

УДК 551.732.3(474.2)

Кайса МЕНС*, Энн ПИРРУС*

О РАСПРОСТРАНЕНИИ СРЕДНЕГО КЕМБРИЯ НА СЕВЕРЕ ВООРЕМАА

В статье изложены новые данные о строении песчано-алевритовой толщи нижнего и среднего кембрия в зоне вероятного выклинивания отложений среднего кембрия. Показана сложность стратиграфии данного интервала, рассмотрены его литологические особенности, предложен новый вариант северной границы распространения среднекембрийских отложений.

В связи с выявленной характеристикой отложений среднего кембрия Эстонии (Пиррус, 1991) заслуживает внимания новый керновый материал, доставленный Тартуским отрядом Эстонского геологического центра при съемке Вооремаа на границе Ляэне-Вируского, Ида-Вируского и Йыгеваского уездов. Материал этот, любезно предоставленный нам для изучения А. Пыльдвере, сравнительно представлен — 11 новых скважин характеризуют широтный профиль протяженностью 60 км (табл. 1). Интервал интересующей нас части разреза — от кровли люкатиской свиты нижнего кембрия до подошвы песчаников с лингулатами верхнего кембрия-ордовика — составляет в сумме 208,2 м,

Таблица 1

Представленность исследуемого стратиграфического интервала в разрезе буровых скважин

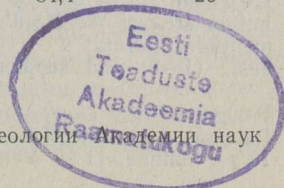
Table 1

Boreholes penetrating the studied stratigraphical interval

Скважина Borehole	Интервал, м Interval, m	Мощность, м Thickness, m	Выход керна Core yield	
			м; м	%
Ваки 67 *	274,6—311,8	37,2	6,7	18
Эйамаа *	249,0—291,2	42,2	16,6	39
Острику 700	236,4—273,2	36,8	15,6	42
Тяхквере 704	234,4—266,4	32,0	20,0	62
Ваали 707	252,5—278,0	25,5+	1,6	6
Эрвита 708	236,0—236,4	0,4+	0,4	100
Капу 709	226,5—259,7	33,2	0	0
Пальгисааре 721	241,0—261,0	20,0+	7,0	35
Кярде 723	240,6—242,6	2,0+	1,0	50
Оти 725	192,7—211,9	19,2+	9,5	49
Тяхквере 726	225,0—246,0	21,0+	4,9	23
Лиластвере 727	202,3—210,0	7,7+	0,6	8
Ульви 728	189,6—200,0	10,4+	0,5	5
Всего		287,6	84,4	29

* Скважины, пробуренные ранее.

* Eesti Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut (Институт геологии Академии наук Эстонии). 200105 Tallinn, Estonia pst. 7. Estonia.



а реально поднятый керн в пределах данного интервала — 61,1 м (29%). Профиль располагается в интересном месте — практически на северной границе предполагаемого распространения отложений среднего кембрия (рис. 1). На западе данный профиль дополняется хорошо изученными разрезами скв. Эйамаа и Ваки 67. Разрез последней является стратотипом вакиской свиты — алевроито-песчаного подразделения, подстилающего среднекембрийские отложения на большой площади Юго-Восточной Эстонии (Решение..., 1986). Именно нижележащая вакиская свита, представленная близкими по составу породами, вызывает определенные трудности при выделении здесь собственно среднекембрийских отложений.

