

Ер. 5.12

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA  
АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР

---

GEOLOGIA INSTITUUDI  
UURIMUSED

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ  
VI

2186.92

TALLINN 1961

## О ВЕЩЕСТВЕННОМ СОСТАВЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД ТАМСАЛУСКОГО ГОРИЗОНТА

Э. А. ЮРГЕНСОН

### Введение

Известняки и доломиты тамсалуского горизонта являются одними из наиболее чистых карбонатных пород на территории Эстонской ССР. Они находят широкое применение в строительстве и известковой промышленности. Наиболее крупные известеобжигательные печи республики, находящиеся в окрестностях Тамсалу—Ракке—Кильтси, используют пентамеровые известняки этого горизонта, а из каменоломен, расположенных на о-ве Хийумаа и в окрестностях Хаапсалу, добывается с давних пор хороший строительный камень.

Первые данные о вещественном составе карбонатных пород тамсалуского горизонта содержатся в работе А. Купффера (Kupffer, 1870), который приводит их химический анализ. Первые макроскопические описания пентамеровых известняков появились гораздо раньше в работах Ф. Б. Шмидта (Schmidt, 1858) и др., но в них дана лишь самая общая характеристика пород.

Производственный обжиг извести в Тамсалу и Ракке хотя и был уже начат в 70-х годах прошлого столетия, но в течение долгого времени на изучение вещественного состава сырья почти не обращали внимания.

Более подробную микролитологическую характеристику карбонатных пород тамсалуского горизонта из каменоломен в Тамсалу, Ракке, Кильтси и Рохукюла впервые дает Э. Розенштейн (1931\*, 1933\*, 1938).

Таблица I

Расчленение тамсалуского горизонта на пачки

З		В
Хиллиестеская пачка	Таммикуская пачка	Козеская пачка
Ридалаская пачка	Пургаская пачка (в большей части распространена южнее выхода)	

\* Рукопись.



## Структурные типы пород тамсалуского горизонта

Структурные типы пород	Основные местонахождения	Распространение по пачкам А. Аалоз, 1958
Биогенные известняки		
1. Биогермные	Хиллисте, Сарве, Кильтси, скв. Сууремыйза (верхняя часть горизонта) Пуллапя	Хиллистеская
2. Биоморфные пентамеровые	Надалама, Тамсалу, Ракке, Карину, Роозна-Таммику, Ириселья, Вынну Скв. Сууремыйза (нижняя часть горизонта), скв. Оръяку (нижняя часть горизонта)	Ридалаская Таммикуская
3. Биоморфные коралловые	Рохукюла	Ридалаская
4. Биоморфные гастроподовые	Калласто	Хиллистеская
5. Крупнодетритовые	Хиллисте, Сарве, скв. Сууремыйза (верхняя часть горизонта), скв. Оръяку (верхняя часть горизонта) Пуллапя, Эйгла Тамсалу	Хиллистеская
6. Мелкодетритовые	Унгру, скв. Кутама (верхняя часть горизонта) Скв. Выхма, Сулуствере (на разных уровнях), Азукюла (верхняя часть горизонта), Рапла и Пайде (нижняя часть горизонта) Скв. Козе (на разных уровнях горизонта)	Хиллистеская
7. Шламовые	Скв. Козе, Йыгева, Курси	Козеская
Обломочные известняки		
8. Конгломератовые	Хиллисте, Сарве, Рохукюла, Пуллапя, Эйгла, Ристи	Хиллистеская Ридалаская Пургаская
9. Псаммитовые	Пуллапя, Рохукюла (нижняя часть)	Ридалаская
10. Крупчатые	Пуллапя Унгру, скв. Сууремыйза (верхняя часть горизонта) Пурга, Хагуди	Ридалаская Хиллистеская
Хемогенные известняки		
11. Мелкокристаллические	Унгру, скв. Сууремыйза (средняя часть горизонта)	Хиллистеская
12. Оолитовые	Эйгла	Ридалаская
Эпигенетические доломиты		
13. Среднекристаллические	Юуру, Мустла-Нымме, Кларма	Таммикуская
14. Мелкокристаллические	Скв. Козе, Вяйке-Маарья	Козеская



В работе 1931 года Э. Розенштейн обратила внимание на сохранность и накопление органических остатков, в том числе и пентамеров. Особый интерес представляют ее определения содержания целых створок пентамеров в Тамсалуских каменоломнях. Она описывает основные структурные типы карбонатных пород тамсалуского горизонта. Химический анализ пород в ее работах не приводится.

