлуков, Бауков в кн. Геология..., 1968; Данилова и др., 1973; Аалоэ, 1975 и др.).

Залегание промышленной пачки в сланцевосной толще и общие закономерности изменения ее в меридиональных и широтном профилях охарактеризованы в гл. 3.

В данной главе описывается строение отдельных пластов и слоев в широтном и меридиональном профилях, пересекающих помимо центра бассейна также его периферические части. Раздельное изображение слоев или пластов, в частности изменения их мощности, состава и выклинивания наиболее наглядно иллюстрирует особенности латерального изменения строения промышленной пачки (рис. 4.3.1 и 4.3.2). Ниже при описании площадной изменчивости строения промышленной пачки учтены также детально изученные буровые разрезы за пределами указанных профилей.

Нижний пласт кукерсита наиболее полно развит в северной части Эстонского месторождения, в окрестностях г. Кохтла-Ярве. Состоит он из двух слоев кукерсита А и А' и разделяющего слоя керогенового известняка А/А'. Нижняя граница пласта на большей части территории распространения его ровная или слегка волнистая, обычно литологически отчетливая. Мощность пласта в северной части Эстонского месторождения равна 25–30 см, местами доходит до 35 см. Во всех направлениях отсюда она постепенно уменьшается. Полное выклинивание пласта установлено в районе западнее и южнее линии г. Таллин – пос. Кохила – пос. Козе. Характерное трехслойное строение пласта выдержано в западном направлении примерно до пос. Аагвийду. Западнее, где мощность пласта всего около 5 см и менее, представлен он серовато-коричневым известковым кукерситом с комками известняка или керогеновым известняком с тонкими извилистыми про слоями кукерсита.

Слой А представлен коричневым плотным кукерситом с довольно высоким содержанием органического вещества (до 45 %). Неясная прерывисто-тонкогоризонтальная слоистость местами подчеркнута мелким детритом и редкими прерывистыми пленками керогенового мергеля. Литологический облик слоя в общих чертах выдержан повсеместно, где слой еще может быть выделен. В районе между Чудским озером и пос. Тамсалу слой А мощностью 1–5 см представлен глинистым кукерситом или керогеновым мергелем. Мощность слоя уменьшается постепенно во всех направлениях от центральной части Эстонского месторождения.

Слой А/А' обычно прерывист и представлен отдельными комками керогенового известняка. Комки известняка имеют неправильно-аллипсоидальную или линзовидную форму толщиной в среднем 3–4 см и длиной обычно 3–15 см, а местами до нескольких метров. Известняк серый со слабым желтоватым оттенком, плотный, крепкий. Такой характер слоя выдержан на всей территории его распространения. Можно лишь отметить общую тенденцию к увеличению глинистости в юго-западном направлении и увеличению содержания карбонатного и органического компонентов к северо-западу.

Слой А' сложен серовато-коричневым глинистым кукерситом или керогеновым мергелем мощностью 5–10 см. Кверху слоя глинистость постепенно увеличивается. Кукерсит обычно с неясной прерывисто-горизонтальной слоистостью и содержит редкий мелкий детрит.

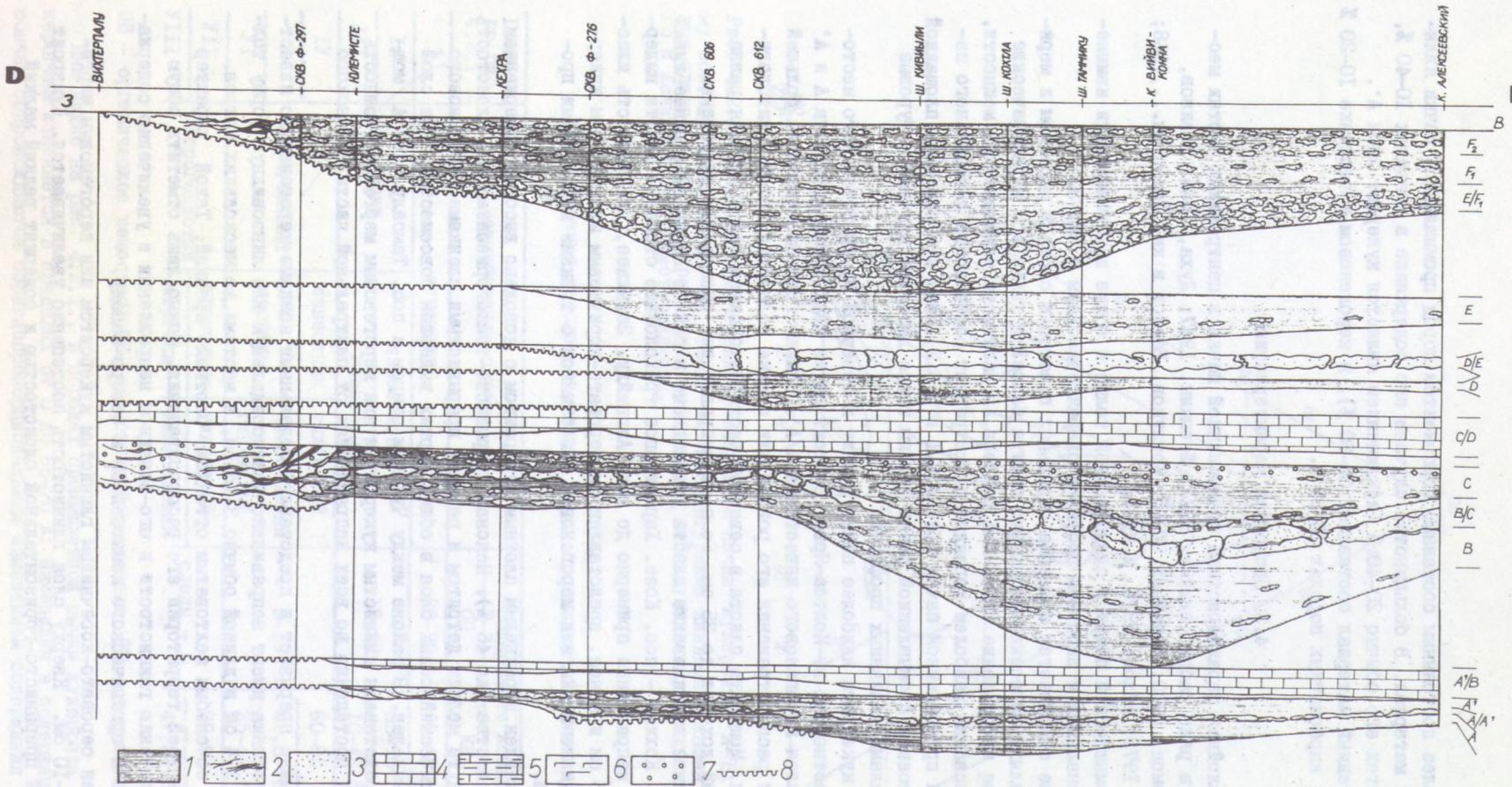


Рис. 4.3.1. Широтный разрез D-D<sup>1</sup> подразделений промпачки A-F<sub>2</sub>. 1 - кукерсит, 2 - прерывистые прослои кукерсита, 3 - керогеновый известняк, 4 - глинистый известняк, 5 - сильноглинистый известняк, 6 - мергель, 7 - ходы илоедов, 8 - поверхности перерыва.

Максимальные мощности слоя (7-10 см) выявлены в юго-восточной части Эстонского месторождения. Уменьшение мощности происходит в ападном и северо-западном направлениях.

Пласт A'/B ("синяя плиза") представлен голубовато-серым крепким керогенистым известковым мергелем. Мощность пласта в среднем 12-15 см. Границы его в большинстве случаев ясные, ровные или слегка волнистые. В верхней части пласта встречается равномерно распределенная примесь керогена, а ниже - в виде расплывчатых пятен. Мергель характеризуется довольно редким содержанием мелкого детрита брахиопод, криноидей, остракод, трилобитов и др. Во всем объеме пласта встречаются ходы илоедов.

Такой характер свойствен пласти на всей территории Ленинградского и Эстонского месторождений и в западных районах распространения пласта почти до выклинивания его на линии г. Таллин - пос. Кохила.

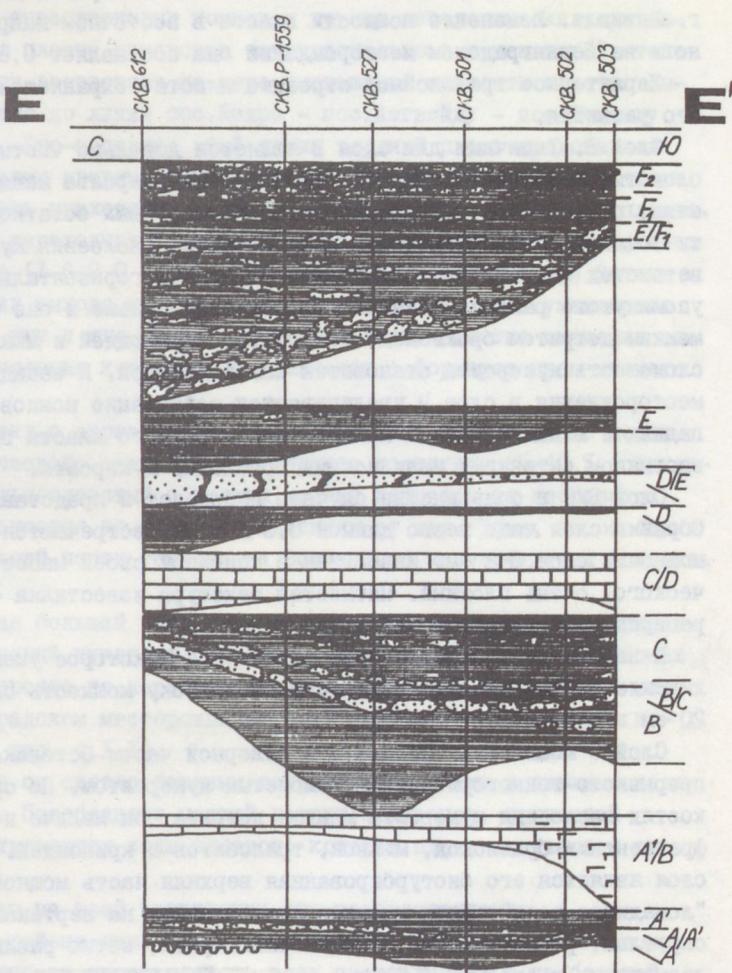


Рис. 4.3.2. Субмеридиональный разрез E-E' промпачки A-F2. Усл. обозн. см. рис. 4.3.1.

Изменения в вещественном составе наблюдаются в полосе, протягивающейся от северо-западного берега Чудского озера до пос. Кохила, где он представлен темно-серым глинистым мергелем, содержащим местами небольшие комки глинистого известняка.

Мощность пласта в пределах Ленинградского и Эстонского месторождений колеблется от 15 до 20 см, уменьшаясь в северной части последнего до 10 см. К западу мощность пласта постепенно уменьшается до полного его выклинивания.

Средний пласт кукерсита в своем самом представительном виде развит в северной части Эстонского месторождения. Здесь он однозначно расчленяется на три слоя (B, B/C и C) и имеет максимальную мощность (до 1,4 м). Западнее, южнее и восточнее этого района с постепенным уменьшением мощности пласт сохраняет свои характерные признаки на обширной территории; изменения в строении пласта довольно плавные и постепенные.

Более заметное уменьшение мощности пласта происходит к западу и к юго-западу от г. Кивиэли. Изменение мощности пласта в восточном направлении происходит более плавно и на Ленинградском месторождении она составляет 0,6-0,7 м.

Характерное трехслойное строение пласта сохраняется на большей части территории его развития.

Слой В. Типичным для слоя В является довольно чистый бурый тонко-горизонтально-слоистый кукарсит. Характер слоистости кукарсита меняется в зависимости от количества, размерности и видового состава скелетных остатков организмов. В северной части Эстонского месторождения на плоскостях наслойния кукарсита преобладают остатки ветвистых мшанок, что обуславливает четкую горизонтальную слоистость. За пределами упомянутого района органических остатков меньше и они представлены преимущественно мелким детритом брахиопод, трилобитов, криноидей и мшанок. В зависимости от этого слоистость кукарсита становится более неясной. К западу и юго-западу от Эстонского месторождения в слое В увеличивается содержание комков известняка, а в крайних западных и южных разрезах нижняя часть среднего пласта представлена керогеновым известняком с тонкими извилистыми прослойками кукарсита.

Слой В/С в большинстве случаев прерывист и представлен керогеновым известняком. Обрывки слоя чаще всего длиной 0,3-2 м, но встречаются и более длинные. Средняя мощность слоя 5-8 см. Известняк в основной своей массе от микро- до мелкокристаллического, очень плотный. Пятнистая текстура известняка обусловлена неравномерным распределением мелкого детрита.

К западу от г. Кохтла-Ярве отмечается некоторое уменьшение мощности слоя и увеличение количества ходов илоедов. К востоку мощность слоя увеличивается местами до 20 см и более.

Слой С мощностью 0,3-0,4 м в северной части Эстонского месторождения представлен прерывисто-тонкогоризонтально-слоистым кукарситом. По сравнению со слоем В, на плоскостях наслойния кукарсита меньше детрита, он мельче и представлен главным образом фрагментами брахиопод, мшанок, трилобитов и криноидей. Характерной особенностью для слоя является его биотурбированная верхняя часть мощностью 5-15 см - так называемая "лошадиная кожа". Ходы илоедов представлены на вертикальном срезе породы в виде округлых, реже овальных, слегка сплюснутых, четко различаемых карбонатных пятен диаметром в среднем 4-6 мм.

В слое С обычно прослеживаются два прослоя комковатого керогенового известняка, сходных с известняком слоя В/С.

Во всех направлениях от северной части Эстонского месторождения изменения в слое С зафиксированы по мощности, содержанию известняковых комков и интенсивности биотурбации. Изменение мощности слоев С и В аналогичны: более быстрое уменьшение наблюдается в западном и юго-западном направлениях. К западу увеличивается и относительное содержание известняковых комков.

Пласт С/Д ("двойная плита") в пределах Эстонского месторождения имеет относительно постоянную мощность 20-25 см, ровные и четкие границы напластования и выдержанное строение. Сложен он голубовато-серым глинистым известняком с редким мелким детритом и ходами илоедов. Верхняя и нижняя части пласта содержат в небольшом количестве кероген, наличие которого преимущественно связано с ходами илоедов.

К западу от центральной части Эстонского месторождения мощность пласта медленно уменьшается, а к северо-западу, востоку и югу она постепенно увеличивается до 30 см.

Пласт везде сохраняет свои типичные признаки с небольшими вариациями в вещественном составе и в количестве ходов илоедов.

Верхний пласт кукарсита состоит из 5 слоев кукарсита (D, E, E/F<sub>1</sub>, F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>) и слоя известняка D/E. Все слои кукарсита содержат в большем или меньшем количестве известняковые комки. Из-за отсутствия отчетливых границ между слоями, незначи-

тельных различий в количестве известняковых комков и других литологических признаков, выделение слоев в верхнем пласте кукарсита затруднительно и в некоторой степени оно условно. Доля условности возрастает по мере уменьшения мощности пласта. Выделение отдельных слоев возможно до линии пос. Кехра - пос. Аэгвийду - пос. Тамсалу - северный берег Чудского озера. Юго-западнее этой линии верхний пласт представлен керогеновым известняком с тонкими прерывистыми прослойками кукарсита и керогенистого мергеля. На долю кукарсита здесь приходится примерно 20-25 % от всего объема пласта. Верхняя граница пласта обычно переходная и зафиксирована по исчезновению кукарсита.

Мощность пласта максимальна (1,6-2,0 м) в узкой полосе в западной части Эстонского месторождения вдоль линии выхода кукурузеского горизонта. Быстрое уменьшение мощности пласта наблюдается к югу и юго-западу от этой полосы. Заметно смещение зоны максимального кукарситонакопления к западу по сравнению с формированием нижнего и среднего пластов.

Слой D наиболее полно развит в окрестностях дер. Убья, где его мощность достигает 30 см. Содержание органического вещества в кукарсите достигает 35-40 %. Кукарсит прерывисто-тонкогоризонтальнослойистый с редким мелким детритом на плоскостях наслойения. Мощность слоя уменьшается во всех направлениях от дер. Убья, но особенно быстро к западу и югу. На большей части территории Эстонского месторождения мощность слоя в среднем 5-7 см.

Литологический облик слоя на большей части его распространения довольно постоянный - это кукарсит или известковый кукарсит с редким детритом. В восточных районах уменьшается карбонатность кукарсита до перехода его в керогеновый известковый мергель, в связи с чем на Ленинградском месторождении слой причисляется к пласту известняка "двойная плита" (см. рис. 4.1.1).

Слой D/E прерывист. Сложен он светло-бежевым детритовым крепким и плотным керогеновым глинистым известняком. Преобладает мелкий детрит брахиопод, криноидей и моллюсков. По всему слою встречаются ходы илоедов, которые плохо отличаются от общей массы породы.

Такой характер слоя выдержан на всей территории его распространения.

Мощность слоя наибольшая в районе дер. Убья - г. Кивиэли, где она достигает максимально 20 см. Уменьшение мощности происходит во всех направлениях и на большей части территории распространения слоя она в среднем 5-8 см.

Слой E сложен коричневым с красноватым оттенком кукарситом, содержащим органического вещества 50-55 %. Текстура кукарсита неясно-горизонтальнослойистая или слоеватая. Детрита в кукарсите мало и он мелкий. Комки известняка встречаются единично, чаще в верхней части слоя.

Литологический облик слоя постоянный на большей части Прибалтийского сланцевого бассейна. Увеличение содержания известняковых комков в нем наблюдается в южной части Эстонского месторождения.

Мощности слоя свыше 30 см характерны для северной части Эстонского месторождения. К западу и юго-западу мощность слоя быстро уменьшается до выклинивания его на линии пос. Кехра - пос. Тамсалу. К югу и востоку уменьшение мощности постепенное и на Ленинградском месторождении она составляет в среднем 20 см.

Выделение отдельных слоев в верхнем пласте выше слоя E проводится, главным образом, по количеству, внешнему облику и характеру распределения известняковых комков. На Эстонском месторождении выделяются слои E/F<sub>1</sub>, F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub>.

Слой E/F<sub>1</sub> ("чертова кожа") характеризуется тесным прорастанием кукарсита и керогенового известняка. Известняк имеет форму неправильно сросшихся комков с неровной бугорчатой поверхностью. Известняк детритовый, местами биоморфный. Кукарсит, вмещающий известняк, похож на кукарсит слоя E.

Литологический облик слоя выдержан на всей территории его развития. Мощность слоя колеблется на территории Эстонского месторождения в пределах 15-30 см, уменьшаясь к востоку и западу до 5-10 см.

Слой  $F_1$  отличается от ниже- и вышележащих слоев меньшим содержанием известняковых комков, образующих на большей или меньшей площади выдержаные уровни. В типичных разрезах на действующих шахтах Эстонского месторождения, при мощности слоя 40-50 см, таких уровней обычно 3-4.

Наибольшие мощности слоя (около 70 см) известны в окрестностях дер. Убья. Вместе с увеличением мощности слоя увеличивается и число уровней известняковых комков.

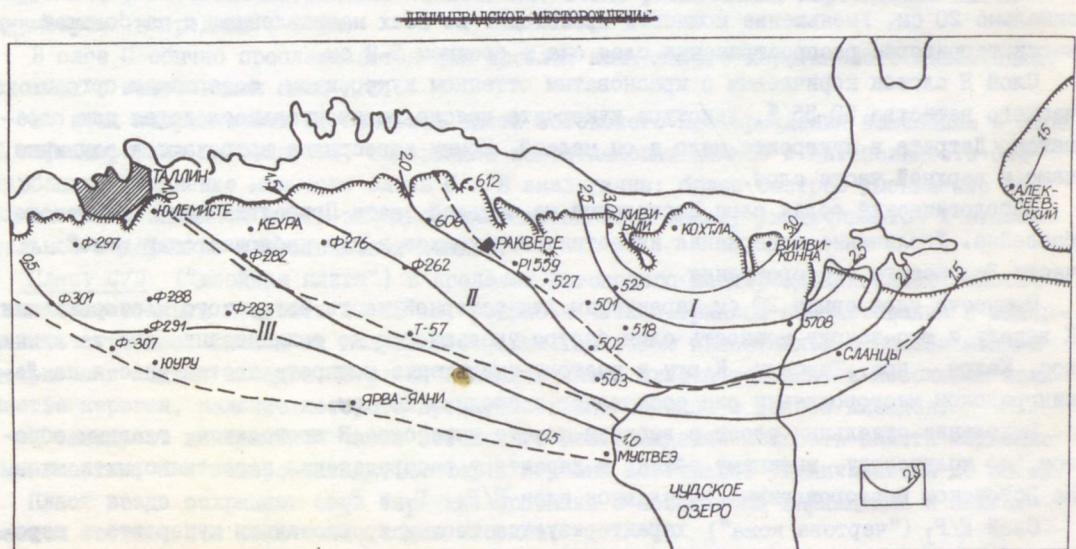
Слой  $F_1$  прослеживается в западном и южном направлениях до линии г. Тала - северный берег Чудского озера. Его продолжение дальше можно предполагать в составе не-расчлененного верхнего пласта.