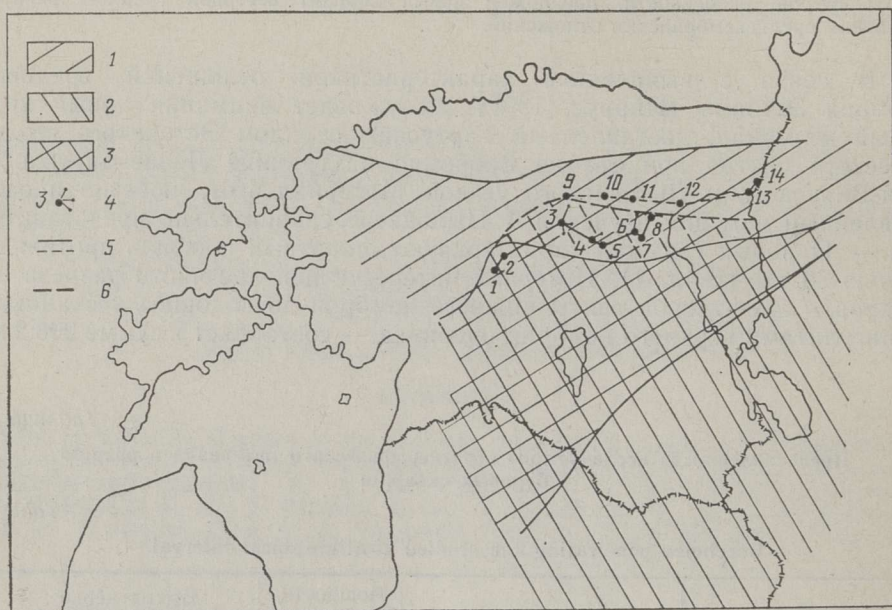


Рис. 1. Расположение опорного профиля Северной Вооремаа.

1 — поле распространения вакиской свиты нижнего кембрия, 2 — поле распространения пааласких слоев среднего кембрия, 3 — поле распространения обоих подразделений, 4 — скважины, 5 — основной профиль (1—8) и вспомогательный (9—14), 6 — уточненная граница распространения отложений среднего кембрия.

Скважины: 1 — Эйамаа, 2 — Ваки 67, 3 — Острику 700, 4 — Кярде 723, 5 — Пальгисааре 721, 6 — Тяхквере 726, 7 — Тяхквере 704, 8 — Ульви 728, 9 — Эллавере, 10 — Симуна, 11 — Веневере, 12 — Раннапунгерья, 13 — Яама, 14 — Кунингакюла.

Fig. 1. Location of the studied area and boreholes.

Legend: 1 — distribution area of the Lower Cambrian Vaki Formation; 2 — distribution area of the Middle Cambrian deposits; 3 — distribution area of both the above-mentioned strata; 4 — boreholes — basic and supplementary; 5 — cross-sections — basic (1—8) and supplementary (9—14); 6 — proposed northern limit of the distribution of the Middle Cambrian deposits.

Boreholes: 1 — Aiaamaa, 2 — Vaki 67, 3 — Ostriku 700, 4 — Kärde 723, 5 — Palgisaare 721, 6 — Tähkvere 726, 7 — Tähkvere 704, 8 — Ulvi 728, 9 — Ellavere, 10 — Simuna, 11 — Venevere, 12 — Rannapungerja, 13 — Jaama, 14 — Kuningaküla.

Стало быть, материал данного профиля позволяет осветить два важных вопроса: 1 — уточнить северную границу распространения среднекембрийских отложений; 2 — проверить и усовершенствовать литологические критерии разграничения отложений нижнего и среднего кембрия в близких по характеру мелководных фациях.

Изображенный профиль (рис. 2) показывает, что между однозначно определяемыми и палеонтологически охарактеризованными уровнями люкатиской свиты нижнего кембрия и подошвой верхнего кембрия-ордовика в данном районе повсеместно присутствуют два выдержанных песчано-алевритовых тела, которые хорошо прослеживаются в разрезе по определенным литологическим признакам. По внешнему виду эти тела весьма близки, как и близки с точки зрения технологии бурения — сложены преимущественно рыхлым светлым отсортированным крупнозернистым алевролитом (с преобладанием фракции 0,05—0,1 мм). Участками наблюдаются переходы как в сторону мелкозернистых песчаников (0,1—0,25 мм), так и в сторону более глинистых алевролитов. Собственно глинистые породы встречаются редко — чаще в виде прерывистых пленок или окатышей, реже в виде маломощных самостоятельных прослоев.