В 1933 году горный инженер И. Карк приступил к изучению карбонатных пород Тамсалуского месторождения в практических целях. Результаты исследований изложены им в отчете (1934). Всего им было изучено 9 образцов, из них по 6 образцам не получено удовлетворительных результатов ( $MgO$  больше 10% и нерастворимого остатка больше 6%). Исходя из этого, Карк дал отрицательное заключение относительно пригодности месторождения для дальнейшей разработки. Принимая во внимание неустойчивость состава карбонатных пород в окрестностях Тамсалу, такое небольшое количество исследованных образцов конечно нельзя считать достаточным для общей геолого-промышленной оценки Тамсалуского месторождения.

Позднее геологоразведочные работы на месторождениях Тамсалу и Ракке проводились в 1951—1952 гг. трестом «Ленгеолнеруд». В 1957—1958 гг. разведка производилась и на Каринуском месторождении. Этими работами выявлены запасы, достаточные для удовлетворения потребностей известковой промышленности. Тамсалуское месторождение было описано также и автором статьи.

Детальное литолого-стратиграфическое изучение тамсалуского и юрусского горизонтов было проведено в 1953—1956 гг. А. Аалоз (1958). Основную часть своей работы А. Аалоз посвятил макроскопическим и микроскопическим описаниям пород; характеристика химического состава пород им не дана. На основе этих описаний, а также по палеонтологическим данным тамсалуский горизонт был расчленен им на пять пачек [см. табл. 1, составленную по разрезу А. Аалоз (1958, рис. 1)]. А. Аалоз дал в своей работе и характеристику палеогеографической обстановки тамсалуского времени.

В связи с изучением структур карбонатных пород лландоверского яруса нижнего силура Эстонии автор данной статьи изучила и породы тамсалуского горизонта.

В ходе работы был выделен ряд структурных типов пород (табл. 2). Как следует из табл. 2, большинство структурных типов тамсалуского горизонта встречаются в разных пачках, выделенных А. Аалоз (1958), причем много общих типов имеют ридалаская и хиллистеская пачки. Следует отметить, что литологическая характеристика отдельных пачек А. Аалоз была в свое время основана на менее детальных описаниях пород, чем в данной работе. Многие скважины, например Оръяку и Сууремыйза на о-ве Хийумаа, Азукюла, Кутама, Курси и др. на материке, были пробурены в последние годы, что позволило во многом уточнить распространение отдельных типов пород в тамсалуском горизонте. В последнее время накопился также богатый материал в виде химических анализов, проведенных в практических и научных целях, который позволяет сделать некоторые выводы о вещественном составе этих пород.

### **Составные компоненты карбонатных пород тамсалуского горизонта**

Карбонатные породы тамсалуского горизонта состоят из следующих четырех основных компонентов: остатков организмов, обломков карбонатных пород, нерастворимого остатка и кристаллов кальцита и доло-



мита. С генетической точки зрения мы можем говорить об органогенных, обломочных, терригенных и хемогенных, а также и о биохемогенных компонентах, или, имея ввиду время образования, — о седиментационных, диагенетических и эпигенетических компонентах. В зависимости от преобладания составных компонентов, можно говорить об органогенных, обломочных, диагенетических и других породах.