Слой  $F_2$ . Граница между слоями  $F_1$  и  $F_2$  условная. Кукерсит слоя  $F_2$  в разной степени глинистый. Количество известняковых комков в слое  $F_2$  по сравнению со слоем  $F_1$  больше, но размер их меньше. Глинистость в кукерсите увеличивается от действующих шахт Эстонского месторождения в южном и юго-восточном направлениях. Мощность слоя в пределах Эстонского месторождения в большинстве случаев 20-25 см.

#### 4.4. О фациальной зональности промышленной пачки

Слои кукерсита А- $F_2$  промышленного значения прослеживаются в широтном направлении на 200 км от г. Тала в Эстонии до ст. Веймарн в Ленинградской области, а в меридиональном направлении максимально на 25-40 км от г. Кохтла-Ярве до широты северного побережья Чудского озера. Наличие керогена в низах кукрузеского горизонта прослеживается и далеко за пределами этой территории, в частности тонкие самостоятельные слои кукерсита известны до линии дер. Вихтерпалу - пос. Юру - пос. Ярва-Яани - дер. Кярде - пос. Калласте.

По стратиграфической полноте разреза сланценасыщенности и другим литологическим особенностям на площади развития промышленной пачки можно выделить 3 фациальные зоны (рис. 4.4.1).



I зона охватывает большую часть территории Эстонского и Ленинградского месторождений примерно от г. Раквере на западе до пос. Алексеевский на востоке (около 150 км), с юга она ограничивается северным берегом Чудского озера (ширина зоны до 40 км). Мощность промышленной пачки уменьшается от 3,3 м в центре до 1,5-2 м у внешней границы зоны. В этой зоне пачка характеризуется наибольшей стратиграфической полнотой разреза. Изменения в мощности, строении и вещественном составе пластов кукараита плавные и закономерные. Мощность пластов кукараита уменьшается от центра бассейна в районе г. Кохтла-Яре во всех направлениях (на запад, юг и восток). Постепенное уменьшение мощности пластов сопровождается плавным изменением внутреннего их строения, распределениями известняковых комков и вещественного состава самого кукараита в последних. Из частных изменений следует прежде всего отметить следующие:

- 1) к востоку и югу увеличивается глинистость кукараита, к западу - содержание карбонатного материала;
- 2) изменяется грунтовой состав, количество и размерность дегрита (слой В);
- 3) в южном направлении увеличивается количество известняковых комков в низах верхнего пласта (слой Е), что затрудняет выделение отдельных слоев в нем.

I зона включает промышленную и перспективную части площади развития залежи А-Г<sub>2</sub>.

II фациальная зона окаймляет I зону на территории Эстонии с юго-запада и она прослеживается примерно до линии г. Таллин - пос. Тамсалу - северо-западный берег Чудского озера. Ширина зоны 25-40 км в южной и 80-100 км в северной ее части. Общая тенденция изменений в этой зоне - продолжающееся уменьшение мощности пластов и увеличение относительного содержания карбонатных комков в пластах кукараита. Карбонатные комки составляют примерно 50 % от объема пластов кукараита. Отдельные слои промышленной пачки (D, D/E, E) в этой зоне полностью выклиниваются. Мощность промышленной пачки 1,0-2,0 м.

III фациальная зона на территории Эстонии окаймляет II зону с запада и юга. Условный внешний контур ее проходит по линии дер. Вихтерпалу - пос. Йуру - пос. Ярва-Яани - г. Муствеэ. Ширина зоны в северной части около 50 км, уменьшается к юго-востоку до 25-30 км. Зона характеризуется значительной стратиграфической неполнотой разреза промышленной пачки и дальнейшим увеличением доли карбонатных пород в разрезе. Пласти кукараита насыщены карбонатными комками и к периферии зоны они замещаются керогеновым известняком, содержащим тонкие извилистые прослои и примазки кукараита. Мощность пачки 0,3-1,0 м. Механизм выклинивания и фациального изменения промышленной пачки, однако, требует дальнейшего изучения.

## 5. ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ КУКЕРСИТОВ

### 5.1. Развитие кукерситонакопления в ранневирусное время ( $C_1b - C_{III}$ )

В настоящем разделе попытаемся рассмотреть закономерности кукерситонакопления на фоне общего развития седиментации в ранневирусное время ( $C_1b - C_{III}$ ) в пределах сравнительно хорошо изученной северной (Эстонской, по Р.Мяннилю, 1966) фациальной зоны (Северная Эстония, запад Ленинградской области) ордовикового Балтийского бассейна. Рассматриваемый район полностью охватывает Прибалтийский бассейн горючих сланцев, включая также его западные и южные периферические непромышленные районы. Восточная периферическая часть бассейна остается пока относительно слабо изученной из-за недостаточности фактического материала.

При рассмотрении вопросов кукерситонакопления будем прежде всего пользоваться Тамсалуским опорным меридиональным (удлиненным к югу до скв. Лаэва-13) и широтным профилями, построенными по семи стратиграфическим интервалам, соответствующим местным стратиграфическим подразделениям (свитам, пачкам) или их совокупностям, и в той или другой мере отражающим последовательные этапы сланценакопления. Рассмотрение расположения кукерситовых слоев относительно вмещающих литофаций по этапам развития осадконакопления раскрывает закономерности в седиментационной ситуации кукерсита, как уникального типа породы и полезного ископаемого.

Прежде чем перейти к рассмотрению нижневирусского материала, отметим, что кероген кукерсита вообще присутствует в Северной Эстонии почти во всех горизонтах ордовика, начиная по меньшей мере с кундаского (см. Пылма, 1982). С точки зрения ранневирусского накопления особый интерес представляют его проявления в верхах нижнего - низах среднего ордовика, по имеющимся данным без исключения связанные с северо-западными районами Эстонии. Особое значение при этом приобретает обильное присутствие керогена кукерсита в известково-песчанистой пакристкой свите (суурупская пачка, средний подгоризонт кундаского горизонта), развитой только на крайнем северо-западе Эстонии и образованной в весьма мелководной зоне, отгороженной от основной "нормальной" части ареала карбонатного осадконакопления очевидным седиментационным барьером (Орвику, 1960, с. 69; Мянниль, 1966, рис. 53). В кундаских отложениях, образовавшихся за этим барьером, кероген кукерсита не известен.

В ласнамягском горизонте ( $C_1b$ ) кероген кукерсита авторами данной работы обнаружен в керне скв. Палукюла-15 (север о. Хийумаа); проявление приурочено к нижней, наиболее глинистой части разреза горизонта. Это проявление рассеянного керогена кукерсита относится уже к первой половине интервала времени, отложения которого (вяоская свита; ласнамягский горизонт и нижнеухакуский подгоризонт) изображены в приведенных профилях (рис. 5.1.1, 5.1.2). Со второй половины этого времени известны аналогичные кукерситопроявления, приуроченные к определенным частям нижнеухакуского разреза, причем все они еще строго связаны с северо-западом Эстонии. В одном случае (скв. Куйне, самые верхи вяоской свиты) кероген обнаружен в виде заполнителя субвертикальных ходов илседов - указатель о присутствии обогащенного керогеном слоя осадка, в ископаемом виде не сохранившегося. Далее рассмотрение кукерситонакопления будет вестись на основе разрезов и схем (рис. 5.1.1).

Время образования ласнамягско-раннеухакуских отложений ( $C_1b+C_1^1$ ) характеризуется в ранневирусском бассейне карбонатной седиментации исключительно однообразными условиями, о чем говорят однородный состав дегритистых известняков и их выдержанная мощность (7-10 м). На юго-востоке территории Эстонии вместо дегритистых накапливались глинисто-карбонатные (кальциолитовые) или, свойственные центральным районам седиментационного бассейна. По периферии этих районов в первой половине времени образовались местами солитовые осадки.

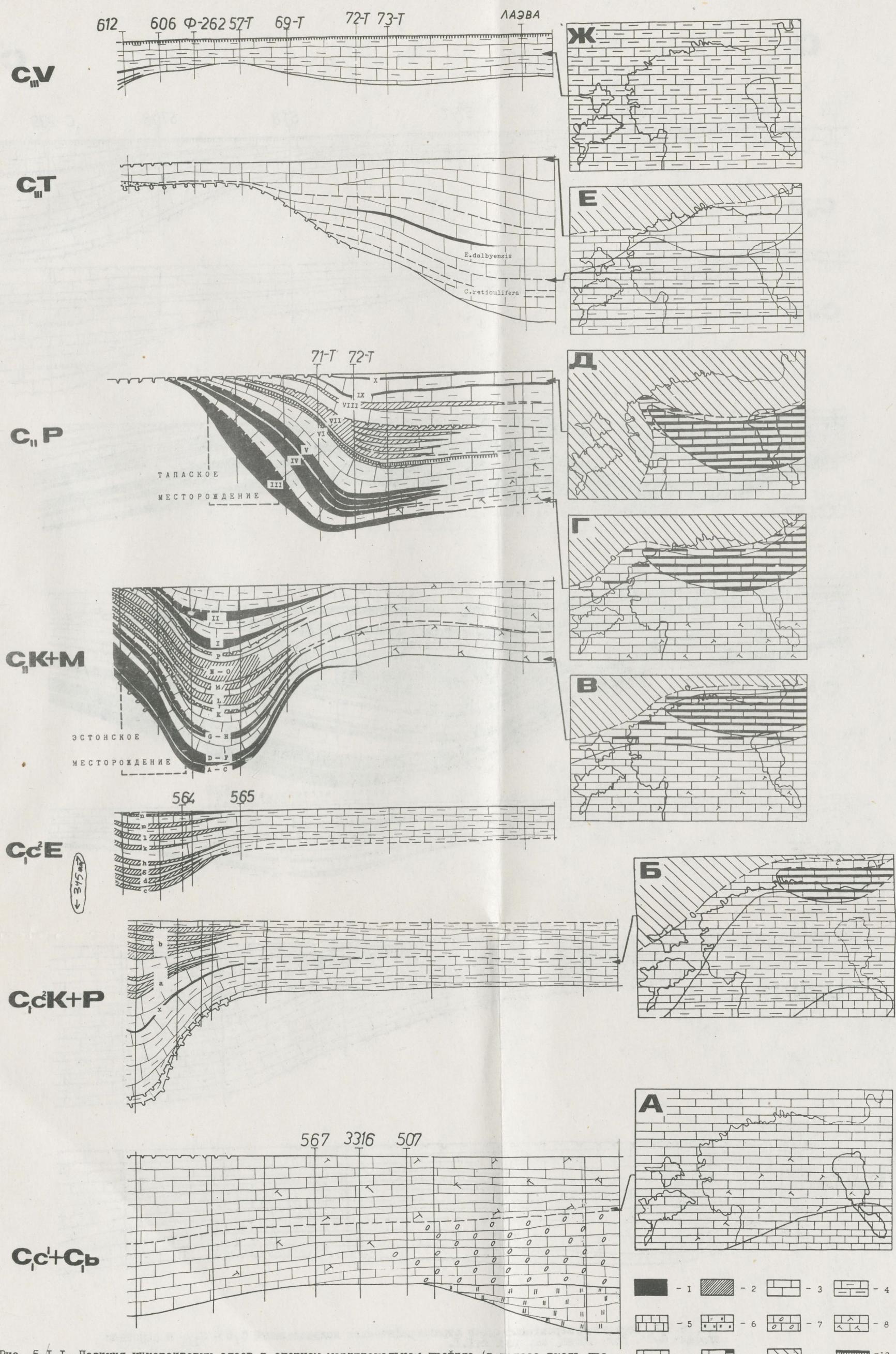


Рис. 5.Г.1. Позиция кукарситовых слоев в опорном меридиональном профиле (в полосе вдоль профиля А-А<sup>1</sup>) стратиграфических подразделений С<sub>1</sub> – С<sub>11</sub> (слева) и литологические схемы отдельных моментов истории кукарситонакопления в ранневилюкское время (справа) I-2 – слои кукарсита относительно богатого (1) и относительно бедного (2) керогеном, 3-8 – известняки: относительно чистые (4), афанитовые (5), пестроцветные (6), с оoidsами (7), с пиритизированным детритом (8), 9-10 – распространение кукарсита (9) и керогеновых и керогенистых пород (10), II – отсутствие седиментации (твердое известняковое дно), 12 – слой метабентонита, 13 – поверхность перерыва. Объяснения к литологическим схемам А-Ж см. в тексте.

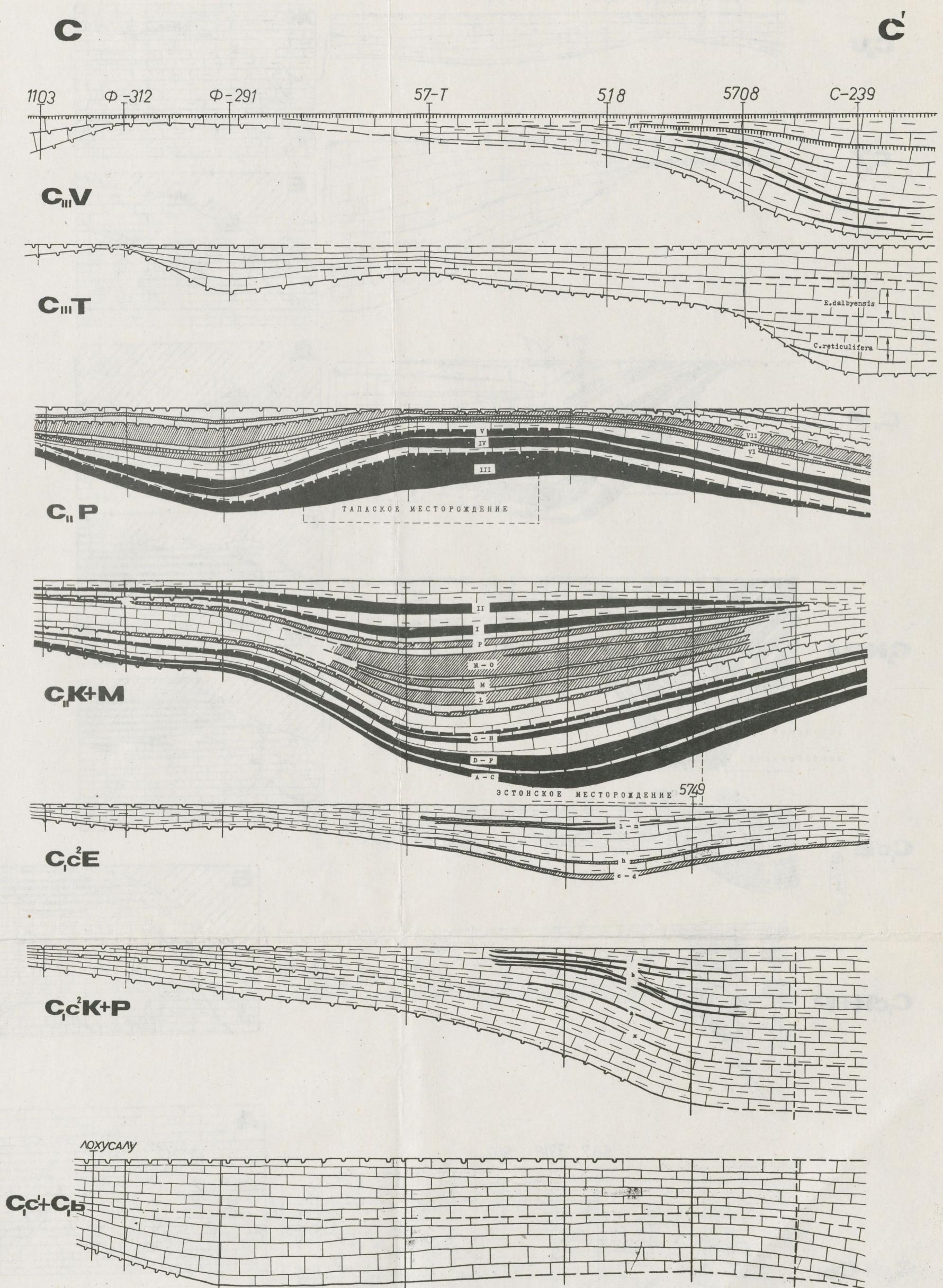


Рис. 5.1.2. Позиция кукурузитовых слоев стратиграфических подразделений C<sub>I</sub>b – C<sub>III</sub> в широтном профиле C-C'. Усл. обозн. см. рис. 5.1.1.

На границе раннего и позднего ухакусского времени условия осадконакопления заметно изменились в сторону их площадной дифференциации и увеличения поступления тонкого терригенного материала. Этим, по-видимому, были созданы предпосылки для образования крупных залежей кукарсита на северо-востоке Эстонии. Началось это, однако, вероятно не с самого начала позднеухакусского времени, о чем говорят еще относительно одинаковые мощности отложений кольяласской пачки ( $C_1c^2K$ ), наблюдаемые по широтному профилю (рис. 5.1.2 нижняя часть профиля К+Р до уровня первого кукарситового слоя  $x_1$ ). Однако уже за это время на крайнем севере у современного эрозионного среза отложений (район скв. Татрузе) образовались осадки, по мощности в два раза превышающие одновозрастные образования на обширной территории Средней Эстонии и в четыре раза – на западе (скв. Вихтерпалау).

В пяртиоргское время ( $C_1c^2P$ ) дифференциация углублялась, в результате чего соотношение мощностей между указанными выше районами вместо 4:2:1 (кольяласское время) выражается уже цифрами 13:2, 5:1. За это время образовались первые группы кукарситовых пластов  $a_1 \dots a_4$  и  $b_1 \dots b_5$ , развитых только у эрозионной линии и к югу быстро исчезающих. Это наиболее глинистые из всех известных нам кукарситовых пластов, и можно предполагать, что они представляют собой периферийные части залежей, центры максимального накопления керогена которых располагались севернее границы современного распространения отложений. На северо-западе рассматриваемой территории можно по аналогии с азерским ( $C_1a$ ) и последующими временами предполагать о существовании области нулевой седиментации в виде твердого каменного дна, ограниченного с юго-востока зоной развития маломощных слабоглинистых карбонатных отложений, вскрытых бурением на островах и на крайнем северо-западе материковой части Эстонии.

Кукарситы эрраской пачки ( $C_1c^2E$ ), по сравнению с нижележащими проявлениями, более богаты керогеном и развиты на большей территории, что отражается также на широтном разрезе (рис. 5.1.2). Вмещающие их отложения включают маркирующие слои более чистых известняков с сифониковыми водорослями; развиты пиритизированные поверхности перерыва. По-видимому, породы данной пачки образовались в несколько более мелководных условиях, чем отложения пяртиоргской пачки, приближаясь в этом отношении к вышележащим слоям сланценосной толщи.

Кукарситы и вмещающие их известняки кивиылской пачки ( $C_{II}K$ ) так же, как и породы майдласской пачки ( $C_{II}M$ ), пользуются наибольшей выдержанностью, что особенно наглядно видно на широтном профиле (рис. 5.1.2). Район интенсивного сланценакопления и одновременно развития максимальных мощностей располагается уже в пределах современного распространения отложений – вблизи, но южнее эрозионной линии (рис. 5.1.1). По кивиылским отложениям при этом уже наблюдается некоторое уменьшение мощностей слоев в северном направлении, а по майдласским – уже и полное их генетическое выклинивание под вышележащим идавереским горизонтом (кукарситовые пласти Р, I и II и вмещающие их известняки). Постоянная в отношении позднеухакусского-раннеидавереского времени область нулевой седиментации, которая в кивиылское время охватывала лишь территорию современного Финского залива (рис. 5.1.1, В), в майдласское время распространялась и на крайний север Эстонии (рис. 5.1.1, Г).