На фоне этих общих черт в обоих подразделениях есть свои специфические особенности, которые позволяют их различать по всем изученным разрезам. Так, для нижнего подразделения, очень выдержанного по своей мощности в пределах всего профиля (25—28 м), характерны: ярко-зеленый оттенок всех присутствующих разновидностей глинистого материала; почти постоянное наличие глауконита, иногда даже в виде богатых присыпок на плоскостях наслоения; обилие слюд, в составе которых всегда есть и биотит; наличие единичных, преимущественно вертикальных ходов илороющих организмов, пронизывающих глинистые прослои и фиксируемых по заполняющему их светло-серому алевролиту. Иногда такие ходы обрамляет фиолетово-красная кайма. В составе глинистых минералов всегда превалирует гидрослюдисто-хлоритовая ассоциация, содержание каолинита не превышает, как правило, 20—30%. Есть некоторые особенности и в характере кластогенных минералов, главная из них — наличие интенсивно окрашенной разновидности биотита, близкой, очевидно, к лепидомелану. Все эти признаки типичны для вакиской свиты Эстонии, и они отчетливо прослеживаются в соответствующем интервале стратотипического разреза скв. Ваки 67 (284,4—322,0 м).

В вышележащей части разреза, имеющей более изменчивую мощность — от первых метров на востоке до почти 17 м на западе (скв. Эймаа), вышеперечисленные признаки не наблюдаются. Наоборот, глинистый компонент, который здесь чаще представлен в виде катунов и глинистых галек, всегда светлых тонов — от бледно-зеленоватых до почти белых, каолиноподобных. Он и содержит много каолинита, обычно больше 50%. Примесь слюд незначительна, причем присутствует один мусковит, обычно в виде рассеянных по породе мелких листочков. Фиолетово-красные разводы в породах иногда еще прослеживаются, но они не имеют никакой связи со следами жизнедеятельности животных, которые в этой части разреза полностью отсутствуют. Отсутствует и глауконит. Гранулометрический состав пород показывает более частые переходы в мелкозернистые песчаники. Много здесь конкреций и агрегатов пирита, иногда частично окисленного (скв. Эймаа, Ваки 67, Острику 700), которые менее типичны для нижнего подразделения. Все же эти признаки не являются абсолютными — они более выдержаны в тех разрезах, в которых верхнее подразделение имеет более существенную мощность. Формирование пиритовых образований происходило, по всей вероятности, позднее, под воздействием диагене-