Остатки организмов. В составе карбонатных пород тамсалуского горизонта большую роль играют скелетные остатки организмов, состоящие в основном из кальцита. Среди них в первую очередь следует отметить створки брахиопод *Pentamerus borealis* Eichw. Пентамеры встречаются довольно часто почти по всему разрезу горизонта и на всем его протяжении. В северной части распространения горизонта они образуют линзовидную биострому (см. рис. 1), в пределах которой в боль-

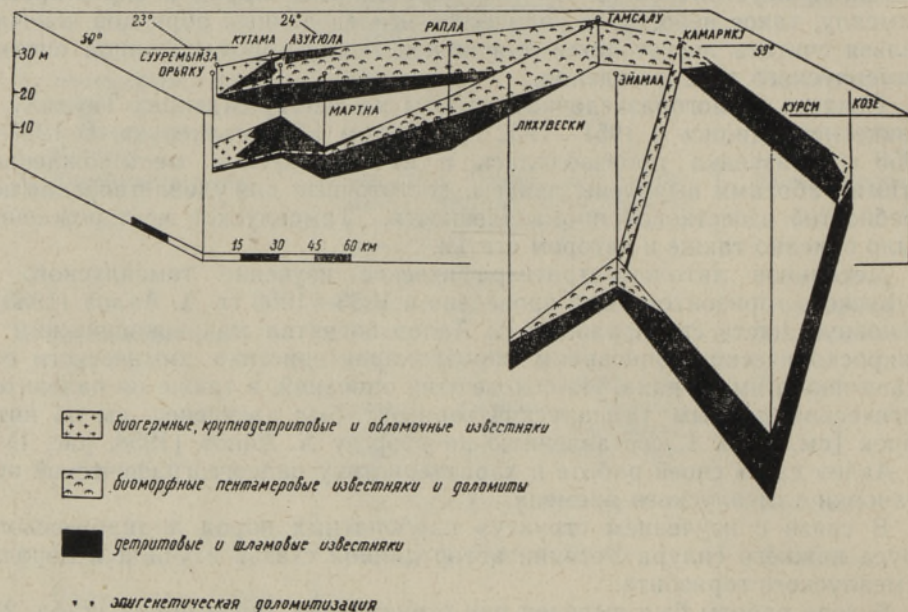


Рис. 1. Изометрическая диаграмма залегания главнейших типов карбонатных пород тамсалуского горизонта, составленная по данным буровых скважин.

шом количестве присутствуют целые створки пентамеров (биоморфные известняки, соответствующие таммикуской пачке по А. Аалоз, 1958). Максимальная мощность биоморфных известняков — 10 м — установлена около Тамсалу. К востоку и к югу мощность линзы резко уменьшается и она быстро выклинивается. На западе линза имеет большое протяжение и мощность около 4 м у Рапла и 1,5 м на о-ве Хийумаа. В пределах линзовидного тела количество целых створок пентамеров достигает 64% от всей массы породы. Как будет показано ниже, содержание целых створок имеет значение с точки зрения химизма пород. Наиболее часто целые створки пентамеров встречаются в восточной части выхода горизонта (рис. 2). По вертикальному разрезу наибольшее скопление пентамеров наблюдается в нижней и средней частях горизонта: вверх по разрезу содержание их уменьшается. Размеры пентамеров следующие; длина от 5 до 30 мм, ширина от 0,4 до 20 мм и толщина стенок от 0,5 до 3 мм. Створки сложены из радиально-лучистых кристаллов кальцита (табл. I, фиг. 1). Массивные створки подвергались



разложению только при очень сильной доломитизации. Наряду с целыми створками пентамеров в карбонатных породах тамсалуского горизонта в большом количестве содержатся и их разрушенные остатки — детрит. Крупность пентамерового детрита — 0,2—2,0 мм. Разрушены главным образом спинные створки, а также краевые части брюшных. После длительной транспортировки и разрушения целыми остаются чаще всего примакушечные части ракушки (табл. I, фиг. 2). Известняки из пентамерового детрита распространены также на о-ве Хийумаа и в виде прослоев в окрестностях Хаапсалу, Вынну и Ристи (см. табл. 2, п. 2).