Для кивиылско-майдласских отложений характерно уже широкое развитие так называемого розового керогенсодержащего известняка, теснейшим образом парагенетически связанныго с кукарситом. Розовый известняк образует прослойки (также линзы и комки) внутри кукарситовых пластов, зачастую их кровлю, а также замещает кукарситовые слои по площади (рис. 5.1.1, В, Г). Пиритизированные поверхности перерыва, исходящие с поверхности "постоянной" нулевой седиментации на севере и на определенных стратиграфических уровнях, прослеживаемых далеко на юг, обычно свя-

заны с кровлей кукарситовых пластов, точнее с верхней поверхностью входящего в их состав розового известняка (рис. 5.1.1, пласти Н, К, Р, П, Ш, УП и др.). Такие поверхности свидетельствуют о кратковременных фазах прекращения седиментации на значительно больших территориях, чем ареал "постоянной" нулевой седиментации, но в конце таких фаз осадконакопление с удивительным постоянством возобновлялось практически в прежних пределах.

Южная граница ареала постоянной нулевой седиментации при этом, по меньшей мере с начала майдлласского времени, а вероятно еще с пяртиоргского до самого конца кукурузеского времени, удивительно постепенно передвигалась к югу, пока не достигла примерно широты скв. Койги-72Т. Заслуживает внимания, что за период регрессивного отступания северной границы ареала "постоянной" седиментации, прослеживаемого по появлению в разрезе все более и более молодых слоев на протяжении около 70 км с севера на юг, в районе скв. Койги образовались отложения современной суммарной мощностью около 14 м.

Меридиональный профиль по пеэтристской пачке ( $C_{II}P$ ) наилучшим образом показывает позицию кукарситовых слоев как в отношении вмещающих отложений, так и общей обстановки осадконакопления. К северу слои генетически выклиниваются, а к югу от зоны выклинивания (граница ареала нулевой седиментации) они в начале на коротком расстоянии достигают своего максимального развития, а затем более или менее постепенно убывают в мощности и исчезают, переходя в однородную карбонатную литофацию.

Зона максимальных мощностей отложений, в общем хорошо совпадающая с зоной максимального кукарситонакопления по всем сланценосным пачкам, начиная с пяртиоргской ( $C_I C^2 P$ ) и кончая пеэтристской ( $C_{II}P$ ), имеет, по-видимому, по данному профилю принципиально одинаковый характер и однозначно говорит о том, что основное кукарситонакопление тесно примыкало к границе постоянной области нулевой седиментации и было с ней, очевидно, генетически связано.

По профилям четко видно, что зона максимальных мощностей и кукарситонакопления с течением времени постепенно мигрировала с севера на юг по мере расширения на севере области нулевой седиментации и регрессивного отступления границы ареала осадконакопления. Присутствие поверхности перерыва в кровле кукарситового пласта Х в скв. Койги-72Т и отсутствие там слоев, условно относимых (по скв. Лазва-13) уже к самым низам вышележащего идавереского горизонта, позволяет заключить, что указанный общий регрессивный процесс на границе кукурузеского и идавереского времени достиг на юге по меньшей мере широты скв. Койги, т.е. охватил практически всю территорию сланцевого бассейна. Осадконакопление в это время продолжалось, по-видимому, только в средних и южных районах Эстонии (рис. 5.1.1, Д, Ж).

Меридиональный профиль раннеидавереских (таттузеских) отложений ( $C_{III}T$ ) принципиально отличается от таковых нижележащих, собственно сланценосной толщи. Наиболее древние идавереские слои (1,6 м), залегающие ниже зоны *Cyathochitina aff. reticulifera*, обнаружены только на самом юге данного профиля. Слои с *C. aff. reticulifera* (0,5 м) составляют основание идавереского горизонта на широте скважины Койги, а вышележащие слои, залегающие в скв. Лазва-13 в интервале 3,0-4,5 м от основания горизонта, не протягиваются севернее широты скв. Ярва-Яани. Лишь слои, относящиеся к верхней части зоны *Eremochitina dalbyensis*, составляют основание горизонта на севере (район г. Кивиыли).

Таким образом, основание идавереского горизонта по меридиональному профилю разновозрастное, и в северном направлении, в противоположность кровле кукурузеского горизонта, "омолаживается".

Итак, в течение раннеидавереского времени происходило трансгрессивное расширение ареала седиментации, в результате чего к концу этого времени была восстановлена си-

туация осадконакопления, в площадном отношении близкая к ситуации самого начала кукрузского времени (рис. 5.1.1, В и Ж).

Профили по верхнеидавереским (вазавереским) отложениям ( $C_{III}^V$ ) отличаются от предыдущих общей выдержанностью слоев и отсутствием признаков их выклинивания на севере, вблизи эрозионной линии. В этом отношении они говорят о седиментационной ситуации (рис. 5.1.1, Е), напоминающей ситуацию ласнамягского времени (рис. 5.1.1, А). С другой стороны, однако, вазавереские отложения сходны по повышенной глинистости и распределению мощностей с позднеухакускими. Это сходство подчеркивается присутствием тонких слоев кукерситов в вазавереских отложениях, развитых в крайних северо-восточных районах Эстонии и в Ленинградской области.

Из вышеизложенного следует, что стратиграфический интервал  $C_{Ic^2} - C_{II}$  в районе основного сланценакопления характеризуется общей регressiveвой, а вышележащая идавереская толща - трансгрессивной последовательностью залегания отложений.

Выклинивание слоев, в том числе кукерситовых пластов к северу (и западу) связано с поверхностями перерыва ареала нулевой седиментации. К югу от этого ареала по всем сторонам и слоям прослеживаются зоны (а) увеличения их мощностей, (б) максимальной мощности и (в) постепенного уменьшения мощности (и одновременно содержания керогена).

Однонаправленные литологические изменения имеют место в последовательности от зоны (а) до зоны (в), в слоях кукерсита обычно отражающиеся в повышении содержания керогена от (а) до (б) и далее в постепенном фациальном замещении кукерсита безкерогеновой породой в пределах зоны (в); в таком же направлении изменяется генетический характер карбонатного компонента, количество и соотношение разных групп дентрита и т.д. и, незначительно, соотношение карбонатного и терригенного составляющих кукерсита.

В профиле вдоль фациальной зональности (с запада на восток) устанавливается закономерная, очень постоянная тенденция сначала повышения и затем понижения содержания керогена и повышения содержания терригенного компонента (на фоне постоянной мощности конкретных слоев).

Поразительная выдержанность во времени в течение позднеухакуского и кукрузского времени (т.е. порядка 3-4 млн. лет) таких однотипных закономерностей и тенденций, как: а) близкие контуры области "постоянной" нулевой седиментации на момент начала образования очередных кукерситовых слоев, б) расширение ареала нулевой седиментации (отступление зоны седиментации), заканчивающееся прекращением кукерситонакопления (что отражается в поверхностях перерыва в кровле сланцевых слоев), в) идеально закономерное в количественном отношении распределение органического вещества, а также соотношений карбонатного и терригенного компонентов в пределах определенных, даже тончайших слоев на громадных территориях, г) многократные резкие изменения от интенсивного возобновления до полного прекращения керогенонакопления во времени при одновременном изменении соотношений седиментации карбонатного и терригенного компонентов, д) сохранение (неразрушение) раз уже сформировавшихся слоев в широком ареале, в том числе также под поверхностями перерыва.

В свете всего изложенного регressiveвное отступление зон максимальной мощности и вообще всех зон седиментации в течение  $C_{Ic^2} - C_{II}$  может быть воспринято как эффект от последовательной компенсации краевой зоны седиментационной ванны осадками. При этом местоположение и временные расширения области нулевой седиментации вероятно контролировались совместно глубиной (колебаниями уровня) и гидродинамическими факторами в бассейне.

На основании четкой пространственной связи кукерситонакопления с зоной нулевой седиментации (каменного морского дна) представляется возможным допустить, что продукция исходного водорослевого органического вещества кукерсита происходила, возможно, в указанной зоне каменного морского дна, откуда оно периодически поступало

в отложения прилегающего бассейна с течениями постоянного юго-восточного направления. Это согласуется с ранее высказанный исследователями (Залесский, 1917; Бауков, 1973 и др.) идеей о возможно аллохтонной природе органического вещества кукарсита.

Механизм прерывистости кукарситонакопления остается пока неясным, но может в общем объясняться пульсацией поступления органического вещества (в частности, прекращением производства его в эпохи максимальной регрессии). Все сказанное не попадает в противоречие с известными положениями о нормально-морском режиме и о богатой органической жизни в бассейне кукарситонакопления, а также об инертном в отношении кислородного режима (в воде и осадках) поведении органического вещества (керогена).

## 5.2. О палеогеографической обстановке кукарситонакопления

Кукарситопроявления или по меньшей мере находки рассеянного керогена кукарситового типа установлены в стратиграфическом интервале от кундаского горизонта ( $B_{III}$ , нижний ордовик) до поркуниского горизонта ( $F_{II}$ , верхний ордовик) (Пылма, 1982; рис. 5.2.1). Максимальные и в объемном отношении резко преобладающие скопления кукарсита связаны с верхней частью ухакуского и кукурузеского горизонтами среднего ордовика – с собственно кукарситоносной толщей, в которой насчитывается свыше 40 отдельных керогеноносных слоев. Географически кукарситоносность этой толщи ограничивается Северной Прибалтикой (включая запад Ленинградской области). Отдельной площадью выделяется Чудовский сланценосный район (в 100 км на юго-восток от Ленинграда), где кукарситовые слои приурочены к кейласскому горизонту ( $D_{II}$ ) среднего ордовика. Однако ресурсы сланцев этого района по сравнению с вышеописанными тремя месторождениями Северной Прибалтики невелики (см. гл. 7).

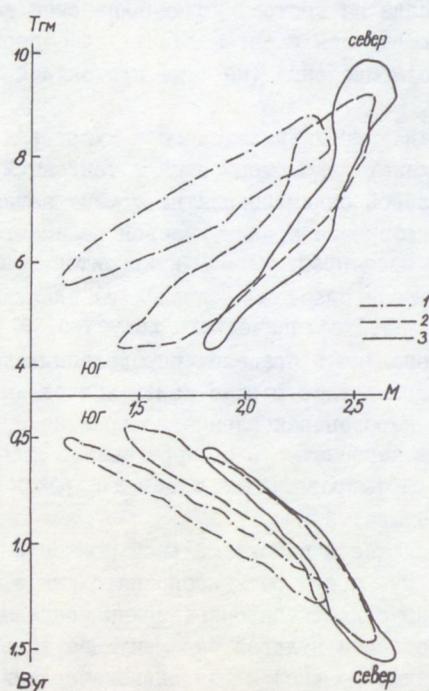


Рис. 5.2.1. Распределение керогенов и битумов в послетремадокских ордовикских отложениях Северной и Средней Прибалтики (Пылма, 1983).  
1 – кероген кукарсита, 2 – кероген черных аргиллитов, 3 – нефтяные битумы.

Палеогеографическая позиция кукарситонакопления в пределах ордовикского нормально-морского эпиконтинентального моря (Балтийского седиментационного бассейна) иллюстрируется рисунком 5.2.2.

Согласно имеющимся данным площадь накопления кукарситовых илов приурочена к северной краевой (Эстонской) фациальной зоне проливообразной части данного седиментационного бассейна, соединявшей глубоководное внеплатформенное море на западе и юго-западе и внутриматериковый бассейн погружавшейся Московской синеклизы на востоке. Площадь максимального кукарситонакопления тесно прилегала к низкой Финской суще на севере, а с запада ограничивалась относительно мелководной частью бассейна над Готландским поднятием. Площадь рассеянного кукарситового керогена опоясывает описанную зону максимального кукарситонакопления с юга, запада и обширным шлейфом распространяется в восточном направлении на территорию Ленинградской, Новгородской и Псковской областей. Вся эта зона кукарситонакопления располагалась севернее оси этой проливообразной части Балтийского бассейна.

53

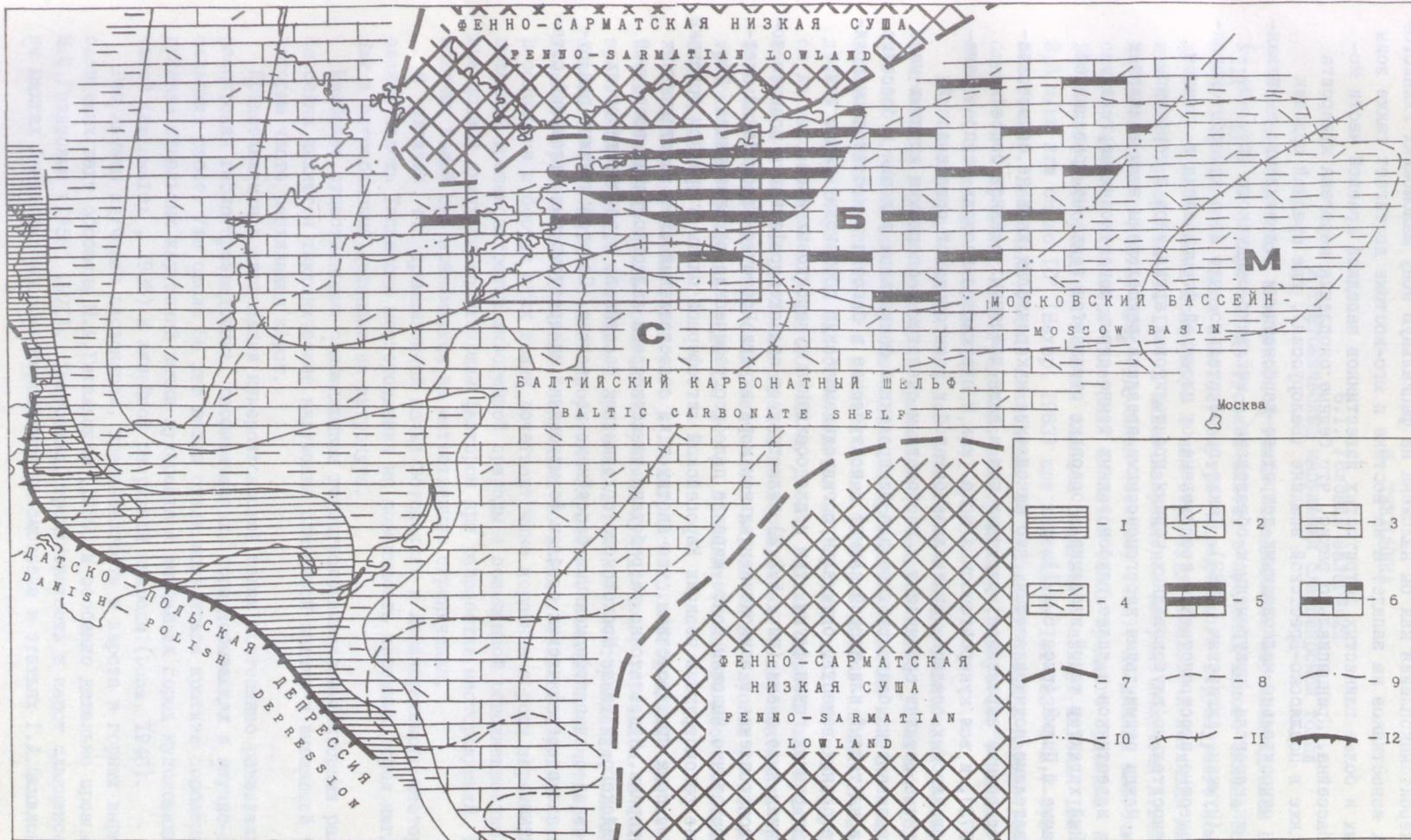
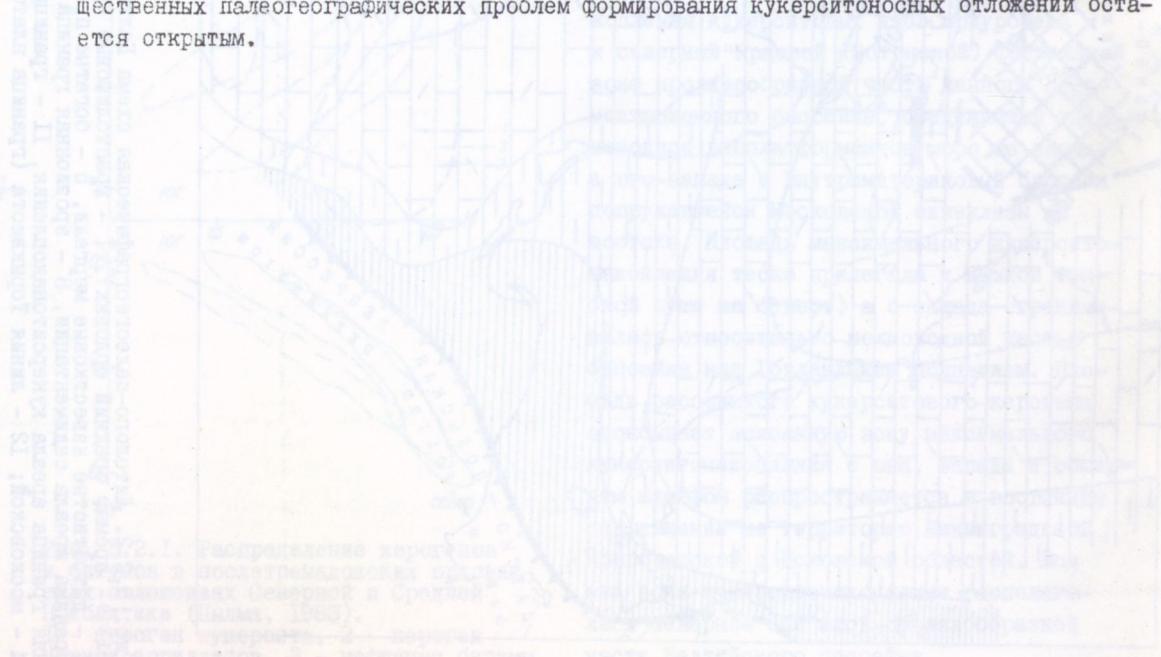


Рис. 5.2.2. Литолого-палеогеографическая схема Балтийского бассейна в главную эпоху кукерситонакопления (*Nemograpthus gracilis* - время, средний ордовик). 1 - грантолитовые аргиллиты, 2 - глинистые детритистые известняки, 3 - известковые мергели, 4 - детритистые известковые мергели, 5 - богатые проявления кукерсита, 6 - бедные проявления кукерсита, 7 - предполагаемая граница ареала седиментации, 8 - эрозионная граница отложений, 9 - граница зоны максимального кукерситонакопления, 10 - внешняя граница ареала кукерситонакопления, II - граница распространения фаун: С - скандинавской, Б - восточно-балтийской, М - московской; 12 - линия Торнквиста (граница платформы).

Зона кукерситонакопления как бы наложена на фациальную зону маломощных глинисто-дetrитистых известняков на западе, а на востоке и юго-востоке достигает также зоны более мощных и более глинистых detритистых известняков западной краевой части Московского бассейна. Принципиально важно, что бедные скопления керогена кукерсита выявлены также в Подлясско-Брестской впадине (Белоруссия), где средний ордовик представлен относительно мелководными detритово-карбонатными отложениями, и названные скопления керогена приурочены к образованию мейласко-оандуского ( $D_{II}$  -  $D_{III}$ ) возраста (Пушкин, Ажиревич, 1982). Также примечательно, что зона кукерситонакопления повсеместно пространственно изолирована от площадей формирования в среднем ордовике относительно глубоководных черных грaptолитовых аргиллитов с керогеном иного типа. Между этими двумя керогеноносными ареалами расположены зоны глинистых detритистых известняков и, далее, глубоководных темно-серых известковых мергелей. Универсальный характер такой изоляции в ордовике отражается также на приведенной выше диаграмме Л.Пылма (рис. 5.2.1).