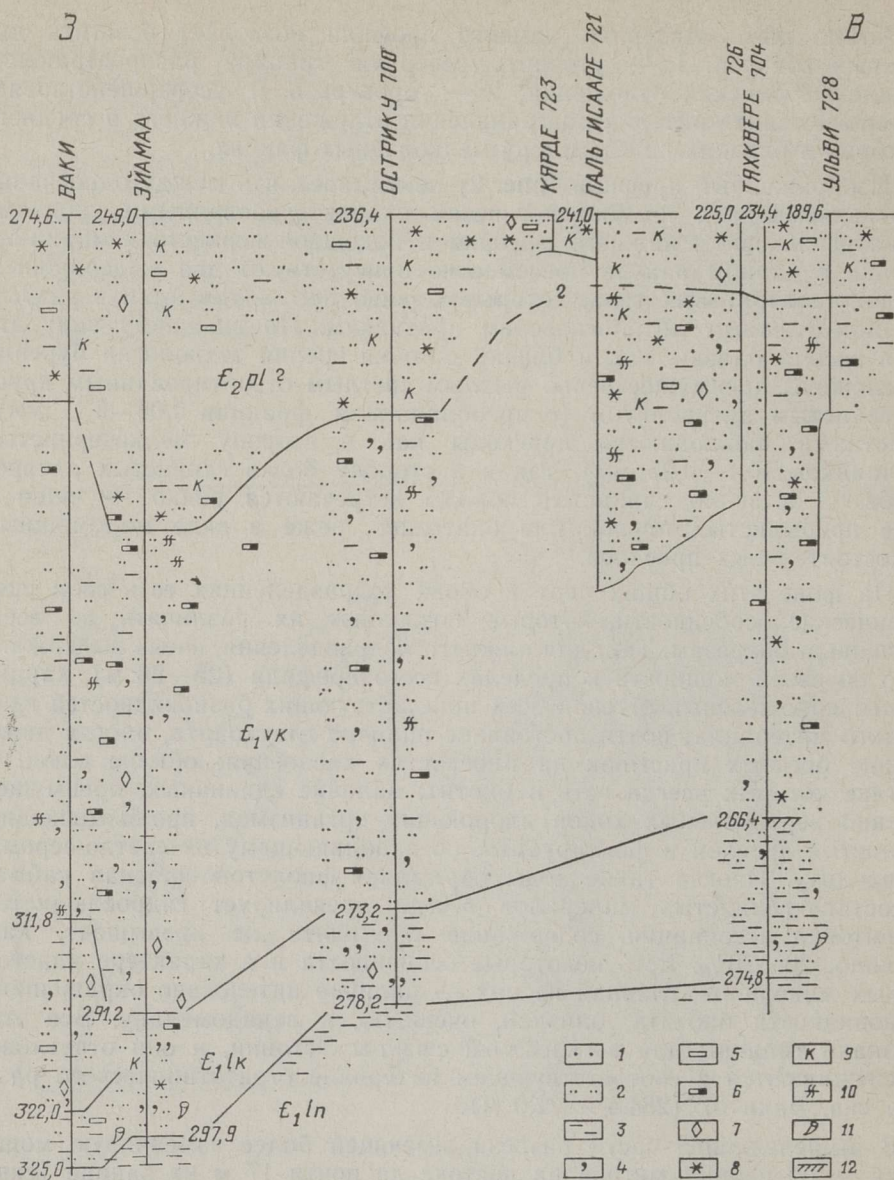


Рис. 2. Опорный субширотный профиль Северной Вооремаа.
 1 — песчаник, 2 — алевролит, 3 — глина, 4 — глауконит, 5 — рассеянный мусковит, 6 — обилие слюд с биотитом, 7 — сгустковый карбонатный цемент, 8 — конкреции и агрегаты пирита, 9 — каолинит, 10 — следы илорующих организмов, 11 — вольбортеллы, 12 — охристая кора выветривания.

Fig. 2. Basic sublittoral cross-section of North Vooremaa.
 Legend: 1 — sandstone, 2 — siltstone, 3 — argillaceous rock, 4 — glauconite, 5 — scattered muscovite, 6 — mica in large numbers, 7 — carbonate cement of poikiloclastic type, 8 — pyrite, 9 — kaolinite, 10 — ichnites, 11 — *Volborthella*, 12 — traces of weathering.

тических процессов в перекрывающих отложениях ордовика. Примерно то же следует сказать и относительно карбонатного цемента пойкилокластического типа, который, правда, более выразителен в верхнем подразделении изученного разреза. Связано это, прежде всего, с катагенетической природой карбонатной минерализации (Пиррус, 1977), и поэтому данный тип цементации не контролируется первичными факторами седиментогенеза.

Все же верхнее подразделение вырисовывается довольно отчетливо. Правда, гидродинамически оно формировалось в очень близких к подстилающему подразделению условиях — в мелководном водоеме, в сфере волновой деятельности (преобладают отсортированные крупнозернистые алевролиты, флазеры и окатыши глин и др.), однако гидрохимическая обстановка была существенно иной — отсутствует глауконит. В породе нет и следов жизнедеятельности донных организмов, мало в ней слюд и много каолинита.