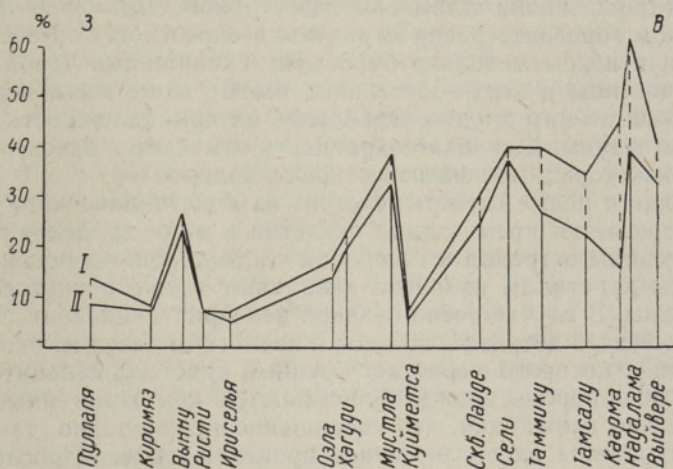


Рис. 2. Изменение содержания целых пентамеров в биоморфных породах тамсалуского горизонта. Образцы взяты из обнажений, карьеров и скважин, I — максимальное и II — среднее содержание.

В составе фауны тамсалуского горизонта большое значение имеют строматопоры и кораллы, особенно колониальные формы последних (фавозитиды). Вместе с мшанками они образуют небольшие биогермы на о-ве Хийумаа (около Сууремыйза, Сарве), а также в некоторых местах на материке (Кильтси и др.; табл. 2, п. 1). Хорошо сохранившиеся строматопоры и кораллы образуют в биогермных известняках около 40—50% от всей массы породы. Отдельные колонии строматопор и кораллов встречаются часто в биоморфных, а также в детритовых известняках. Размеры колонии строматопор колеблется от 20 до 50 см по длине и от 4 до 20 см по высоте. Колонии кораллов имеют меньшие размеры. Кораллы и строматопоры сложены в основном кристаллическим кальцитом различной крупности. Особенно крупными являются кристаллы в тех случаях, когда породы позднее подвергались перекристаллизации. Кроме хорошо сохранившихся колоний строматопор и кораллов, часто встречаются и их обломки. Крупный детрит из кораллов и строматопор особенно распространен вблизи биогермов.

Представители остальных групп фауны — иглокожие, брахиоподы с более тонкими створками, основная часть гастропод, мшанок, трилобитов и остракод — встречаются в виде детрита. Из них исключение составляют только некоторые гастроподы и кораллы (ругозы), которые, особенно в западной части выхода, встречаются в цельном виде, местами образуя даже небольшие линзы биоморфного известняка (табл. I, п. 3, 4).



Детрит в значительном количестве принимает участие почти во всех органогенных породах, а также и в обломочных (табл. 1, фиг. 3). Детритовые известняки содержат иногда до 90% органических остатков. Они распространены в западной части выхода тамсалуского горизонта и южнее его (табл. 2, п. 6). По крупности детрита выделяются крупнодетритовые, с преобладающим диаметром больше 1 мм, и мелкодетритовые известняки, с преобладающим диаметром меньше 1 мм. Крупнодетритовые известняки встречаются относительно реже. При очень длительной транспортировке скелетные остатки организмов превращались в детритовый ил (преобладающий диаметр ниже 0,5 мм), который послужил основой для образования шламовых известняков. Шламовые известняки в тамсалуском горизонте распространены в окрестностях Коце, г. Йыгева, с. Курси и вскрыты только буровыми скважинами (табл. 2, п. 7). Скелетные частицы в этих известняках имеют чаще всего величину от 0,2 до 0,4 мм и по ним трудно установить их принадлежность к отдельным группам фауны. Хорошая сохранность отмечается здесь только для остракод и некоторых мелких известковых водорослей.

Детрит, как и целые скелеты, состоит из кристаллического кальцита. Изредка встречается кремнезатца скелетов в виде халцедона (табл. 1, фиг. 4). Раковины остракод и гастропод часто хорошо перекристаллизованы, причем кристаллы кальцита заполняют также и внутреннюю полость раковины. В случае очень сильной перекристаллизации пород контуры органического детрита исчезают и скелетные частицы оказываются центром, вокруг которого вырастает крупный кристалл кальцита (табл. 1, фиг. 5). Такие породы иногда описываются как хомогенные крупнокристаллические известняки, что совершенно неправильно, так как при этом не учитывается их органогенное происхождение. Прослой такого известняка встречаются в тамсалуском горизонте на о-ве Хийумаа и в нижней части разреза карьера Сязе (Тамсалу).