Исследователями подчеркивается, что накопление кукерситовых илов не сопровождалось сероводородным заражением природных вод и даже придонных осадков бассейна (Бауков, 1973), и вся кукерситоносная зона, как и окружающая площадь распространения detритовоилистых осадков, отличалась богатой и разнообразной органической жизнью. Богатые остатки организмов с карбонатным скелетом и скопления крупных масс керогена указывают на благоприятные для биопродукции фациальные условия в бассейне, в частности на теплый или жаркий климат и поступление в бассейн в достаточном количестве питательных веществ, оптимальную гидродинамическую обстановку как с точки зрения жизни разных групп фауны, так и для осаждения кукерситовых илов.

Приведенная выше схема (рис. 5.2.2) иллюстрирует палеогеографическую позицию зоны кукерситонакопления в эпиконтинентальном море внутри Восточно-Европейской платформы. Недостаточно надежны более широкие палеогеографические реконструкции. Так, мобилистские реконструкции позиции Европейской литосферной плиты в среднем ордовике, к сожалению, пока противоречивы, что явствует из сопоставления схем, составленных разными авторами. Недостаточно разработаны также вопросы палеогеографии восточной части Балтийского, а также Московского ордовикских бассейнов, в частности об их возможной связи с внеплатформенными бассейнами на востоке. По этой причине ряд существенных палеогеографических проблем формирования кукерситоносных отложений остается открытым.



## 6. ТЕКТОНИКА

### 6.1. Условия залегания и тектонические нарушения сланценосной толщи

Условия залегания сланценосной толщи определяются местонахождением Прибалтийского бассейна на северо-западе Русской плиты, в пределах южного склона Балтийского щита. Сланценосная толща залегает внутри каледонского структурного комплекса осадочного чехла и имеет конформную с ним структуру. Близкие к истинным данные о падении пачки кукарсита (II-13') в южном направлении впервые получены Х.Беккером по профилю скважин Кохтла-Ярве-Тудулинна (Bekker, 1924). По данным многочисленных скважин средние параметры залегания слоистой толщи среднего ордовика в пределах Эстонского месторождения горючих сланцев следующие: азимут падения  $182^{\circ}$ , наклон 2,8 м/км или около  $10'$  (Вахер, 1983) при колебаниях  $181-183^{\circ}$  и 2,7-2,9 м/км, соответственно. Несколько больше отклонение от указанных средних параметров наклона наблюдается в пределах Ленинградского месторождения (азимут  $170^{\circ}$ , наклон 3,1 м/км), а также на западе бассейна ( $180^{\circ}$ , 3,1 м/км).

В соответствии с южным наклоном слоистости и общим повышением рельефа на юг и юго-запад глубина залегания промышленных залежей сланца увеличивается от 0 до 150 и более м. Увеличение глубины залегания промышленной пачки конечно является осложняющим горногеологическим и экономическим фактором добычи сланца. В настоящее время добыча сланца карьерным способом ведется на глубинах до 20 м, а в будущем намечается до максимальной глубины 30 (40) м. Добыча шахтами ведется на глубинах 10-70 м на Эстонском и 40-70 м на Ленинградском месторождениях. В перспективной краевой зоне Эстонского месторождения сланцевая залежь находится на глубине до 100 м, на Ленинградском месторождении - до 120 м, в пределах Тапасского месторождения - на глубине 70-165 м.

Промышленная пачка Эстонского и Ленинградского месторождений выходит под четвертичные отложения вдоль эрозионной границы кукурузного горизонта. В полосе вдоль эрозионной границы, особенно в пределах Эстонского месторождения, сланцевая залежь совместно с вмещающей толщей прорезана глубокими, заполненными четвертичными отложениями, эрозионными долинами, открытыми во впадину Финского залива (рис. 6.1.1). В основании и бортах этих долин дочетвертичные коренные породы характеризуются повышенной трещиноватостью экзогенной природы и повышенной обводненностью. Погребенные долины являются осложняющим фактором при разработке месторождений. При нарезке шахтных полей они принимаются за естественные ограничения.

В отличие от промышленной пачки Эстонского и Ленинградского месторождений слепая залежь Тапасского месторождения на поверхность коренных пород нигде не выходит и погребенными долинами не затронута.

Наиболее существенными осложняющими горногеологическими факторами разработки бассейна являются тектонические нарушения сланцевой залежи и вмещающей толщи, по которым часто развивался карст.

Представления о дислокации кукарситоносной толщи постепенно развивались по мере расширения геологоразведочных, геофизических, горнодобывающих и научно-исследовательских работ. Уже около 50 лет назад стали появляться краткие сообщения об обнаружении отдельных нарушений пачки кукарсита и вмещающих пород куполовидной складчатой (Reinwaldt, 1935) и линейной разрывной природы (Luha, 1946).

Результаты изучения дислокации, трещиноватости и карста в горных выработках сланцевых шахт обобщены М.А.Гатальским (1959) и особенно детально проанализированы М.С.Газизовым (1958, 1971). Тектоника, трещиноватость и карст сланценосной толщи на шахтах Ленинградского месторождения рассмотрена в статьях Г.А.Даниловой и др.

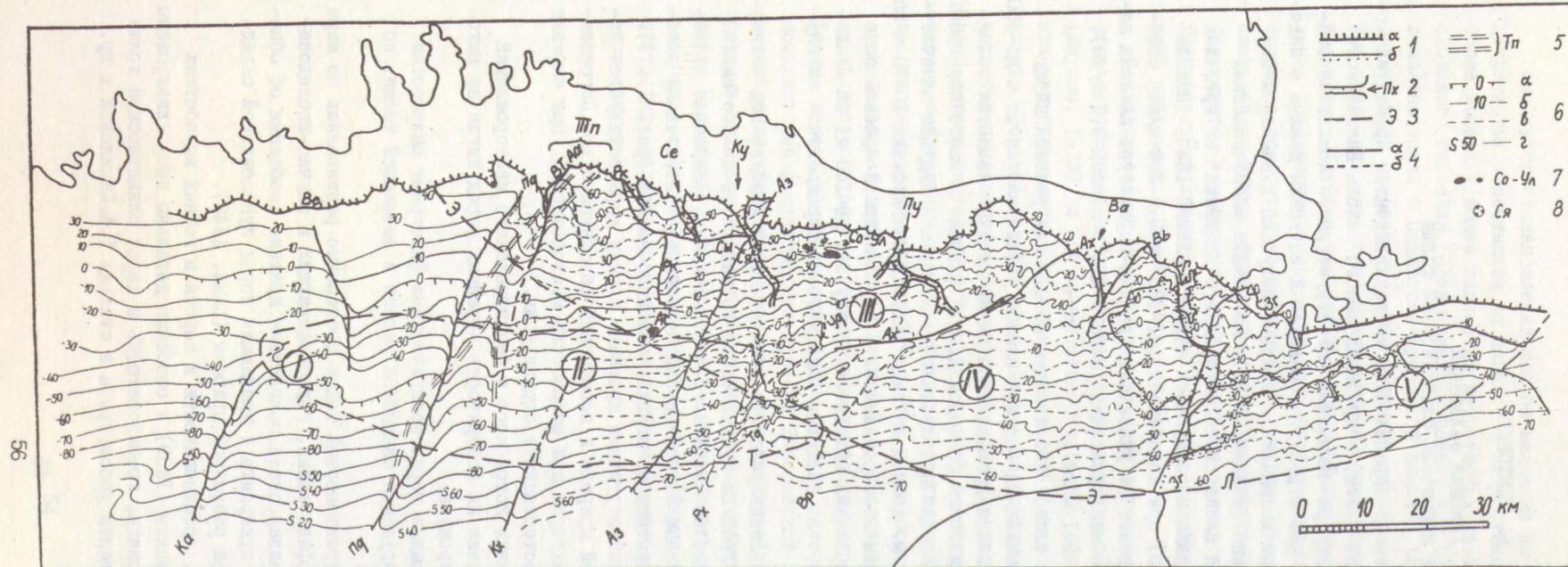


Рис. 6.1.1. Карта тектоники и тектонического районирования зон промышленных и перспективных запасов Прибалтийского бассейна (Эстонское, Ленинградское и Таласское месторождения). I - границы: а - эрозионная кукрузеского горизонта С<sub>II</sub>, б - несогласная эрозионная герцинского комплекса (средний девон); 2 - эрозионные врезы сланцевой залежи А-Р<sub>2</sub> (погребенные долины) в северной части бассейна Се - Сельская, Ку - Кундаская, Пу - Пуртсеская, Ва - Вазавереская, З - условные внешние границы зоны перспективных ресурсов (Эстонского (Э), Ленинградского (Л), Таласского (Т) месторождений, 4 - линейные зоны нарушения, флексурное крыло: а - установлено, б - предположительно; буквенные индексы зон: Ка - Кайусская, Ве - Ветласская, ПД - Пайдеская, Вт - Вийтнасская, Аа - Аасперская, Кх - Кахалаская, Рк - Раквереская, См - Сымерская, Аз - Азерская, Ах - Ахтмеская, Рх - Рахкласская, Уд - Удрикская, Тд - Тудуская, Вр - Вирунурмесская, Вв - Вийиконнасская, Ср - Сиргалаская, Зг - Загривская; 5 - Таласская зона (Тп) разломов в фундаменте, 6 - стратоизогипсы по подошве кукрузеского горизонта (а-в) через 50 м (а), через 10 м (б) и через 5 м (в) и по подошве нижнего силура (г). 7 - плакантиклинали: Со-Ул- группа Сонда-Ульясте, Ас - Ассамала, 8 - мульда Сями. Римскими цифрами на плане отмечены моноклинальные блоки (структурные районы): I - Кехраский (название предварительное), II - Раквереский, III - Кохтласский, IV - Куремяэский, V - Сланцевский.

(1973), Н.Г.Наукера (1973, Геология..., 1968), и др. По материалам геолого-разведочных работ и геофизических исследований тектоника Эстонского месторождения горючих сланцев описана в работах Р.Вахера, В.Пуура, Ю.Хейнсалу и др. (Вахер и др., 1962, 1964, Пуура, 1974, Хейнсалу, Андра, 1975, Вахер, 1983). Учитывая также целый ряд других опубликованных и рукописных детальных описаний разнотипных нарушений, создается в общем целостное представление о стиле дислокации промышленной пачки горючих сланцев Эстонского и Ленинградского месторождений. Р.Вахер (1983) в пределах Эстонского месторождения выделил следующие типы тектонических нарушений каледонского комплекса: 1) главные зоны линейных нарушений, 2) зоны трещиноватости, 3) изометрические складки, в том числе: 3а) небольшие бескорневые синклинали и антиклинали и 3б) плакантиклинали – складки осадочных толщ над приподнятыми блоками кристаллического фундамента. Линейные зоны региональных разломов разбивают бассейн на отдельные блоки, так что отработку залежей сланца каждого из них необходимо провести в отдельности.

Для настоящей работы авторами обобщены материалы по тектонике всей зоны промышленных и перспективных ресурсов, включая площадь Таласского месторождения. Устанавливается, что разработанная Р.Вахером типизация нарушений может быть распространена на весь бассейн. Главные зоны линейных нарушений по Р.Вахеру, которые иначе можно назвать региональными платформенными разломами первого и второго (менее протяженные) порядка, придают сланцевому бассейну разломно-блоковое строение. Часть из этих зон разломов – разломы первого порядка северо-восточного простирания – следует принять за основу выделения структурных районов (моноклинальных блоков первого порядка) в сланцевом бассейне, а остальные совместно с другими типами структур – при внутреннем районировании этих блоков (см. следующий раздел). Ниже приводятся новые сравнительные данные по региональным линейным нарушениям, так как именно они имеют наибольшее значение при характеристике тектоники и горногеологических условий бассейна в целом. Другие типы нарушений рассматриваются на отдельных примерах.

На мелкомасштабной карте тектоники сланцевого бассейна выделены зоны разломов первого и второго порядка и часть брахискладок (рис. 6.1.1). Эта сводная карта составлена путем уменьшения более детальных карт, на которые были нанесены данные более чем 10000 структурных опорных точек – буровых скважин, горных выработок, обнажений.

Данные о линейных зонах нарушений сведены в таблице 6.1.т. Они группируются по протяженности на более протяженные, пересекающие бассейн в северо-восточном направлении и тем самым разбивающие его на отдельные самостоятельные блоки (междублоковые разломы первого порядка), и менее протяженные, осложняющие строение указанных крупных блоков (внутриблоковые разломы второго порядка). К числу разломов первого порядка отнесена и протяженная Ахтмеская зона, не достигающая южной границы бассейна из-за изменения направления с северо-восточного на субширотное.

Не останавливаясь на частных особенностях строения каждой зоны, отметим некоторые общие черты. В поперечном сечении на уровне сланцевой залежи и перекрывающей толщи линейные зоны обычно представляют собой комбинацию нескольких типов продольных структурных элементов, как правило, в следующей последовательности (от верхнего крыла к нижнему): пологая асимметричная антиклиналь – флексура (с разрывами сплошности слоев или без того) – пологая асимметричная синклиналь. У названных приразломных складок внутреннее, обращенное к флексуре крыло обычно круче, чем внешнее. В наибольшей степени дислоцирована слоистая среда в пределах флексурного крыла, где наклон слоев достигает нескольких градусов (максимально до 20°) и где нередко встречаются разрывы. Трещиноватость максимальна в этой зоне и затухает к внешним слоям края зоны нарушений. Вдоль зон трещиноватости развивались карстовые процессы, что привело к значительно большей степени трещиноватости и появлению мелких сбро-

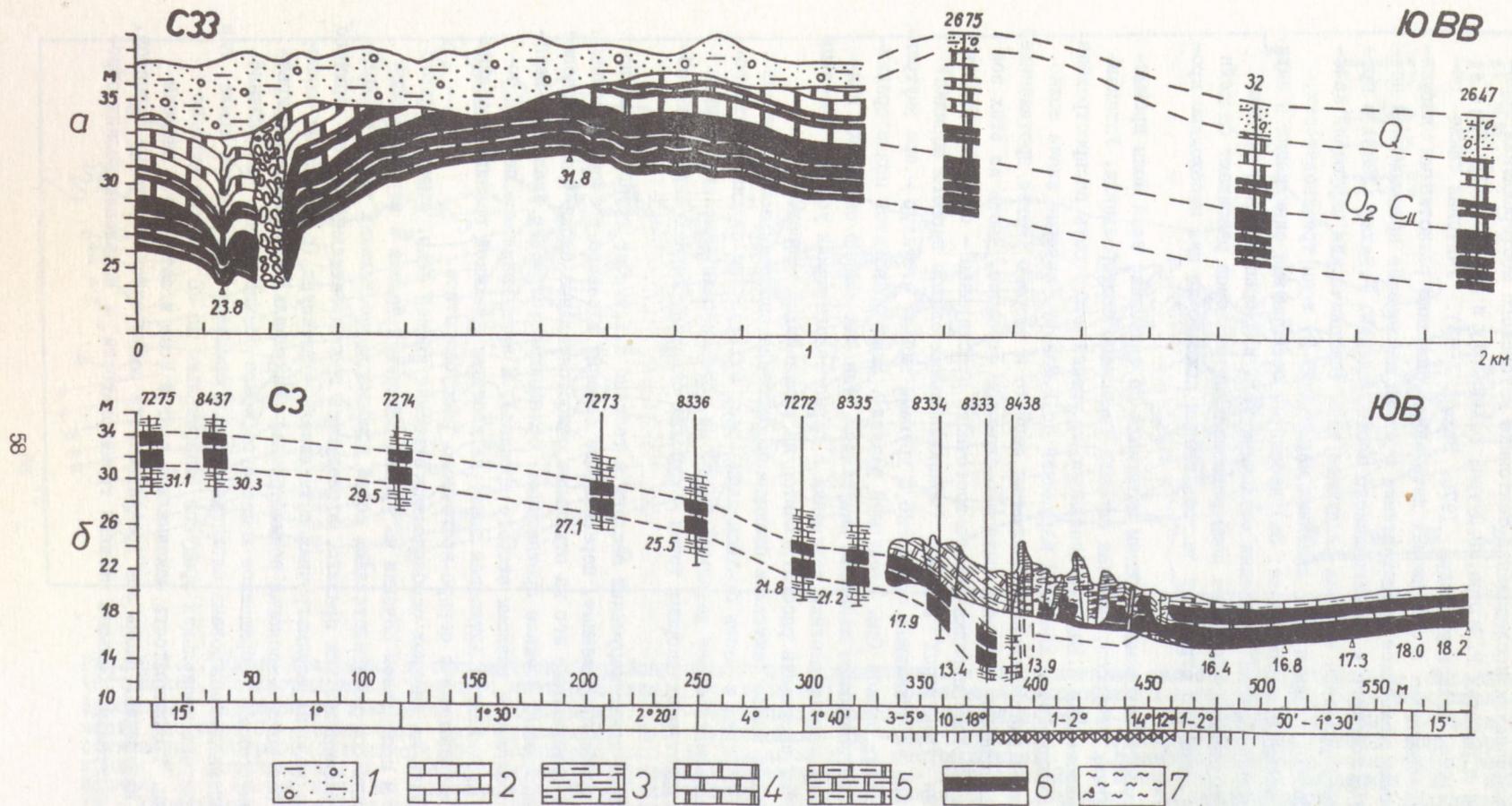


Рис. 6.1.2. Разрезы линейных зон тектонического нарушения: а - Вайвиконнасской, б - Ахтмеской. 1 - четвертичные отложения, 2 - известняк, 3 - глинистый известняк, 4 - доломит, 5 - глинистый доломит, 6 - кукарикит, 7 - остаточная (карстовая) глина.

Таблица 6.1.т

## Характеристика зон линейных нарушений в каледонском комплексе

Зона (индекс на карте рис. 6.1.1)	Структурные элементы	Азимут простирации	Длина, км	Ширина, км	Верхнее крыло	Вертикальная амплитуда, м			
						флексуры	антиклинали	синклинали	общая
Кайуская (Ka)	A-Ф-C	20-40°	35	3-4	ЮВ	до 10	до 15	н.с.	до 25
Бетлаская (Be)	A-Ф	330-360°	30	5-8	В	н.с.	до 10	н.с.	до 12
Пайдеская (Пд)	A-Ф-C	10-50°	60	3-4	ЮВ	6-16	10-17	3-5	до 28
Вийтнасская (Вт)	A-Ф-C	10-40°	40	2-4	СЗ	3-5	5-12	2-4	до 17
Ааспереская (Aa)	A-Ф-C	350-360°	18	3-4	В	2-3	6-9	I-2	до 13
Кахалаская (Kx)	A-Ф-C	20-30°	25	2-3	ЮВ	3-6	8-9	3-4	до 15
Раквереская (Рк)	A-Ф-C	290-20°	30	2-4	В-ЮВ	2-4	I2-I5	2-5	до 23
Сымеруская (Сы)	Ф	260-300°	13	до 1	С	8-II	0-I	н.с.	до 10
Азериская (Аз)	Ф-А-С	15-85°	75	I-4	ЮВВ-Ю	I5-I9	0-7	I-3	до 26
Ахтмеская (Ax)	Ф-А-С-Р	40-95°	50	I-2	СЗ-С	8-16	0-9	I-3	до 21
Рахклаская (Rx)	A	10-30°	30	I-2	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	до 12
Удрикусская (Уд)	A-Ф-C	15-45°	15	2-3	ЮВ	н.с.	н.с.	н.с.	до 11
Тудуская (Тд)	A-Ф-C	35-65°	20	I-2	н.с.	н.с.	н.с.	н.с.	до 10
Вирунурмесская (Вр)	A-Ф-C	40-55°	25	2-3	ЮВ	н.с.	н.с.	н.с.	до 11
Вийвиконнасская (Вв)	A-Ф-C	25-55°	22	2-5	ЮВ	2-3	3-6	I-3	до 11
Сиргалаская (Ср)	Ф-А-С	300-360°	15	I-3	В-СВ	2-6	I-6	I-2	до 10
Загривская (Зг)	Ф-А-С	0-40°	20	I-2	В	8-I2	I-4	2-3	до 16

Установленные структурные элементы указаны в порядке убывания амплитуды.

Буквы обозначают: А - антиклиналь, Р - разрыв, С - синклиналь, Ф - флексура, н.с. - нет сведений.

сов в результате обрушений. Поперечная зональность тектонического и наложенных карстовых нарушений непосредственно задокументирована в штреке, пройденном от шахты Ахтме в направлении центра Ахтмской зоны (Каттай, Вингисаар, 1980) и в карьере Вийвиконна. На рисунке 6.1.2 разрез зоны Ахтмского нарушения (по материалам указанных авторов) представлен по данным документации штрека и керна буровых скважин, а разрез зоны Вийвиконнаского нарушения – по данным описания стенок траншей и керна буровых скважин Э.К. Эрисалу. В других случаях наличие подобной зональности выявлено по результатам профильного бурения и геофизических работ.