Как интерпретировать эти изменения? В принципе можно выдвинуть три концепции:

1. Верхнее подразделение представляет собой краевую зону современного распространения отложений среднего кембрия. В отложениях наблюдаются все основные признаки палаской свиты, а сокращение их мощности вполне согласуется с нахождением данного профиля на рубеже выклинивания среднекембрийских отложений.

2. Верхнее подразделение представляет собой регрессивную, а позднее и подвергнувшуюся выветриванию часть вакиской свиты нижнего кембрия — об этом свидетельствуют порой нечеткая нижняя граница подразделения и переходный характер некоторых литологических признаков на данном рубеже.

3. Верхнее подразделение представляет осадки, сформировавшиеся на базе переотложения алевролитов вакиской свиты. Состоялось это несколько позднее и в условиях более континентального режима (каолинитизация). Если это происходило еще в раннекембрийское время, данная концепция ближе ко второй, если еще позднее, — к первой.

Прежде чем остановиться на какой-либо из предложенных концепций, необходимо выявить реальную границу между рассматриваемыми подразделениями — в ней нам видится ключ к разгадке проблемы. Проблема же эта отнюдь не простая: отчетливой физической границы между этими подразделениями ни в одном разрезе установить не удалось. Следовательно, ее либо нет, либо из-за фрагментарности ядерного материала мы не можем ее пока определить. Во всяком случае тот факт, что четко маркированная граница пока отсутствует, нельзя упускать из виду ни при какой интерпретации.

В то же время есть ряд литологических признаков, которые на предполагаемой границе меняются довольно резко. Это — исчезновение глауконита и следов жизнедеятельности организмов, замена богатослюдястых пород (с биотитом) на беднослюдястые (с мусковитом). Если минералогические изменения еще можно представить как следствие позднейшего выветривания, то исчезновение ходов илорюющих объяснимо только стратиграфическими или экологическими причинами, или, по крайней мере, процессами переотложения материала в новых условиях.

Все же есть признаки, и относительно плавно меняющиеся при переходе от нижнего комплекса к верхнему. Это, прежде всего, окраска глинистого вещества, которая от ярко-зеленой в низах интервала через бледно-зеленую (отбеленную) переходит в светло-серую в верхах интервала. Иногда наблюдается и неоднократное чередование глин различной тональности вблизи предполагаемой границы подразделений. Примерно такой же плавный переход наблюдается и в содержании

каолинита: количество его увеличивается уже в верхах вакиской свиты (до 20%; скв. Эйамаа), местами образуя визуально наблюдаемые скопления (скв. Пальгисааре 721). Минеральный состав слюд тоже изменяется не всегда резко — имеются случаи наличия одного рассеянного мусковита в верхах вакиской части разреза (скв. Тяхквере 726) и, наоборот, присутствия биотита еще в низах верхнего подразделения (скв. Эйамаа). Эти особенности лучше согласуются с концепцией о вторичном изменении верхней части вакиской свиты.

Надо отметить, что γ -каротаж различает в большинстве случаев оба подразделения в разрезе очень четко: верхнее подразделение характеризуется устойчиво-низким уровнем излучения, нижняя — более высоким, но почти столь же выдержанным уровнем радиации. Граница между каротажными комплексами точно совпадает с описанными выше основными изменениями в минеральном составе пород, которыми она и легко объясняется. Таким образом, физическая граница между выделяемыми подразделениями по этим данным все же документирована.

По нашему мнению, все три представленные концепции имеют в настоящее время право на существование, по крайней мере в форме рабочих гипотез (табл. 2).

Для проверки справедливости той или иной концепции дополнительно изучались рассматриваемые отложения микропалеонтологически — керн скв. Острику 700, а также минералогически — керн скв. Тяхквере 726. Акритархи были изучены И. Паалитсом (Тартуский университет), но проба из верхнего подразделения (гл. 246 м) оказалась пустой. Комплекс акритарх из нижнего подразделения (гл. 256,2 м) содержит в значительном количестве представителей родов *Goniosphaeridium*, *Comosphaeridium* и *Microhystridium*, чем он весьма близок к сообществу акритарх второй половины раннего кембрия.