Глубинный характер линейных дислокаций установлен бурением профилей глубоких скважин, доказавших охват нарушениями всей мощности осадочного чехла, наличие уступа в рельфе и зоны дробления в породах кристаллического фундамента, в частности в зоне Азериского нарушения.

Возвращаясь к рассмотрению региональной проблемы, обращает на себя внимание выявленная здесь впервые закономерность: в подавляющем большинстве случаев (за исключением почти только одного Ахтмского нарушения) приподнято восточное (юго-восточное, северо-восточное, в исключительных случаях северное) крыло нарушения. К верхнему крылу нарушения приурочена пологая продольная антиклиналь, а к нижнему – синклиналь. Общий размах абсолютных отметок структурных поверхностей между осевыми частями этих складок всегда больше амплитуды вертикального смещения самих междуразломных блоков. В табл. 6.1.т последняя обозначена как амплитуда флексуры.

Таким образом, что касается общего стиля дислокации Прибалтийского бассейна в целом, то нельзя говорить о слабовыраженном горстово-грабеновом строении, как это предполагалось нами ранее (Вахер и др., 1962). Как исключение, слабовыраженный грабен наблюдается только между Ахтмским и Вийвиконнаским нарушениями.

Внутри относительно целых блоков геофизическими работами, профильным бурением и непосредственно горными работами (рис. 6.1.3) на шахтах и карьерах выявлено множество зон трещиноватости с незначительными или без вертикального смещения блоков. Ширина таких зон до первых сотен метров, длина 1-10 километров и более. Зоны трещиноватости могут быть усложнены очень слабыми антиклиналями и синклиналями или флексурами и мелкими сбросами, узкими (до 10 м) или относительно широкими (более 60 м) зонами дробления, в свою очередь усложненными структурами карстового растворения и нарушения (обрушения).

Систематическое описание и классификация мелких форм (сбросов, флексур, поднятий, прогибов амплитудой до 3 м) приведены Ю.Хейнсалу (Хейнсалу, Андра, 1975), а детальное описание, зонирование и классификация закарстованных зон трещиноватости – М.С.Газизовым (1958, 1971), Н.Г.Паукером (1973, Геология..., 1968) и др. Слабо выраженные положительные и отрицательные формы в залегании сланцевой пачки установлены и вне зависимости от линейных зон. Широкое распространение мелких изометрических складок-синклиналей и антиклиналей амплитудой до 0,5-5 м и размерами в поперечнике 0,1-1 км установлено маркшейдерскими нивелировками на шахтах и карьерах. Значительно более крупная Сямиская мульда выявлена бурением на западной границе промышленной части Эстонского месторождения (долина р. Кунда) (рис. 6.1.1). Она изогнуто-овальной конфигурации размерами в плане 2x1,3 км и амплитудой 50 м (Вахер и др., 1964). Промежуточные по размерам мульды встречены горными работами в нескольких местах в центральной и восточной части Эстонского месторождения, и запасы сланца в пределах таких нарушений остались не выработанными.

Брахиантиклинали сланцевосной толщи над приподнятыми блоками фундамента (плакантиклинали по Р.Вахеру и др., 1964) установлены и изучены глубокими скважинами на участке Сонда-Ульясте (западнее г. Кивиыли) (Пуура, 1974 и др.). Отдельные поднятия в группе из пяти структур имеют амплитуду по подошве  $C_{II}$  6-23 м и размеры в плане

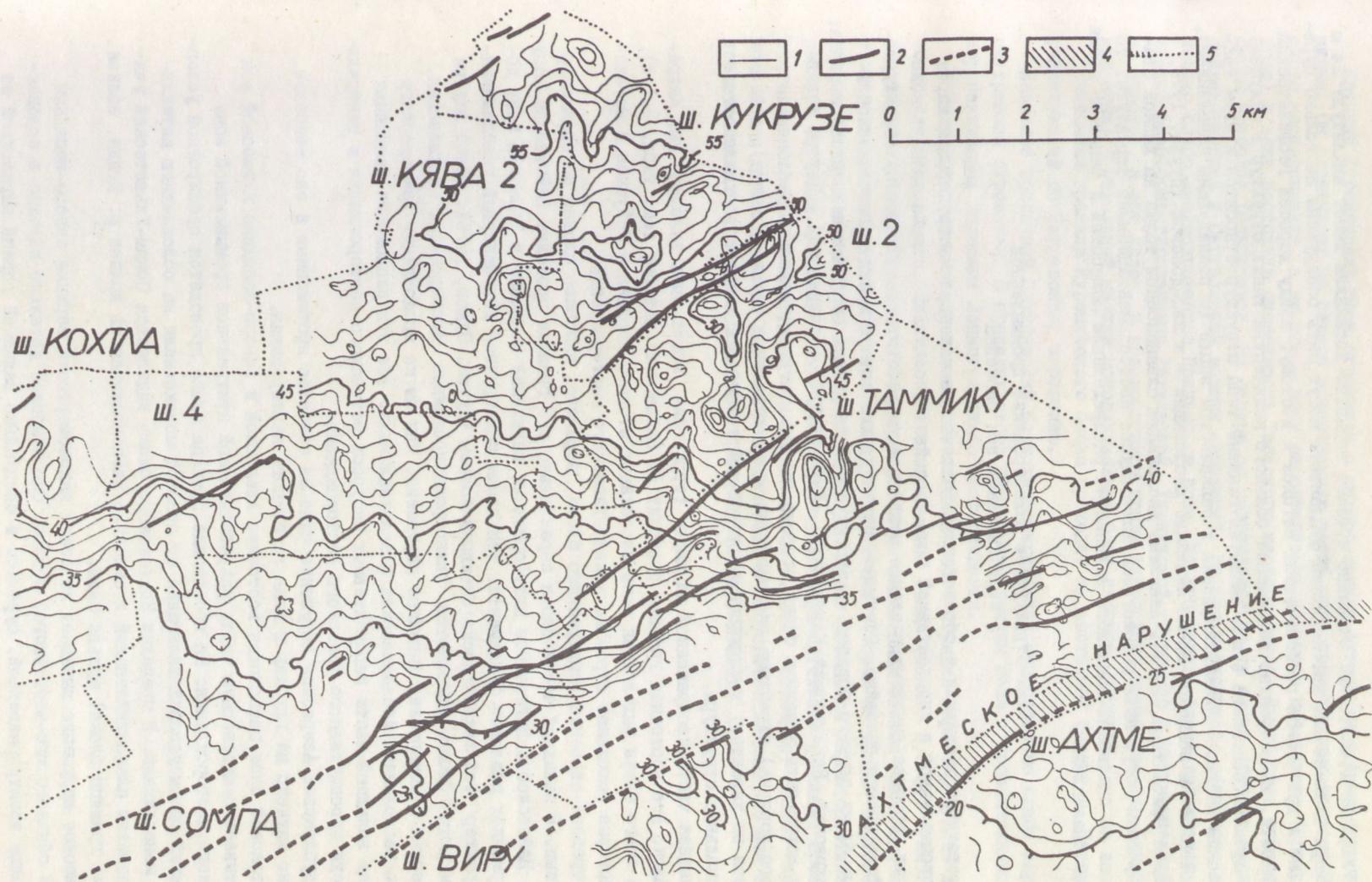


Рис. 6.1.3. Схема структуры сланцевоносных отложений по данным маркшейдерских нивелировок. 1 - стратоизогипсы подошвы кукрузеского горизонта, 2-3 - закарстованные зоны по данным горных работ (2) и электроразведки (3), 4 - Ахтмеское нарушение, 5 - границы шахт.

от 0,7x1,3 до 1,4x3,1 км. Отдельно стоящее поднятие Ассамалла имеет амплитуду 24 м и размеры в плане 2x6 км. Поднятия фундамента могут быть обнаружены не только бурением, но и при помощи геофизических методов и поэтому, ввиду хорошей геофизической изученности, маловероятно нахождение большого количества таких структур в будущем.

По времени основного этапа развития главные типы структур относятся к двум тектоническим эпохам – плакантиклинали к байкальской эпохе (с последующим оживлением), а заложенные в вендское время линейные дислокации – к каледонской (Пура, 1979, Тектоника Прибалтики, 1979). Линейные дислокации сланценосной толщи на данной стадии изучения могут быть рассмотрены как секущие постседиментационные структуры, то есть они не оказывали заметного влияния на распределение мощностей и фаций во время куверситонакопления.

## 6.2. Структурное районирование промышленной и перспективной зон бассейна

Достаточно детальная и обоснованная фактическим материалом структурная карта всей промышленной и перспективной зоны бассейна (рис. 6.1.1) и выявленные закономерности строения линейных разломов позволили разработать сводную схему структурного районирования бассейна. Основными структурными элементами выделяются моноклинальные блоки первого порядка, разграниченные линейными нарушениями первого порядка: Каэрский, Раквереский, Кохтлаский, Куремяэский, Сланцевский. Внутри таких блоков могут быть выделены блоки второго порядка, ограниченные внутриблоковыми (второго порядка) линейными дислокациями, либо отдельные части (участки), отличающиеся по характеру дислокации сланценосной толщи, или, наконец, отдельностоящие локальные структуры.

Западная часть изображенной на карте территории может быть выделена как Каэрский блок. Его восточная граница проходит по Пайдескому разлому (см. табл. 6.1.т). Внутри этого блока выделяются зоны дислокации второго порядка – Кайуская и Ветлаская, которые осложняют строение запада Тапасского месторождения.

Внутреннее строение Раквереского блока, вероятно, наиболее сложно по сравнению с другими. В западной части блока параллельно его границе проходит Вийтнасское нарушение. Пайдеское и Вийтнасское платформенные нарушения попадают в Тапаскую зону дополнительных разломов фундамента, тем самым подчеркивая долгоживущий унаследованный характер этой тектонически активной полосы (Пура, Судов, 1976). Далее внутри Раквереского блока выделяются разноориентированные Ааспереская, Кахалаская, Раквереская и Сымеруская линейные нарушения. Как бы на продолжении Раквереского разлома расположена Ассамалласская плакантиклиналь. Все эти дислокации осложняют строение западной части перспективных ресурсов Эстонского месторождения и центральной части перспективного Тапасского месторождения.

Междублковое Азериское нарушение одно из наиболее протяженных и оно наиболее детально изучено на глубину в ходе глубинного картирования.

Кохтлаский блок расположен восточнее Азериской и северо-западнее Ахтмской зон и охватывает существенную часть разрабатываемой центральной промышленной зоны Эстонского месторождения. На юго-западе граница блока проводится субширотной условной линией смены условий залегания от простой моноклинали на осложненную антиклиналями моноклиналью. В пределах Кохтлаского блока выделяется Сонда-Ульястеский участок развития плакантиклиналей и отдельно расположенная (в долине р. Кунда, вблизи западной границы блока) мульда Сями.

Ахтмское нарушение выпадает из общей закономерности верхним северо-западным (вместо обычного юго-восточного) крылом. Оно наиболее детально изучено в ордовикской толще электроразведкой, бурением и специально заданной горной выработкой из шахты Ахтме (Каттай, Вингисаар, 1980, Доманова, Каттай, 1981).

Крупный Куремяэский блок ограничен с северо-запада Ахтмским и Азериским нарушениями. Он охватывает на севере существенную часть зоны промышленных запасов Эстонского месторождения, а на юге - зону перспективных ресурсов последнего (Причудское поле) и даже восточную оконечность Таласского месторождения. Внутреннее строение блока наиболее разнородное. На севере он подразделяется на блоки второго порядка Вийвиконнаской и Сиргалаской зонами нарушений. На юге расположено обширное, относительно слабо дислоцированное Причудское поле. На юго-западе блока выделяется нарушенный разноориентированными Рахклаской, Удрикусской, Тудусской и Виранурмской зонами участок, а еще далее, в юго-восточном крыле Азериского нарушения (до Виранурмской зоны) - отдельный мелкий моноклинальный блок второго порядка.

Восточная граница Куремяэского блока проходит на восточном берегу р. Нарва, параллельно ей по Загривскому нарушению.

Наиболее восточный Сланцевский блок характеризуется относительно слабо нарушенным внутренним строением. В пределах этого блока расположены поля с промышленными и перспективными запасами Ленинградского месторождения.

В целом, выделенные моноклинальные блоки первого порядка характеризуются достаточно близкими элементами залегания сланцевосной толщи (наклон 2,6-3,1 м/км). Это подтверждает точку зрения, что главные различия выделенных блоков заключаются в степени дислоцированности, краткая характеристика которой на уровне внутриблочных амплитудных дислокаций приведена выше. Для более детальной характеристики внутреннего строения моноклинальных блоков необходимо сравнительное описание прежде всего без- или малоамплитудных зон трещиноватости. Это возможно только при помощи более детальных карт синтеза геофизических и геологических данных, как это ранее выполнено для отдельных районов бассейна (Вахер, 1983).

## 7. ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ГОРЮЧЕГО СЛАНЦА В БАССЕЙНЕ

Площадные изменения строения сланценосной толщи и ее продуктивной части, описанные в главах 4-5, проявляются также в закономерном латеральном изменении количественных и качественных параметров промышленной пачки в контурах месторождений. В самом общем виде это проявляется, например, в уменьшении ее производительности и ухудшении качества добываемого сланца в направлении от генетической сердцевины Эстонского месторождения в районе г. Кохтла-Ярве к периферии - на запад, юг и восток.

Ниже и будет в первую очередь идти речь о пространственных закономерностях изменения качества сланца и строения и мощности промышленной пачки (во взаимосвязи этих показателей) в пределах Эстонского и Ленинградского месторождений, где разрабатывается единая сланцевая залежь А- $F_2$  (IУ-1). Ранее эти вопросы рассматривались в нескольких опубликованных работах (Бауков, 1955, 1968, Геология..., 1968, Формации..., 1973, Прогноз... 1974, Бауков и др., 1977, 1982, 1983, Каттай, 1981, Рейнсалу, 1981, Рейнсалу и др., 1983). В главе использованы осредненные по квадратам 2x2 км данные опробования разведочных скважин для центральной части Эстонского месторождения, которые вывел В.Каттай (1981), а также поисково-разведочные данные по Ленинградскому месторождению и новые материалы по краевой перспективной зоне бассейна, включая Тапаское месторождение.

Основными промышленными параметрами промышленной пачки являются общая и полезная мощность, удельная теплота сгорания и плотность раздельно (а) горной массы на полезную мощность пачки и (б) сланца на суммарную мощность составляющих ее сланцевых слоев. Численные значения этих параметров, а также соответствующих параметров по отдельным слоям и пластам в пределах бассейна изменяются закономерно и согласованно между собой. В связи с последним обстоятельством, кондиции в пределах Эстонского и Ленинградского месторождений установлены только по двум параметрам: по полезной мощности и теплоте сгорания горной массы на полезную мощность. Практика показывает, что в краевых частях месторождений отнесение площадей в контур учитываемых запасов лимитируется прежде всего теплотой сгорания горной массы на полезную мощность пачки. При допустимой еще по условиям выемки общей мощности промышленной пачки теплота сгорания нередко оказывается ниже установленных кондиций. По этой причине при подсчете запасов рассматриваются варианты неполной селективной выемки промышленной пачки, удовлетворяющие кондиционным требованиям как по полезной мощности промышленной пачки, так и по теплоте сгорания горной массы. Чаще всего это достигается в объеме слоев В- $F_1$ .

Ухудшение параметров промышленной пачки в пределах Эстонского и Ленинградского месторождений горючих сланцев, в направлении от центра бассейна к его периферии, происходит в разных направлениях с различной скоростью. Быстрее изменение в меридиональном направлении. Это согласуется с фациальной зональностью бассейна ранне-кукурузеского кулерситонакопления, описанной в гл. 5.

Численные значения основных параметров промпачки горючего сланца на общую ее мощность для отдельных районов Прибалтийского сланцевого бассейна в его условно промышленных границах показаны в табл. 7т.

Общая мощность промышленной пачки А- $F_2$  уменьшается от 3,0 (локально до 3,5 м) в центре бассейна до 1,4-1,5 м у внешней границы зоны перспективных запасов. Это сопровождается уменьшением ее производительности. В наиболее общей форме последнее изображено изолиниями расчетного параметра - удельного выхода условного топлива (рис. 7.1), максимального (более 1,5 Т/м<sup>2</sup>) в центре месторождения и постепенно

Таблица 7.т

Характеристика промышленной пачки горючего сланца-кукерсита  
на общую ее мощность в условно промышленных границах ПСБ

№ п.п.	Показатели по промышленной пачке	Ед. измер.	Эстонское месторождение, промышленная пачка A-F <sub>2</sub>			Ленинградское месторождение, промышленная пачка, IУ-I+ложная кровля	
			западная часть	центральная и восточная части		район действующих шахт и Междуречье	восточный участок
				северная половина	южная половина		
5	Общая мощность	м	1,6-2,8	2,7-3,2	1,9-2,7	1,7-2,4	1,9-2,1
	Удельный выход горной массы на общую мощность	т/м <sup>2</sup>	3,2-5,0	5,0-5,8	4,0-5,0	3,5-5,0	3,6-4,1
	Удельная теплота сгорания горной массы на общую мощность	МДж/кг	5,4-8,4	5,9-9,6	4,1-5,9	6,1-7,2	5,4-7,6
	Суммарная мощность сланцевых пластов вместе с содержащимися в них включениями известняка	м	1,2-2,3	2,1-2,6	1,4-2,1	1,1-1,4	0,9-1,2
	Удельный выход сланца на суммарную мощность сланцевых пластов вместе с содержащимися в них включениями известняка	т/м <sup>2</sup>	2,3-3,9	3,6-4,4	2,7-3,6	1,9-2,2	1,5-2,0
	Удельная теплота сгорания сланца на суммарную мощность сланцевых пластов вместе с содержащимися в них включениями известняка	МДж/кг	7,3-10,8	10,5-12,2	6,3-10,5	II,0-12,5	9,5-12,5
	Удельный выход условного топлива на общую мощность	т/м <sup>2</sup>	0,5-1,0	1,0-1,5	0,5-1,0	0,7-1,0	0,5-0,7
	Содержание условного топлива в горной массе на общую мощность	%	16-23	18-27	II-I8	20-22	14-17
	Глубина залегания промпачки	м	5-120	5-70	70-90	20-120	40-160

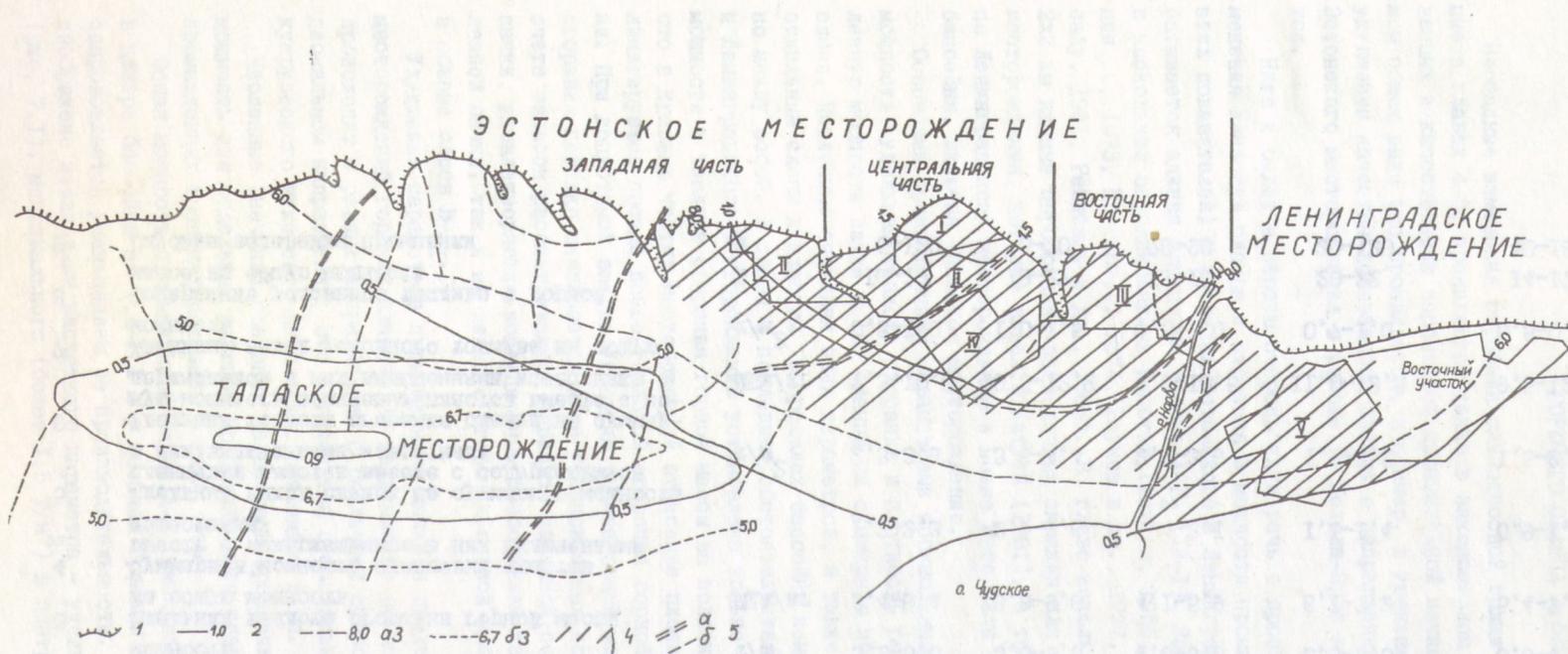


Рис. 7.1. Теплота сгорания горной массы и удельный выход условного топлива по промышленным пластам месторождений в зонах промышленных и перспективных ресурсов Прибалтийского бассейна горючих сланцев-кукерситов. 1 — эрозионная граница кукурузного горизонта, 2 — изолинии удельного выхода условного топлива ( $\text{т}/\text{м}^3$ ), 3 — изолинии теплоты сгорания горной массы ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{МДж}/\text{кг}$ ): а — промпачки Эстонского и Ленинградского месторождений, б — III пласти Тапасского месторождения, 4 — разрабатываемые и подготовленные к освоению участки, 5 — линейные тектонические нарушения I (а) и II (б) порядка; Римскими цифрами обозначены: I — поля отработанных шахт (Кукурузе, Кява, № 4), II-У — поля действующих предприятий (II — карьер Октябрьский, шахты Кивиыли, Кохтла, Сомпа, Ахтме, Виру); III — карьеры Вийвиконна, Сиргала, Нарва; IV — шахта Эстония; V — шахты Ленинградская, им. С.М.Кирова).

уменьшающегося (до  $0,5 \text{ Т/м}^2$ ) у внешней границы перспективной зоны. Аналогично уменьшается теплота сгорания горной массы (рис. 7.1) от почти  $10 \text{ МДж/кг}$  до немногим более  $4 \text{ МДж/кг}$ .

Изолинии условного выхода условного топлива  $0,5 \text{ Т/м}^2$ , примерно совпадающая с изолинией теплоты сгорания горной массы около  $4 \text{ МДж/кг}$ , является приближенно перспективной промышленной границей Эстонского и Ленинградского месторождений, где при разработке еще можно получить (при условии применяемых ныне способов добычи и обогащения) товарный сланец, по качеству отвечающий требованиям действующих стандартов, а именно: сланец, поставляемый для стационарных котельных установок, оборудованных топками для пылевидного сжигания (энергетический сорт), с удельной теплотой сгорания  $9840-11510 \text{ кДж/кг}$ ; сланец, предназначенный для переработки на газ и смолу (технологический сорт), с удельной теплотой сгорания  $10980-13820 \text{ кДж/кг}$ .

Сложное строение промпачки и изменение ее промышленных параметров по площади обусловливают неодинаковый выход (рис. 7.2 внизу) и разное качество сланца (рис. 7.2 вверху), получаемого из нее при выемке. В этом также наблюдается закономерность. На сланцеворабатывающих предприятиях бассейна четко прослеживается прямая зависимость между теплотой сгорания извлекаемой из недр горной массы промпачки и теплотой сгорания и процентом выхода получаемого из нее после передела (сортировка, обогащение) товарного сланца. Так, при снижении удельной теплоты сгорания горной массы с  $9,6 \text{ МДж/кг}$  (шахта Таммику Эстонского месторождения) до  $7,1 \text{ МДж/кг}$  (шахта Ленинградская Ленинградского месторождения) удельная теплота сгорания товарного сланца (суммарно энергетического и технологического) снижается соответственно с  $13,3$  до  $11,1 \text{ МДж/кг}$ , а выход товарного сланца от исходной горной массы

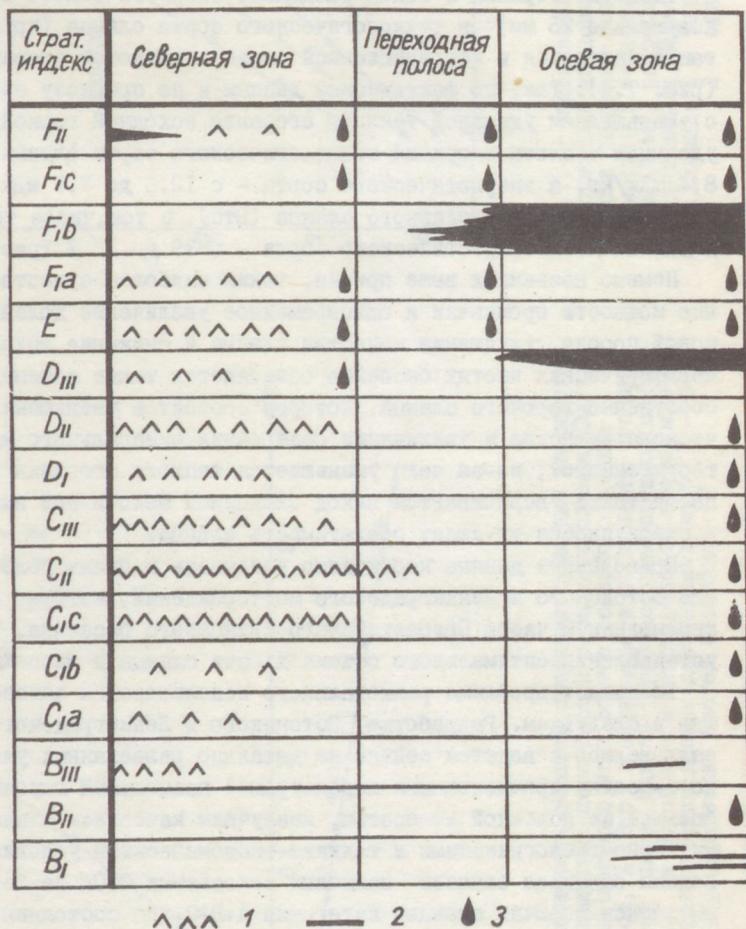


Рис. к стр. 52

Рис. 7.2. Взаимосвязь между мощностью, м (M), теплотой сгорания,  $\text{т/м}^2$  (Вут) по промышленной пачке A-F<sub>2</sub> горючего сланца Эстонского месторождения в зависимости от местоположения последней. Части месторождения: I - западная, 2 - центральная, 3 - восточная.

снижается с 66 до 61 %. Разница между теплотой сгорания исходной горной массы и теплотой сгорания товарного сланца составляет при этом 3,7–4,0 МДж/кг.

Сопоставляя результаты фракционных анализов керновых проб промышленной пачки из скважин, пробуренных на эксплуатационных участках действующих шахт с обогатительными фабриками и керновых проб из скважин, пробуренных на еще не освоенных участках бассейна (южных периферических) и, учитывая указанные выше закономерности изменения параметров промышленной пачки (и их взаимосвязей) возможно в рамках определенных допущений прогнозировать (рис. 7.3), что в периферических частях бассейна при снижении удельной теплоты сгорания исходной горной массы с 7,0 до 5,0 МДж/кг удельная теплота сгорания товарного сланца (без разделения на энергетический и технологический сорта) будет снижаться соответственно с 10,9 до 8,4 МДж/кг, а выход товарного сланца – с 55 до 50 %. Разница между теплотой сгорания исходной горной массы и теплотой сгорания товарного сланца будет равна 3150–3700 кДж/кг, причем она закономерно снижается с понижением теплоты сгорания исходной массы (горной).

Теплота сгорания и выход раздельно энергетического сорта сланца (крупность кусков мельче 25 мм) и технологического сорта сланца (крупность кусков 25–125 мм) также находится в корреляционной связи с теплотой сгорания исходной горной массы (рис. 7.4). Так, по фактическим данным и по прогнозу на Эстонском месторождении с уменьшением удельной теплоты сгорания исходной горной массы с 9,6 до 5,0 МДж/кг удельная теплота сгорания технологического сорта сланца уменьшится с 14,6 до 8,4 МДж/кг, а энергетического сорта – с 12,6 до 7,9 МДж/кг и соответственно снизится процент выхода товарного сланца (Втс), в том числе технологического сорта – с 27 до 15–18 %, а энергетического сорта – с 39 до 35 % (рис. 7.5).

Помимо названных выше причин, таких наиболее существенных из них, как уменьшение мощности промпачки и одновременное увеличение долевого участия в ней известняковой породы, ухудшение качества сланца и снижение выхода товарного сланца в южных периферических частях бассейна объясняется также изменением компонентного состава собственно горючего сланца, которое состоит в уменьшении содержания в нем органического вещества и увеличении содержания минерального материала (в первую очередь терригенного), из-за чего уменьшается теплота сгорания и повышается плотность сланца, а также увеличивается выход сланцевой мелочи при выемке промпачки из недр, что в совокупности ухудшает обогатимость сланца.

Приведенные данные необходимо учитывать в целях более объективной оценки ресурсов Эстонского и Ленинградского месторождений, которые собственно и составляют промышленную часть Прибалтийского сланцевого бассейна. Такая оценка необходима для установления оптимального объема добычи сланца в бассейне.

Возникает проблема рационального использования запасов сланца бассейна, состоящая в следующем. Разработка Эстонского и Ленинградского месторождений с самого начала велась и ведется сейчас на детально разведанных участках с наиболее хорошими по бассейну промышленными параметрами: наименьшей глубиной залегания промпачки, наибольшей ее полезной мощностью, наилучшим качеством сланца и наиболее благоприятными горно-геологическими и технико-экономическими условиями разработки. Государственным балансом запасов полезных ископаемых СССР на Эстонском месторождении учтены запасы горючих сланцев категории  $A+B+C_1$  по состоянию на 01.01.1983 г. 3,82 млрд. т (в пересчете на условное топливо около 1,3–1,4 млрд. т), из них 2,6 млрд. т по разрабатываемым и подготовленным к освоению участкам. На Ленинградском месторождении балансовые запасы сланца категории  $A+B+C_1+C_2$  по состоянию на 01.01.1983 г. равны 1,25 млрд. т (в пересчете на условное топливо около 0,3 млрд. т), из них 0,7 млрд. т по разрабатываемым и подготовленным к освоению участкам. Уточним, что эти запасы по обоим месторождениям подсчитаны по суммарной мощности сланцевых пластов промпачки, т.е. составляют запасы условно чистого слан-

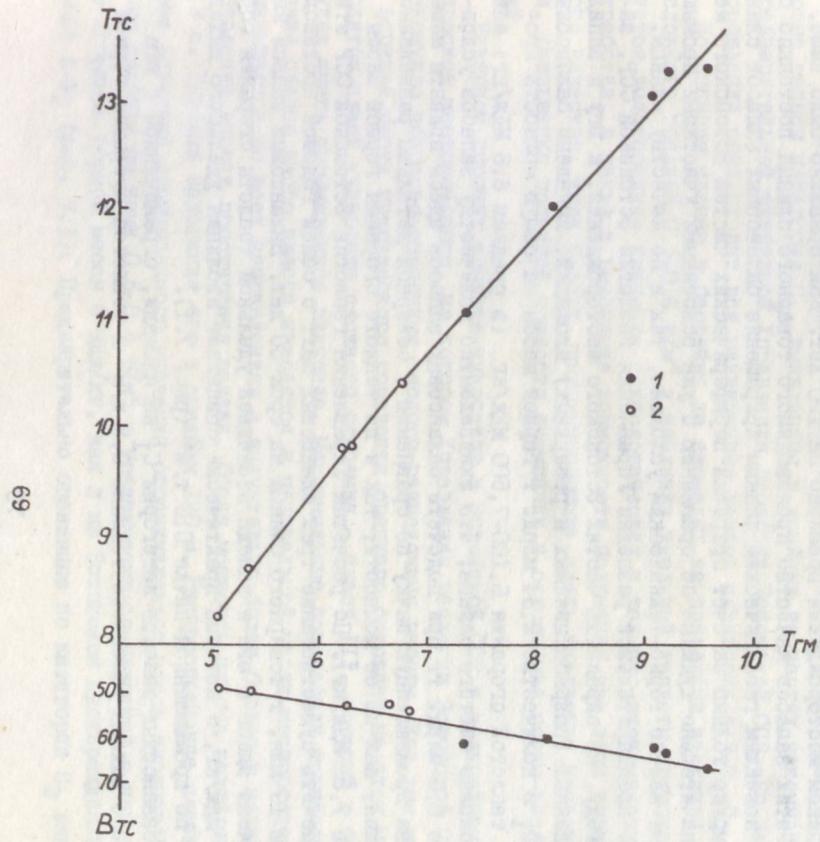


Рис. 7.3. Зависимость теплоты сгорания суммарно энергетического и технологического сортов товарного сланца, МДж/кг (Т<sub>tc</sub>) и выхода суммарно этих сортов товарного сланца из горной массы, % (В<sub>tc</sub>) в зависимости от теплоты сгорания исходной горной массы, МДж/кг (Т<sub>gm</sub>) по промышленной пачке горючего сланца на Эстонском и Ленинградском месторождениях. 1 - по фактическим данным действующих шахт, 2 - по прогнозу для периферийских частей бассейна.

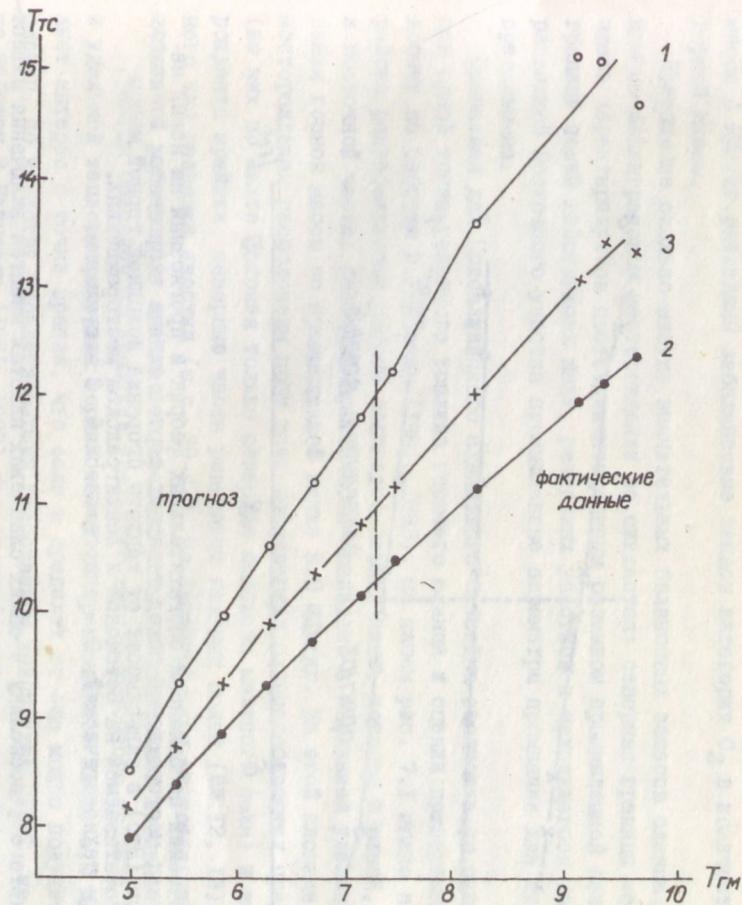


Рис. 7.4. Фактическая по балансам обогатительных фабрик и прогнозная на новых неосвоенных участках месторождений теплота сгорания товарных сортов сланца (Т<sub>tc</sub>), МДж/кг в зависимости от теплоты сгорания исходной горной массы промпачки (Т<sub>gm</sub>), разрабатываемой на Эстонском и Ленинградском месторождениях, МДж/кг. Сорт сланца: 1 - технологический, 2 - энергетический, 3 - суммарно.

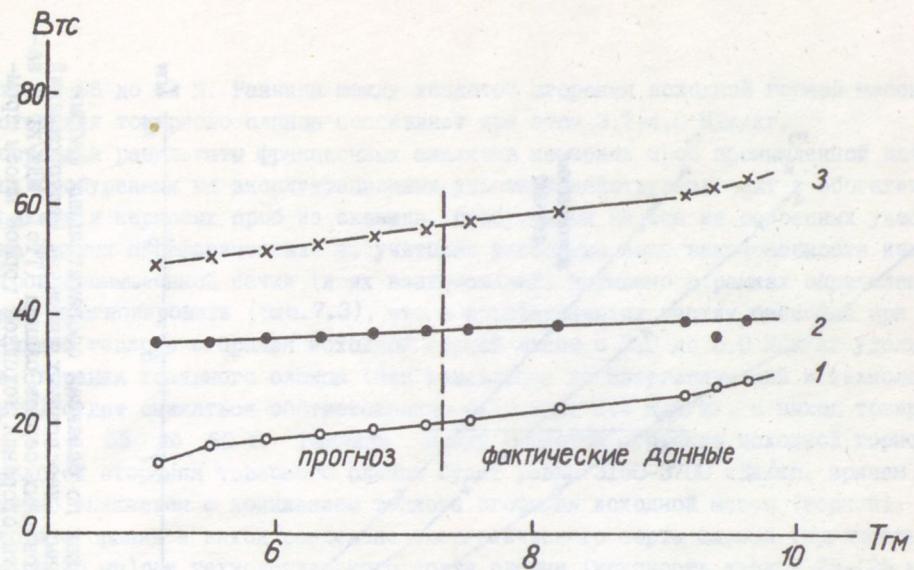


Рис. 7.5. Фактический по балансам обогатительных фабрик и прогнозный на новых не-освоенных участках месторождений выход товарных сортов сланца в процентах от исходной горной массы (Bтс) в зависимости от теплоты сгорания исходной горной массы промпачки, разрабатываемой на Эстонском и Ленинградском месторождениях. Сорт сланца: 1 - технологический, 2 - энергетический, 3 - суммарно.

ца ("условно чистого", поскольку в самих сланцевых пластах имеются включения известняков). Для поддержания современного уровня добычи, с учетом запасов на участках непригодных для разработки и допускаемых ныне около 40 % общих потерь сланца при разработке месторождений, этих запасов хватит на Эстонском месторождении на 60–65 лет и на Ленинградском месторождении примерно на 150 лет. Как показано было выше, по мере отработки этих запасов качество производимого товарного сланца постоянно будет снижаться. По новейшим геологическим данным приращение балансовых запасов сланца в бассейне возможно только за счет прирезки периферийских частей Эстонского месторождения со значительно худшими по сравнению с уже освоенными участками промышленными параметрами как по горно-техническим условиям, так и по качеству сланца.

По результатам предварительной разведки Управления геологии Эстонской ССР, законченной в 1982 году, на окраинных частях Эстонского месторождения, к югу и западу от детально разведенных (разрабатываемых и резервных) площадей, выявлены балансовые запасы категории  $C_1$  в количестве 2,84 млрд. т горной массы на общую мощность промышленной пачки с теплотой сгорания 6,100–7,500 МДж/кг (в среднем 6,8 МДж/кг) или около 2 млрд. т условно чистого сланца, что эквивалентно количеству запасов условного топлива около 0,6 млрд. т. При подсчете балансовых запасов здесь приняты менее жесткие кондиции на промышленную пачку по сравнению с северной детально разведенной частью месторождения, как по ее мощности, так и по теплоте сгорания горной массы (6,1 МДж/кг против 7,55 МДж/кг). По расчетам Управления геологии Эстонской ССР эти запасы могут обеспечить существование трех сланцевых шахт с общей годовой производственной мощностью 19 млн. т товарного сланца на срок 50 лет. Балансовые запасы категории  $C_1$  ограничены здесь с юга и запада изолинией удельной теплоты сгорания горной массы около 6 МДж/кг, с которой практически совпадает изолиния удельного выхода условного топлива по промышленной пачке 0,6 т/м<sup>2</sup> (рис. 7.1).