Ранее выполненные минералогические анализы крупноалевритовых частиц (0,1—0,05 мм) пород разрезов скважин Эйамаа, Ваки 67 и Паламузе показали четкие различия в минеральном составе этих двух частей рассматриваемого интервала. Особенно четко выявились они по скв. Эйамаа, наиболее равномерно охарактеризованной керном (табл. 3). Однако результаты минералогического анализа проб из керна скв. Тяхквере 726 не подтвердили эти закономерности в полной мере. Правда, общими для обоих разрезов являются наличие глауконита и повышенная слюдистость нижнего подразделения, что наблюдается и визуально. В то же время соотношение кварца и полевых шпатов в верхнем подразделении разреза Тяхквере 726 на удивление низкое — около пяти. Существенно отличаются и содержания прозрачных аллотигенных минералов тяжелой фракции: в породах скв. Тяхквере 726 гораздо больше циркона, чем это было установлено по другим разрезам. Следовательно, особенности минерального состава пород выявляются только при большом фактическом материале, единичные пробы имеют часто слишком случайный характер.

Таким образом, ни микропалеонтологические, ни минералогические анализы не позволили окончательно решить вопрос о стратиграфической принадлежности верхнего подразделения кембрия в разрезе Северной Вооремаа.

В какой-то мере решению проблемы разграничения алевритовых толщ нижнего и среднего кембрия, как и проведения северной границы площади распространения отложений среднего кембрия, должно помочь изучение прилегающих с севера разрезов, в частности скв. Эллавере, Симуна, Веневере и Раннапунгерья (рис. 1). Из них Симуна и Веневере разбурены в течение последнего десятилетия, и керн их сейчас еще доступен к рассмотрению в сравнительном аспекте.

Разрез скв. Эллавере, расположенной в 11 км севернее скв. Острику 700 на основном профиле, представлен рассматриваемыми отложениями в симмарном объеме 33,8 м (гл. 220,9—254,7 м), т. е. по мощности он не уступает существенно разрезам Северной Вооремаа. По первичному описанию сильно зашламованного керна в монолитах алевролита установлено много глауконита и слюды — т. е. наличие вакиской свиты не вызывает сомнения. Все же отмечается и визуальная примесь каолинита (до глубины 247,0 м!), что не исключает существенного выветривания вакиской свиты или наличия в верхах разреза еще и пааласких слоев.

Разрез скв. Симуна, расположенной в 17—18 км севернее скв. Пальгисааре 721, имеет мощность рассматриваемого интервала 23,2 м (210,8—234,0 м). По литологической характеристике паалаские слои

Таблица 2

Концепции и аргументация генетической интерпретации верхнего песчано-алевроитового подразделения в разрезе Северной Вооремаа

Table 2

Concepts and arguments of the genetical interpretation of the upper stratigraphical interval in the North Vooremaa sequence

1	2	3
Самостоятельная (паалаская) свита среднего кембрия	Выветрелая часть вакиской свиты нижнего кембрия	Комплекс пород, сформировавшихся на базе перетложения материала вакиской свиты

Подтверждают:

Выдержанность основных литологических признаков	Увеличение содержания каолинита к верхам разреза
Постепенный переход и увеличение мощности в южном направлении — в разрезы, где вакиская свита отсутствует	Постепенное изменение снизу вверх окраски глинистого вещества от ярко-зеленой до бледно-зеленой.
Отчетливая каротажная характеристика и резкое изменение ее на нижней границе	Отсутствие неустойчивых минералов — глауконита, биотита и др.
Отсутствие следов жизнедеятельности илороющих организмов	Отсутствие отчетливой физической нижней границы подразделения в имеющихся монолитах керна

Отсутствие (резкое исчезновение) ходов илороющих организмов

Отрицают:

Отсутствие отчетливой нижней границы	Резкое исчезновение на нижней границе следов жизнедеятельности организмов	Контрастное изменение минерального состава на предполагаемой границе
Плавное изменение некоторых литологических признаков на предполагаемой границе	Изменчивая мощность и отсутствие аналогов в более северных разрезах	Отсутствие какого-либо нового компонента в отложениях
Постоянно выдержанная небольшая мощность подразделения (~4 м) в восточной части разреза	Отсутствие отчетливой зональности в профиле выветривания	Под вопросом формирование каолинита в морском цикле перетложения

здесь отсутствуют, не представлены и каолинитоносные породы, могущие быть рассмотренными как выветрелая часть вакиской свиты. Признаки же вакиской свиты налицо — обилие глауконита и наличие вертикальных ходов жизнедеятельности организмов.

Таблица 3

Средний минеральный состав крупноалевритовых частиц (0,1—0,05 мм) отложений верхнего (А) и нижнего (Б) подразделений по пробам скважин Тяжквере 726 и Эямаа

Table 3

Generalized mineral composition of the rocks of the upper (A) and lower (B) units in the coarse silt fraction (0.1—0.05 mm) on the basis of the Tähkvere 726 and Äämaa cores

Минералы Minerals	Скв. Тяжквере 726 Tähkvere 726		Скв. Эямаа Äämaa	
	А	Б	А	Б
Легкая фракция (уд. вес < 2,89 г/см ³), % Light minerals (sp. gr. < 2.89 g/cm ³), %				
Кварц Quartz	82	88	98	87
Полевые шпаты Feldspars	18	10	2	11
Слюды Micas	—	1	—	2
Аутигенные Authigenous	—	1	—	—
Тяжелая фракция (уд. вес > 2,89 г/см ³), % Heavy minerals (sp. gr. > 2.89 g/cm ³), %				
Аллотигенные рудные Allothigenous opaque	8	8	19	3
Аллотигенные прозрачные Allothigenous non-opaque	35	54	12	27
Слюды Micas	—	6	—	10
Аутигенные Authigenous	57	32	69	60
Соотношение аллотигенных прозрачных тяжелых минералов, % Relationship of non-opaque allothigenous heavy minerals, %				
Циркон Zircon	54	49	12	20
Турмалин Tourmaline	25	34	56	45
Титанистые минералы Titanio-minerals (rutile, etc.)	21	16	32	32
Остальные Varia	—	1	—	3
Количество проб Amount of samples	1	3	3	6

Скв. Веневере 500, расположенная в 15 км севернее скв. Тяхквере 704 и 726, имеет мощность рассматриваемого интервала также 23,8 м (168,8—192,6 м). И здесь в верхах разреза отсутствуют предполагаемые аналоги пааласких слоев (каолинитоносная часть разреза), а явные признаки вакиской свиты (глауконит, вертикальные ходы илоедов в нижних 10 метрах интервала) позволяют данную часть интервала однозначно отнести к вакиской свите.

Скв. Раннапунгерья, расположенная уже к северо-востоку от изучаемого профиля, характеризуется сокращением рассматриваемого интервала до 18,8 м (150,0—168,8 м). По первичному описанию в нем отмечается наличие единичных зерен глауконита, рассеянных листочков мусковита, множество выделений пирита. Эти несколько противоречивые данные позволяют все же предполагать, что и здесь слои, могущие считаться аналогами пааласких слоев, отсутствуют.

Все сказанное относится и к разрезам более восточных скважин Яма (20,6 м; 124,8—145,4 м) и Кунингакюла (25,2 (?) м; 102,6 (?)—127,8 м), с той лишь разницей, что в скв. Яма характерные ходы илоедов отмечены у самого основания разреза (вакиская свита), а слюды представлены только листочками мусковита.

Итак, беглый обзор соседних скважин на севере убедительно показывает, что, во-первых, каолинитоносные алевролиты, могущие представлять паалаские слои более южных районов республики, здесь уже отсутствуют, а самые последние из них могут быть встречены именно на профиле Северной Вооремаа. Во-вторых, обращает на себя внимание очень выдержанная мощность вакиской свиты в этом районе (18—25 м) и, в-третьих, ослабевает один из характерных ее признаков на западе — слюдоносность с участием биотита.