Южнее контура балансовых запасов категории  $C_1$  на площади, ограниченной с юга изолиниями удельного выхода условного топлива 0,5 т/м<sup>2</sup> и теплотой сгорания горной

массы 4 МДж/кг, разведаны забалансовые запасы категории  $C_2$  в количестве 1,94 млрд. т горной массы.

Приращение сколько-нибудь значительных балансовых запасов сланца к уже разведенным на Ленинградском месторождении не ожидается: северная граница месторождения здесь характеризуется постседиментационным размывом промышленной пачки, а на южной границе полей действующих шахт, резервных участков и находящегося под детальной разведкой Восточного участка промышленные параметры промпачки для этого становятся предельными.

Сравнивая для Прибалтийского сланцевого бассейна стоимость по существующей шкале цен одной тонны условного топлива горючего сланца и оценки приведенных затрат на ее добычу по работам Э.Рейнсалу (1981, 1983), на нашем рис. 7.1 можно показать границу района рентабельности работы сланцедобывающих шахт, которая в южной, западной и восточной частях бассейна практически совпадает с изолинией удельной теплоты сгорания горной массы по промышленной пачке 8,0 МДж/кг. На этой площади Эстонского месторождения расположены поля всех действующих сланцедобывающих предприятий (из них по шахте Эстония только северная половина шахтного поля) и на западе месторождения крайние северные части резервных шахтных полей (№ 12, 13) и перспективного для разведки участка (ш.п. 39-42). На Ленинградском месторождении граница рентабельной работы шахт выходит за пределы зоны, ограниченной изолинией 8,0 МДж/кг.

Граница бассейна по изолинии удельного выхода условного топлива 0,5-0,6 т/м<sup>2</sup> и удельной теплоты сгорания горной массы по промышленной пачке 6,0 МДж/кг представляет интерес с точки зрения, что если в пределах ее еще можно получить товарный сланец, по качеству удовлетворяющий требованиям действующих ГОСТ, то, судя по тем же работам Э.Рейнсалу (1981, 1983) приведенные затраты на добычу тонны условного топлива горючего сланца по мере продвижения к указанной границе фронта добывающих работ будут расти до двойного размера. На Эстонском месторождении на эту площадь приходятся резервные балансовые запасы категории А+В+С<sub>1</sub> (ш.п. № 12, 13 и 14) и балансовые запасы категории С<sub>1</sub>, выявленные в крайних ее частях в 1982 году предварительной разведкой Управления геологии Эстонской ССР. На Ленинградском месторождении сюда входят все разведанные запасы категории А+В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub>.

По запасам сланца в бассейне на площадях за пределами изолинии удельного выхода условного топлива 0,5-0,6 т/м<sup>2</sup> и изолинии удельной теплоты сгорания 6 МДж/кг требуется всестороннее изучение технологических и технико-экономических вопросов их отработки, а также и выяснение возможности получения при этом товарного сланца нужного качества, имея в виду прогрессирующее здесь ухудшение качества сланца в залежи, уменьшение полезной мощности промпачки и осложнение горно-геологических условий.

Резервом горючих сланцев-кукристов в Эстонской ССР в дальнейшем может оказаться Тапаское месторождение, на котором Управление геологии Эстонской ССР в 1982 году закончило поисково-оценочные геолого-разведочные работы. Как уже сказано выше, в верхней части кукурузеского горизонта среднего ордовика на этом месторождении находится пласт кукерсита сложного строения - пласт III, который в будущем, возможно, будет иметь промышленное значение. Максимальные показатели мощности и теплоты сгорания сланца этого пласта находятся в центральной части месторождения, откуда они уменьшаются во всех направлениях и значительно более быстро в меридиональном направлении вкрест простирации залежи. Общая мощность пласта колеблется от 1,6 до 2,3 м. Глубина залегания его в среднем 120 м. Распространение пласта III с параметрами возможно промышленного значения ограничивается здесь изолинией выхода условного топлива по нему 0,5-0,6 т/м<sup>2</sup> и практически совпадающей с ней изолинией теплоты сгорания горной массы 6 МДж/кг, как и на Эстонском месторождении по промышленной пачке А-С<sub>2</sub> (рис. 7.1). Предварительно оцененные по категории С<sub>2</sub> запасы сланца по

пластиу III Тапасского месторождения почти равнозначные по количеству и качеству запасам сланца категории  $C_1$  в окраинных частях Эстонского месторождения, но все же следует ожидать, что на Тапаском месторождении будет заметно меньше процент выхода товарного сланца от исходной (добыываемой) горной массы и немногим ниже теплота сгорания получаемого товарного сланца.

В итоге можно заключить: поскольку в Прибалтийском сланцевом бассейне балансовые запасы горючих сланцев-кукерситов ограничены, по мере отработки которых, как это уже стало проявляться на практике, стоимость производства товарного сланца прогрессивно будет расти, а качество последнего снижаться, то неотложно требуется более тщательное и всестороннее изучение этого вопроса с целью разработки действенных мероприятий, направленных в перспективе на рациональное освоение топливных ресурсов бассейна в целом. Особо важное значение имеет при этом максимально полное использование запасов наилучшей центральной части бассейна, уменьшение потерь при добыче, обогащении и использовании сланца.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной монографии в качестве новых результатов по исследованию Прибалтийского бассейна горючего сланца-кукерсита рассматриваются: а) биомикростратиграфическое обоснование детального расчленения сланценосной толщи, б) сводная схема индексации сланцевых слоев всей толщи, в) детальная корреляция сланцевых и промежуточных породных слоев в пределах всей сланценосной фациальной зоны, г) выяснение площадных закономерностей строения и состава промышленной пачки A-F<sub>2</sub> бассейна в целом, д) выявление фациальной позиции зоны максимального кукерситонакопления вблизи зоны нулевой седиментации, на фоне общей фациальной зональности бассейна морской седиментации, е) систематизированное описание тектонических дислокаций сланценосной толщи, ж) схема тектонического районирования промышленной и перспективных зон сланцевого бассейна, з) закономерности изменения промышленных параметров пачки эксплуатируемых сланцевых слоев A-F<sub>2</sub>.

Результаты работы могут служить базисом для развития детальных исследований закономерностей вещественного состава сланценосной толщи и условий образования кукерсита уже на микрофациальной основе.

Выявление закономерности строения сланценосной толщи и ее продуктивных элементов полезных для геолого-экономической оценки потенциальных ресурсов бассейна в целом и для планирования рационального использования их. Авторы надеются также, что установление особенности кукерситонакопления содействует дальнейшему развитию фундаментальных проблем геологии горючих сланцев.

## Литература

- Аалоэ А.Р. Расчленение промышленной пачки кукарсита Прибалтийского бассейна по текстурным признакам. - Изв. АН ЭССР. Химия. Геология, 1975, 24, № 3, с. 227-232.
- Аалоэ А.Р. Закономерности строения промышленной пачки кукарсита Прибалтийского бассейна и некоторые вопросы кукарситонакопления. - 6003-83, деп. ВНИТИ, 1983.
- Аалоэ А.Р., Вийдинг Х.А. Литологическая классификация пород промышленной пачки кукарсита. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1983, 32, № 4, с. 157-163.
- Алихова Т.Н. Стратиграфия ордовикских отложений Русской платформы. Москва, 1960.
- Асаткин Б.П. Новые данные по стратиграфии нижнего силура Ленинградской области. - Изв. Всесоюзн. геол.-разв. объед., 1931, вып. 81.
- Астафьев М.П. К вопросу качественной характеристики промышленного пласта А-Р<sub>2</sub> (включая прослои известняков) Эстонского месторождения горючих сланцев. - Сланцевая и химическая промышленность, 1966, 2, с. 3-7.
- Бауков С.С. О геолого-промышленной оценке горючих сланцев Прибалтики. - В кн.: Сланцевольные материалы в строительстве. Тр. II совещания по расширенному использованию в строительстве неорганической части сланца-кукарсита. Таллин, 1955.
- Бауков С.С. Геотектонические условия сланценакопления. - Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 1956. Т. I, с. 95-104.
- Бауков С.С. Закономерности вещественного состава горючего сланца Прибалтийского сланцевого бассейна. - Тр. Ин-та геологии АН ЭССР. Т. II, 1958, с. 49-72.
- Бауков С.С. Горючие сланцы. - В кн.: Геология СССР. Т. XXVIII. Эстонская ССР. Москва, 1960, с. 254-273.
- Бауков С.С. Критерии геолого-промышленной оценки Прибалтийского сланцевого бассейна. - Изв. АН ЭССР. Химия. Геология, 1968, 17, № 2, с. 154-165.
- Бауков С.С. Кукарситы Эстонской ССР и Ленинградской области. - В кн.: Формации горючих сланцев. Таллин, 1973, с. 17-38.
- Бауков С.С., Тубли Т.А., Каттай В.А., Морозов О.В. Потенциальные ресурсы горючих сланцев Эстонского месторождения. - Горючие сланцы, 1977, № I, с. 13-16.
- Бауков С.С., Морозов О.В. Тубли Т.А. Ресурсы Эстонского месторождения горючих сланцев. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1982, 31, № 3, с. 100-104.
- Бауков С.С., Морозов С.В., Тубли Т.А. Закономерности изменения основных параметров промышленной пачки горючего сланца Эстонского месторождения. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1982, 31, № 4, с. 140-145.
- Бауков С.С., Морозов О.В., Тубли Т.А. Прогноз качества товарного сланца на периферических участках Эстонского месторождения. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1983, 32, № I, с. 9-15.
- Вахер Р.М., Пуура В.А., Эрисалу Э.К. Тектоническое строение Северо-Восточной Эстонии. - Тр. Ин-та геол. АН ЭССР. Геология палеозоя. 1962, Т. X, с. 319-355.
- Вахер Р.М., Кууспала Т.М., Пуура В.А., Эрисалу Э.К. О геологическом положении сульфидных рудопроявлений в районе Ульясте. - В кн.: Литология палеозойских отложений Эстонии. Таллин, 1964, с. 33-53.
- Вахер Р.М. Тектоника фосфоритно-сланцевого бассейна Северо-Восточной Эстонии. Автореф. канд.дис. Минск, 1983.
- Газизов М.С. Некоторые данные о строении, составе и условиях образования горючих сланцев Эстонской ССР. - Техн. информ. бюлл. (Эст.респ. научн.-техн. горн. общ.). Йыхви, 1957, 5-18.

- Газизов М.С. К вопросу о морфологии и происхождении глубинного карста в Прибалтийском сланцевом бассейне. - Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 1958, Т. II, с. 133-162.
- Газизов М.С. Карст и его влияние на горные работы. - Москва, 1971.
- Газизов М.С., Дружин Х.А. Результаты изучения глубинного карста по шахтам комбината "Сланцы". - В кн.: Тезисы докл. к междуведомств. совещанию по шахтным водам на предприятиях горнодобывающ. пром. Сев.-зап. экон. района РСФСР. - Л. 1964.
- Гатальский М.А. Микродислокация и трещиноватость пород в районе Прибалтики и их значение в миграции и распределении флюидов. - Тр. ВНИГРИ, 1959, вып. 131, Геол. сб. № 4, с. 65-77.
- Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. Т. II. Под редакцией В.А. Котлукова, С.С. Баукова и Э.А. Мустайги. Москва, 1968.
- Данилова Г.А., Дубарь Г.П., Кирюков В.П., Майоров Н.Ф. Сланценосная толща и геология карста Ленинградского месторождения горючих сланцев. - В кн.: Горногеологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев. Л., 1973, с. 16-53.
- Доманова Н., Каттай В. Гидрогеологические условия северо-восточной части Ахтмского тектонического нарушения. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1980, 29, № 4, с. 158-166.
- Дубарь Г.П., Левин А.С. Особенности геологического строения и изучения Ленинградского месторождения горючих сланцев. - В кн.: Формации горючих сланцев. Таллин, 1973, с. 39-53.
- Залесский М.Д. О морском сапропелите силурийского возраста, образованном сине-зеленой водорослью. - Изв. Имп. АН. сер. УГ, т. XI, 1917, с. 3-18.
- Каттай В., Вингисаар П. Строение зоны Ахтмского тектонического нарушения. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1980, 29, № 2, с. 55-62.
- Каттай В.А. Общие закономерности изменения основных параметров промышленного пласта Эстонского месторождения. - В кн.: Вопросы геолого-маркшейдерской службы на сланцевых шахтах. Таллин, 1981.
- Лашков Е.М. Ритмы седиментации ордовика Южной Прибалтики. - В кн.: Фации и геохимия карбонатных отложений. Тезисы докладов. Л. - Таллин, 1973, с. 89-91.
- Левин А.С., Понькина Т.А. Анализ исходных материалов поисковых работ Тапасского сланцевого района. - Горючие сланцы. Инф. сер. I, 1980, № 5, 16-22.
- Левыкин В.В. Горючие сланцы Прибалтики, Л.-М. 1947.
- Луха А. Полезные ископаемые Эстонской ССР. Тарту, 1948.
- Мянниль Р.М. Вопросы сопоставления ордовикских отложений Эстонии и Ленинградской области. - Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 1963. Т. XIII, с. 3-40.
- Мянниль Р.М. История развития Балтийского бассейна в ордовике. Таллин, 1966.
- Мянниль Р.М. Распределение граптолоидов в карбонатных отложениях ордовика Прибалтики. - В кн.: Граптолиты и стратиграфия. Таллин, 1976, с. 105-118.
- Мянниль Р. О стратиграфической схеме расчленения кукурузеского горизонта в стратотипической области. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1984, 33, № 22, с. 46-54.
- Мянниль Р., Бауэрт Х. Строение кукурузеского горизонта по меридиональному профилю через Эстонское и Тапаское месторождения горючих сланцев-кукерситов. - Изв. АН ЭССР. Геология, 1984, 33, № 3/4, с. 113-119.
- Мянниль Р.М., Рымусох А.К. Ревизия литостратиграфической схемы расчленения ордовика Северной Эстонии. - В кн.: Стратиграфия древнепалеозойских отложений Прибалтики. Таллин, 1984, с. 52-62.
- Насонова Н.М. Структурно-текстурные особенности пород промышленного пласта Эстонского месторождения горючих сланцев. - Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, 1962. Т. X, с. 205-214.

- Орвику К.К. О литостратиграфии волховского и кундаского горизонтов в Эстонии. - Тр. Ин-та геол. АН ЭССР. Т.У, 1960, с. 45-87.
- Оясте К.Я. О составе известняковых включений в сланцевых слоях Эстонского месторождения. - Тр. Таллинского политехн. ин-та, сер. А, 1963, 203, с. 23-24.
- Паукер Н.Г. Характеристика карстовых проявлений на Ленинградском месторождении горючих сланцев и их классификация. - В кн.: Горногеологическое значение карста на Ленинградском месторождении горючих сланцев. Л., 1973, с. 54-79.
- Прогноз горючих сланцев Европейской части СССР. Под редакцией В.А. Котлукова и С.С. Баукова. Таллин, 1974.
- Пуура В.А. Структура южного склона Балтийского щита. Автореф. канд. дис. Таллин, 1974.
- Пуура В., Судов Б. О зонах платформенной тектонической активизации южного склона Балтийского щита и их металлогении. - Изв. АН ЭССР. Химия. Геология, 1976, 25, № 3, с. 206-214.
- Пуура В.А. Об унаследованности дифференцированных тектонических движений на южном склоне Балтийского щита. - В кн.: Проблемы унаследованности тектонических структур в Прибалтике и Белоруссии. Таллин, 1979, с. 13-19.
- Пушкин В.И., Ажиревич Л.Ф. О керогенсодержащих породах ордовика Подляско-Брестской впадины. - Докл. АН БССР, 1982, т. XXI, № 3, с. 255-258.
- Пылма Л. Сравнительная литология карбонатных пород ордовика Северной и Средней Прибалтики. Таллин, 1982.
- Рейнсалду Э.Я. К вопросу о технологическом и технико-экономическом районировании Эстонского месторождения горючих сланцев. - В сб. Вопросы геологомаркшейдерской службы на сланцевых шахтах. Таллин, 1981, с. 13-23.
- Рейнсалду Э.Я., Кальювэ Э.Г., Фрайман Я.Б. Экономико-математические модели прогнозирования развития добычи горючих сланцев. М. 1983.
- Решения межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы, 1962 г., Л. 1965.
- Решения межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Прибалтики, 1976. Л., 1978.
- Рымусоокс А. Стратиграфия кукурузного горизонта (С<sub>II</sub>) Эстонской ССР. - Уч. зап. ТГУ, 1957, вып. 46, с. 101-130.
- Рымусоокс А. Ордовикская система. - В кн.: Геология СССР, т. XXIII, М. 1960, с. 55-113.
- Рымусоокс А.К. Стратиграфия вируской и харьюской серий (ордовик) Северной Эстонии, I. Таллин, 1970.
- Саломон А.П. Геолого-промышленная характеристика горючих сланцев Ленинградского административно-экономического района. - В кн.: Мат. по геол. и пол. ископ. Сев.-Зап. РСФСР. Л., 1960, Т.2, с. 23-46.
- Селиванова В.А. Ордовикская система. - В кн.: Геология СССР. Т. I. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. М. 1971, с. 127-173.
- Тектоника Прибалтики. Вильнюс, 1979.
- Формации горючих сланцев (методы изучения и генетическая классификация). Под редакцией С.С. Баукова и В.А. Котлукова. Таллин, 1973.
- Хейнсалду Ю. Характеристика трещиноватости пород и зон геологических нарушений. - В кн.: Трещиноватость в районе сланцевых шахт Эстонии и геофизические методы ее изучения. Таллин, 1975.
- Эйнасто Р.Э. Классификация седиментационных циклов Прибалтики по данным фациального анализа. - В кн.: Фации и геохимия карбонатных отложений. Тезисы докладов. Л. - Таллин, 1973, с. 94-96.

- Barnes, V.R., Norford, B.S., and Skevington, D. The Ordovician System in Canada. - Int. Union of Geological Sciences. Publication N 8. Paris-Ottawa, 1981, p. 1-27.
- Bekker, H. The Kuckers stage of the Ordovician rocks of NE Estonia. - Acta et Comment. Univ. Tartuensis, ser. A, II. Tartu, 1921, Nr. 1.
- Bekker, H. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafast ja faunast. - Tartu Ülikooli Toimetised, ser. A, VI. Tartu, 1924, nr. 1.
- Bergström, S.M. Conodont biostratigraphy of the Middle and Upper Ordovician of Europe and eastern North America. - Geol. Soc. Am. Memoir 127, 1971, p. 83-157.
- Jaanusson, V. Über die Stratigraphie der Viru resp. Chasmopsserie in Estland. - Geol. Fören Förhandl. Bd. 67, H. 2. Stockholm, 1945, S. 212-224.
- Jaanusson, V. The Viruan (Middle Ordovician) of Öland. - Bull. Geol. Inst. Uppsala, vol. XXXVIII, 1960, p. 207-288.
- Luha, A. Eesti NSV maavarad. - Eesti NSV Tartu Riikliku Ülikooli geoloogilised tööd. 2. Tartu, 1946.
- Luts, K. Der estländische Brennschiefer Kukersit, seine Chemie, Technologie und Analyse. Reval, 1934.
- Orviku, K. Uhaku. Kirde-Eesti karstiala stratigraafast ja geomorfoloogiast. - Tartu Ülik. Geol. Inst. Toim., 14, 1929.
- Orviku, K. Lithologie der Tallinna-Serie (Ordovizium, Estland). 1 - Acta et Comment. Univ. Tartuensis (Dorpatensis). Ser. A, XXXVI, 1940, vol. 1.
- Reinvaldt, I. Störungen im Brennschiefergebiet Estlands. - Tehnika Ajakiri, Tallinn, 1935, nr. 9, lk. 226-228.
- Ross, R.J. and others. The Ordovician System in the United States. - Int. Union of Geological Sciences. Publication N 12. Paris - Ottawa, 1982, p. 1-73.
- Rõõmusoks, A. Eesti aluspõhja geoloogia. Tallinn, 1983.
- Schmidt, Fr. Untersuchungen über die silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Ösel. - Archiv f.d. Naturk. Liv-, Est- und Kurlands. I Ser. II Bd. Lief. 1. Dorpat, 1858.
- Öpik, A. Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe. - Acta et Comm. Univ. Tartuensis, A XVII, 1. Tartu, 1930.