Все эти данные позволяют с уверенностью предполагать, что верхнее подразделение в разрезе Вооремаа является реликтом следующего цикла осадконакопления — среднего кембрия и, следовательно, северная граница распространения этих отложений должна быть несколько сдвинута на север, как и показано пунктиром на рис. 1.

Эти уточнения имеют важное значение для корреляции кембрийских отложений по всей Восточно-Европейской платформе, так как, например, уже в Ленинградской области среднекембрийские отложения распространены значительно шире, вплоть до зоны выходов кембрийских отложений на Балтийском глинте.

Авторы благодарны коллегам А. Пыльдвере и И. Паалитсу за оказанное содействие.

ЛИТЕРАТУРА

- Пиррус Э. 1977. Основные черты карбонатной минерализации в терригенных отложениях кембрия Северной Прибалтики. — Изв. АН ЭССР. Хим. Геол., 26, 3, 191—197.
- Пиррус Э. 1991. Средний кембрий Эстонии. — Изв. АН Эстонии. Геол., 40, 4, 141—151.
- Решение межведомственного регионального стратиграфического совещания по кембрийским отложениям Русской платформы (г. Вильнюс, 1983). 1986. Ленинград.

Поступила в редакцию
30/IX 1991

KESKKAMBRIUMI LEVIKUST PÕHJA-VOOREMAAL

Uute puursüdameike materjal Põhja-Vooremaalt võimaldab täpsustada keskkambriumi kihtide levikupiiri nende väljakiildumise alal ning jälgida nende kihtide litoloogiliste eristamiskriteeriumide püsivust selles piirkonnas.

Kaisa MENS and Enn PIRRUS

ON THE DISTRIBUTION OF MIDDLE CAMBRIAN DEPOSITS IN NORTH VOOREMAA, ESTONIA

The Middle Cambrian is poorly studied in Estonia because of its subsurface setting and weakly cemented character of deposits.

This paper treats the stratigraphical interval of the Cambrian sequence sandwiched between the underlying palaeontologically characterized Lower Cambrian Lükati Formation and the overlying Upper Cambrian-Tremadoc sandstone yielding phosphatic inarticulate brachiopods.

Recently 11 borings penetrating the deposits conventionally considered to be of the Middle Cambrian age have been drilled in the central part of Estonia (Fig. 1).

This stratigraphical interval consists of predominantly weakly cemented light-coloured coarse-grained siltstones and fine-grained sandstones with a small amount of argillaceous deposits.

According to the lithological composition and geophysical data the studied sequence is subdivided into two parts (Fig. 2).

The lower unit is characterized by the occurrence of a green-coloured clayey component, glauconite, its high mica content including biotite and finds of ichnites of the Scolithos type. On the basis of these characteristics this part of the sequence is assigned to the Lower Cambrian Vaki Formation. This conclusion is in conformity with preliminary acritarch data from Ostriku 700 core, depth 256.2 m.

The upper unit lacks glauconite and ichnites. Its clayey component consists mainly of kaolinite and has a bleached colour; micas are represented by muscovite only. These characteristics make this part of the sequence very similar to the Middle Cambrian Paala Beds ranging southward from the investigated area, although up to now fossils have not been recorded.

North Vooremaa region allows of some hypotheses about the stratigraphical position of the studied upper unit.

(1) This unit belongs to the Middle Cambrian Paala Beds. This opinion is contested by the absence of distinct contact with the underlying unit and the transitional character of rocks in some cores.

(2) It can be regarded as the weathered part of the Vaki Formation. The abrupt disappearance of ichnites at the contact of the lower and upper units and the lack of zonation in the weathering crust do not support this hypothesis.

(3) It consists of the redeposited sediments of the Vaki Formation. In this case the stratigraphical position depends on the time of redeposition.