Balti põlevkivibasseini kukersiidikihtkonna ehitus

Resüümee

Monograafias on esitatud Balti põlevkivibasseini - Eesti, Leningradi ja Tapa maardla, aga ka tema äärealade kukersiidikihtkonna biostratigraafia, litoloogia ja tektoonika ning tootuslasundite parameetrite muutlikkuse uurimise tulemused. Originaalsete uurimistööde põhitulemuste hulka kuuluvad: 1) Uhaku ja Kukruse lademe kukersiidikihtkonna stratigraafilise liigestuse koondskeem, 2) sama vahemiku kukersiidikihtide indekseerimise koondskeem, 3) põlevkivi- ja lubjakivikihtide korrelatsioon kogu basseini piires, 4) tootuskjhindi ( $A-F_2$ ) ehituse pindalaliste seaduspärasuste kirjeldus, 5) kukersiidikuhje fatsiaalsete tingimuste määratlemine, 6) basseini tektooniliste rikete klassifitseerimine, 7) basseini tektoonilise rajoneerimise kaart, 8) tootuskihindite tootlikkuse jt. parameetrite muutlikkuse iseloomustus.

Esitatud tulemused võimaldavad edaspidi süvendatult uurida kukersiidikihtide ja kogu kihikonna ainelise koostise kujunemise seaduspärasusi ning põlevkiviresursside ratsionaalset kasutamist.

Geology of the Kukersite-Bearing Beds of the  
Baltic Oil Shale Basin

Summary

The Baltic Basin and the exploited Estonian and Leningrad oil shale - kukersite deposits belong to the classical objects of the oil shale geology. However, the well-known generalizing works "Geology of coal and oil shale deposits in the USSR", v. 11, (1968), "Oil-shale formations", (1973) and "Oil shale forecast", (1974) give the description of the basin mostly considering the data obtained through the investigation of the central exploited parts of these deposits. Wide marginal areas of the basin became accessible for the investigation only in the result of drilling carried out recently. Thus the characterization of the whole basin (the eastern wing excluded) is given here for the first time.

The Middle Ordovician oil shale-bearing beds are exposed only in the northern margin of the basin whereas even there the outcrop is in a bad state (Fig. 1.1.). Due to southward dipping of the beds and the relief elevation in the same direction, the oil shale seams lie deeper in the south (Fig. 1.2.). By now more than 10 000 borings have been penetrated within the basin. Sections which have undergone detailed biomicrostratigraphical studies or visual descriptions, were taken as a basis for the subdivision of the oil shale-bearing beds (Fig. 1.1.).

Systematic geological investigation of the oil shale-bearing beds within the whole Baltic Basin was started in 1979 at the Institute of Geology, Acad. Sci. of the Estonian SSR. The main attention is paid to the richest oil shale-bearing upper part of the Uhaku Regiostage and to the Middle Ordovician Kukruse Regiostage ( $Cyc^2$ -C<sub>II</sub>) - oil shale-bearing beds *sensu stricto*. Chapter 2 provides results of detailed stratigraphical investigations. In the course of work unequal stratigraphical completeness of the kukersite-bearing beds was established in different parts of the basin. Due to this the composite stratigraphical sequence of the beds (Fig. 2.1.1.) was compiled by combining individual sections of subdivisions from various regions of North Estonia where they are best represented. On the basis of such a composite sequence the beds are subdivided into local units - formations, members and submembers and their connection with the units of a regional and general stratigraphical scale is brought out. Fig. 2.1.1. presents the majority of the established kukersite layers of the Uhaku and Kukruse Regiostages and traditionally they are provided with indexes - letters: small letters of the Latin alphabet denote the kukersite layers of the Uhaku Regiostage, capital letters of the Latin alphabet and Roman numbers correspondingly mark the lower and upper complexes of the kukersite layers of the Kukruse Regiostage. Detailed zonality of deposits is defined considering the results of a complex biomicrostratigraphical investigation of acid-resistant trace fossils - chitinozoans, graptolites, conodonts - as shown on the right in Fig. 2.1.1.

For the correlation of the studied sections and for tracing different units (including separate oil shale layers) within the whole basin were used visually noticeable marker beds of kukersite, limestone, bentonite, discontinuity surfaces. In some cases there were indispensable detailed micropaleontological investigations (Ch. 3). Subdivision and correlation of definite sections of the Uhaku and Kukruse Regiostages by meridional and latitudinal cross-sections are given in Figs 3.1.1...3.1.3 and 3.2.1...3.2.3.

Most thoroughly was studied the commercial seam of the Estonian and Leningrad deposits at the interval of oil shale layers A-F<sub>2</sub> (Ch. 4). Latitudinal and merid-

ional cross-sections illustrate the changes in the thickness and structure of the commercial seam and its separate layers in space (Figs 4.3.1 and 4.3.2). Lateral variations of the oil shale beds drawn on the basis of their structural features are given in Fig. 4.4.1. In its greatest thickness the commercial seam A-F<sub>2</sub> occurs in the central northern part of the Estonian deposit where all layers are represented most completely. By this the lower part (layers A-C) is best developed at the town of Kohtla-Järve, the upper part (E-F) however, somewhat to the west, near the town of Kiviõli.

Exact data about the geology of the beds for the first time enabled to study the areal and temporal peculiarities of kukersite accumulation within separate stratigraphical units - members, submembers, even layers and beds (Ch. 5). Most valuable for the study were kukersite beds of the upper complex of the Kukrusse Regiostage which in the western part of the basin are completely preserved within their genetical boundaries. Here a lawful connection between the kukersite facies and the hardground facies (Figs 5.1.1...5.1.3) was noticed for the first time.

The authors have determined the exact position of the area of Middle Ordovician kukersite accumulation in the general facial zonality of the Baltic Palaeobasin. It belongs to the northern marginal part of the shallow normal water epi-continental basin, in the south bordering with the Finnish lowland. In this chapter also the isolation of the kukersite-bearing facies from that of black graphitic kerogen-bearing rocks is shown. This facies is of the same age with the previous one belonging to the more offshore part of the basin near the outer margin of the platform (Figs 5.2.1, 5.2.2).

Chapter 6 deals with the tectonics of the basin, mostly of its central commercial and perspective parts. Here the dislocation types of kukersite-bearing beds dipping southwards are listed and shortly described, comparative characteristics of postsedimentary linear dislocation zones typical for the basin (Table 6.1 T) are given. It was stated that an overwhelming majority of dislocations of the north-eastern direction have a risen south-eastern wing. Regional linear dislocations break the basin into separate blocks which serve as the main structural elements of the basin (Fig. 6.1.1). This chapter gives the description of these blocks and of their inner dislocated nature.

Lateral variations of kukersite accumulation cause also changes in the productivity and other geological-economical parameters of the commercial seam: thickness of different oil shale layers, their quality (caloric value, oil yield, etc.). The authors have established correlative deterioration of qualitative and quantitative parameters of the commercial seam A-F<sub>2</sub> from the centre of the basin to its peripheral parts. It takes place more rapidly from the north to the south than from the centre to the west or to the east (Ch. 7).

The present study deals with the geology of the oil shale-bearing beds. Microfacial analysis and the investigation of various aspects of the changes in the material composition of the kukersite beds and limestone interbeds are to be carried out in future.

### Explanation to the Figures

Fig. 1.1. Sketch map of the Estonian, Leningrad and Tapa deposits and the studied sections of the kukersite-bearing beds. 1-3 - studied boring sections (1-2) and outcrops, mines and quarries (3), their numbers or names (1-sections investigated by palaeontological methods); 4-6 - stratigraphical units: Kukruse Regiostage (4), Vendian and Cambrian (V, E), Lower and Middle Ordovician (O<sub>1</sub>, A<sub>II</sub>-C<sub>IC</sub>) from the Pakerort to Uhaku Regiostages, Middle Ordovician (O<sub>2</sub>; C<sub>III</sub>-E) from the Idavere to Rakvere Regiostages, Upper Ordovician (O<sub>3</sub>; F<sub>IA</sub>-F<sub>II</sub>) from the Nabala to Porkuni Regiostages, Lower Silurian (S<sub>1</sub>) and Middle Devonian (D<sub>2</sub>, with a discordant boundary of the base); 7 - conditional outer margins of the perspective resources of the Estonian (3), Leningrad (J) and Tapa (T) deposits; 8-9 - guide cross-sections along the lines of boreholes and outcrops of the oil shale-bearing beds C<sub>IC</sub><sup>2</sup>-C<sub>II</sub> (8): A-A' - Tamsalu meridional cross-section, B-B' - Kiviõli meridional cross-section, C-C' - latitudinal (longitudinal) section, and the commercial seam of the Estonian and Leningrad deposits (9).

Fig. 1.2. Geological cross-section of the western part of the Estonian oil shale deposit. 1 - limestone, 2 - dolomite, 3 - kukersite commercial seams: a-A-F<sub>2</sub>, 6-III layer, 4 - clayey-siltysandy deposits, 5 - crystalline rocks, 6 - zone of fracture.

Fig. 2.1.1. Stratigraphy of the kukersite-bearing beds (North Estonia).

Fig. 3.1.1. Correlation of the Upper Uhaku deposits (C<sub>IC</sub><sup>2</sup>) along the Tamsalu meridional cross-section B-B'. Legend see Fig. 3.1.3. Location of the cross-section see Fig. 1.1.

Fig. 3.1.2. Correlation of the Upper Uhaku deposits (C<sub>IC</sub><sup>2</sup>) along the Kiviõli meridional cross-section B-B'. Legend see Fig. 3.1.3.

Fig. 3.1.3. Correlation of the Upper Uhaku deposits (C<sub>IC</sub><sup>2</sup>) along the latitudinal section C-C'. 1 - kukersite with nodules of kerogenous limestone, 2-6 - limestone: kerogen-bearing and kerogenous with kukersite interbeds and lenses (2), kerogenous with kukersite lenses (3), slightly clayey with kukersite lenses (4), medium clayey nodular with kukersite lenses (5), limestone, strongly clayey (to limy marls), fine-nodular (6), 7 - limy marl, fine-nodular, 8 - limy marl, massive, 9 - metabentonite bed, 10 - discontinuity surface, 11 - boundary of members, 12 - boundary of submembers.

Fig. 3.2.1. Correlation of the Kukruse deposits (C<sub>II</sub>) along the Tamsalu meridional cross-section A-A'. Legend see Fig. 3.1.3.

Fig. 3.2.2. Correlation of the Kukruse deposits (C<sub>II</sub>) along the Kiviõli meridional cross-section B-B'. Legend see Fig. 3.1.3.

Fig. 3.2.3. Correlation of the Kukruse deposits (C<sub>II</sub>) along the latitudinal cross-section C-C'. Legend see Fig. 3.1.3.

Fig. 3.2.4. Kukersite-bearing beds in the meridional cross-section (A-A') of the Kukruse Regiostage (C<sub>II</sub>). Layers: 1 - relatively rich in kerogen, 2 - relatively poor in kerogen, 4 - discontinuity surface, 3 - limestone.

Fig. 3.2.5. Scheme of kukersite-bearing beds of the Kukruse Regiostage (C<sub>II</sub>) by the Tamsalu meridional cross-section. Layers: 1 - relatively rich in kukersite, 2 - limestone with inconsiderable kukersite admixture, 3 - kukersite-bearing and kerogen-bearing limestone, 4 - discontinuity surface.

Fig. 4.1.1. Correlation of subdivision schemes of the commercial seam in the Estonian (Aaloe, 1975, 1978) and Leningrad (Salomon, 1960, Geology..., 1968) deposits.

Fig. 4.2.1. Classification of rocks of the commercial kukersite seam A-F<sub>2</sub> by the composition. Fields I-VIII see Table 4.2 T. Contour lines show the composition of separate layers by the data obtained through the sampling of the commercial seam in the exploited open-casts and mines of the Estonian and Leningrad deposits.

Fig. 4.3.1. Latitudinal section D-D' of the units of the commercial seam A-F<sub>2</sub>: 1 - kukersite, 2 - interrupted kukersite interbeds, 3 - kerogen-bearing limestone, 4 - clayey limestone, 5 - strongly clayey limestone, 6 - marl, 7 - tracks of mud-eaters, 8 - discontinuity surfaces.

Fig. 4.3.2. Submeridional cross-section E-E' of the commercial seam A-F<sub>2</sub>. Legend see Fig. 4.3.1.

Fig. 4.4.1. Zonation sketch-map of the commercial seam. I-III zones of a different structure (explanation in the text).

Fig. 5.1.1. Position of the kukersite layers in the Tamsalu meridional cross-section of the stratigraphical units C<sub>Ib</sub>-C<sub>III</sub> (on the left) and lithological sketch-maps of different moments of the history of kukersite accumulation in the Early Viruan time (on the right) 1-2 - kukersite beds relatively rich (1) and relatively poor (2) in kerogen, 3-8 - limestones: relatively pure (4), aphanitic (5), multicoloured (6), with ooids (7), with pyritized detritus (8), 9-10 - distribution of kukersite (9) and kerogenous and kerogen-bearing deposits (10), 11 - lack of sedimentation (hardground), 12 - metabentonite bed, 13 - discontinuity surface. Explanations to the lithological sketch-maps A-X see in the text.

Fig. 5.1.2. Position of the kukersite beds of the stratigraphical units C<sub>Ib</sub>-C<sub>III</sub> in the latitudinal section C-C'. Legend see Fig. 5.1.1.

Fig. 5.2.1. Distribution of kerogen and bitumen in Post-Tremadoc Ordovician deposits of North and Middle East Baltic (Põlma, 1983). 1 - kerogen of kukersite, 2 - kerogen of black argillites, 3 - oil bitumen.

Fig. 5.2.2. Lithological-palaeogeographical sketch-maps of the Baltic Basin at the main stage of kukersite accumulation (Nemagraptus gracilis time, Middle Ordovician). 1 - graptolitic argillites, 2 - clayey detritic limestones, 3 - limy marls, 4 - detritic limy marls, 5 - rich kukersite occurrences, 6 - poor kukersite occurrences, 7 - supposed margin of the sedimentary area, 8 - erosional boundary of deposits, 9 - boundary of the zone of the greatest kukersite accumulation, 10 - outer boundary of the area of kukersite accumulation, 11 - boundary of the distribution of faunas: C - Scandinavian, E - East-Baltic, M - Moscow, 12 - Tornquist Line (platform margin).

Fig. 6.1.1. Map of tectonics and tectonic regioning of zones of commercial and perspective resources of the Baltic Basin (Estonian, Leningrad and Tapa deposits). 1 - boundaries: a - erosional of the Kukruse Regiostage C<sub>II</sub>, 6 - disconformable erosional of the Hercynian complex (Middle Devonian); 2 - buried valleys in the northern part of the oil shale basin: Ce - Selja, Ky - Kunda, Py - Purtse, Ba - Vasavere, 3 - conditional outer margins of the zone of perspective resources of the Estonian (3), Leningrad (2), Tapa (1) deposits, 4 - linear dislocation zones, flexure wing: a - established, 6 - supposed; alphabetical indexes of the zones:

Ka - Kaiu, Be - Vetla, ПД - Paide, BT - Viitna, Aa - Aaspere, Kx - Kahala, Pk - Rakvere, СМ - Sömeru, Az - Aseri, Ax - Ahtme, Px - Rahkla, УД - Udriku, Ty - Tudu, Bp - Virunurme, BB - Viivikonna, Cp - Sirgala, ЗГ - Zagrivje; 5 - Tapa fault zone (ТП), 6 - contour lines at the base of the Kukruse Regiostage (a-б) at 50 m (a), at 10 m (б) and at 5 m (в) and along the base of the Lower Silurian (г). 7 - anticlines: Co - УЛ - Sonda-Uljaste Group, Ac - Assamalla, 8 - Sämi syncline. Roman numbers denote monoclinal blocks (structural regions): I - Kehra (preliminary name), II - Rakvere, III - Kohtla, IV - Kuremäe, V - Slantsö.

Fig. 6.1.2. Sections of linear zones of tectonic dislocations: a - Viivikonna, б - Ahtme. I - Quaternary deposits, 2 - limestone, 3 - clayey limestone, 4 - dolomite, 5 - clayey dolomite, 6 - kukersite, 7 - karst clays.

Fig. 6.1.3. Structure of oil shale-bearing deposits on the basis of mine-surveying levelling. 1 - contour lines of the base of the Kukruse Regiostage, 3-4 - karst zones by the results of mining works (3) and electric prospecting (4), Ahtme dislocation, 5 - mine boundaries.

Fig. 7.1. Caloric value of the rocks mass and specific yield of provisional fuel by commercial seams of the deposits in the zones of commercial and perspective resources of the Baltic Oil Shale Basin. 1 - erosional boundary of the Kukruse Regiostage, 2 - isolines of the specific yield of provisional fuel ( $T/m^2$ ), 3 - isolines of the caloric value of the rock mass ( $Q^c$ , MJ/kg): a - of the commercial seams of the Estonian and Leningrad deposits, б - of the III layer of the Tapa deposit, 4 - exploited areas and those prepared for mining, 5 - linear tectonic dislocations of the I (a) and II (б) order; Roman numbers denote: I - areas of the exhausted mines (Kukruse, Käva, No. 4), II-V - areas of the acting mines (II - October open-cast pit, Kiviöli, Kohtla, Sompa, Ahtme, Viru mines); III - Viivikonna, Sirgala, Narva open-cast pits; IV - Estonia mine; V - Leningrad mine, the Kirov mine.

Fig. 7.2. Relation between the thickness,  $m(M)$ , caloric value,  $T/m^2$  (ByT) by the commercial seam A-F<sub>2</sub> of the Estonian deposit depending on the position of the latter. Parts of the deposit: 1 - western, 2 - central, 3 - eastern.

Fig. 7.3. Dependence of the caloric value of the total amount of energetic and technological oil shale, MJ/kg (T<sub>с</sub>) and the total yield of these sorts of commercial oil shale from the rock mass, % (B<sub>с</sub>) on the caloric value of the initial rock mass, MJ/kg (T<sub>ИМ</sub>) by the productive seams of the Estonian and Leningrad deposits 1 - by the actual data of the acting mines, 2 - by the prognosis for the marginal parts of the basin.

Fig. 7.4. Actual caloric value (MJ/kg) by the balance of concentration plants and the predicted one at new unexploited areas of the deposits depending on the caloric value (MJ/kg) of the initial rock mass of the commercial seam (T<sub>ИМ</sub>) at the Estonian and Leningrad deposits.

Type of oil shale: 1 - technological, 2 - energetical, 3 - total.

Fig. 7.5. Percentage of the actual yield of commercial oil shale of the initial rock mass (B<sub>с</sub>) by the balance of concentration plants and the predicted one at new unexploited areas of the deposits depending on the caloric value of the initial rock mass of the commercial seam of the Estonian and Leningrad deposits. Type of oil shale: 1 - technological, 2 - energetical, 3 - total.

Академия наук Эстонской ССР. Институт геологии

СТРОЕНИЕ СЛАНЦЕНОСНОЙ ТОЛЩИ ПРИБАЛТИЙСКОГО БАССЕЙНА

ГОРОДИЧИХ СЛАНЦЕВ-КУКЕРСИТОВ

Под редакцией В.Луура

Редакторы С.Новикова, У.Алас

Художественный редактор Х.Пузанов

ИБ № 5890

Подписано в печать 20.03.1986. №В-02476. Бумага

типолрафская № 1. Шрифт машинописный. Ротапринт.

Усл. печ. л. 9,77+0,68 (вклейка). Усл. кр. отт. 10,69.

Уч. изд. л. II,07. Тираж 700 экз.

Заказ № 519 -752. Цена 1 р. 70 к. Заказное

Издательство "Валгус", Пярнуское ш., 10.

Экспериментальный комбинат "Бит", Таллин, ул. Пикк, 68.



Цена 1 р. 70 к.

СТРОЕНИЕ  
СЛАНЦЕНОСНОЙ ТОЛЩИ  
ПРИБАЛТИЙСКОГО  
БАССЕЙНА ГОРЮЧИХ  
СЛАНЦЕВ-КУКЕРСИТОВ