Обломки карбонатных пород довольно широко распространены в известняках тамсалуского горизонта. Содержание их колеблется от 20 до 50% и иногда доходит до 80% от всей массы породы. Такие известняки образуют довольно мощные залежи на западе, в окрестностях Хаапсалу, Ристи, Хагуди, Куйметса, а восточнее, в окрестностях Тамсалу, залегают в виде небольших прослоев (табл. 2, п. 8, 9, 10). Как показало микроскопическое исследование, около 50% биоморфных пентамеровых известняков содержат такие обломочные частицы в виде примеси. В породах, находящихся южнее выхода, обломочные частицы встречаются реже.

Размеры обломков карбонатных пород — от 0,1 мм до 5 см. Конгломератовые известняки образуются из обломков с преобладающим диаметром от 0,1 до 5 см. Такие известняки отмечаются в виде прослоев в окрестностях г. Хаапсалу и с. Ристи. Псаммитовые известняки образуются из обломков с преобладающим диаметром от 0,5 до 1 мм; они встречены в виде небольшой линзы в нижней части горизонта у с. Рохукюла и Пуллапя (табл. 2, п. 9). Наиболее широко распространены обломочные частицы с диаметром меньше 0,5 мм (преобладает диаметр 0,2—0,4 мм), которые условно можно назвать «крупинками», а сложенные ими породы — «крупичатыми известняками» (табл. 1, фиг. 6). Описанные обломки карбонатных пород имеют микрокристаллическую структуру (средний диаметр кристаллов 0,0075 мм). Обломки хорошо окатаны и имеют разнообразную форму, обычно продолговатую.

До сих пор спорным оставался вопрос о происхождении обломков карбонатных пород. Э. Розенштейн (1938) описала их как ядра различных организмов, сохранившиеся после разложения и перекристаллиза-



ции скелета. Описываемые нами более крупные обломки пород А. Аалоз (1958) назвал конгломератовыми и псаммитовыми известняками, а породы из мелких частиц — копролитовыми; последнее название было им дано несколько раньше и В. П. Масловым.

Исследования автора показали, что хотя часть обломков действительно и является ядрами с сохранившейся формой окаменелостей (особенно некоторых улиток), но большинство их все же представляет собой частицы разрушенной карбонатной породы. На это указывает сходство их состава с составом пород нижележащей толщи, не содержащей таких обломков пород, ориентированность обломков по слоистости (особенно в конгломератах), разнообразная форма обломков и, наконец, одновременное нахождение этих обломков и фауны с неразложившимися или перекристаллизованными скелетами. Трудно согласиться и с той точкой зрения, что более мелкие обломки являются копролитами, так как их форма не похожа на капельную форму копролитов, и у них отсутствует также характерный для последних темный налет. Можно предполагать, что мелкие обломки возникли вместе с более крупными при разрушении первичного осадка. Возможно, часть их образовалась в процессе диагенеза.

**Нерастворимый остаток.** Количество нерастворимого остатка в породах тамсалуского горизонта достигает в большинстве случаев 0,25—7,00%; местами содержание его доходит до 75%, например, по данным буровых скважин, южнее линии выхода горизонта и в ридалаской и хиллиестеской пачках в обнажениях западной части выхода. С глубиной содержание его по вертикальному разрезу увеличивается (рис. 3).

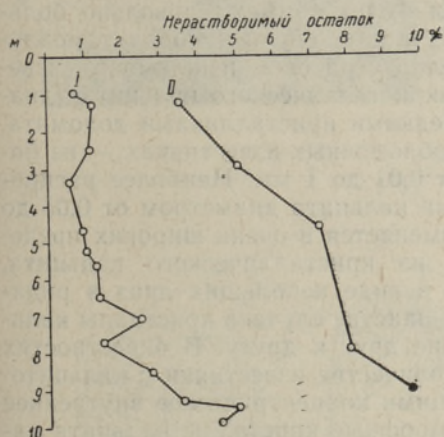


Рис. 3. Изменение с глубиной содержания нерастворимого остатка. I — средние данные из 5 скважин в окрестностях Тамсалу—Карину. II — средние данные из двух скважин в окрестностях Сууремыйза (Хийумаа). Глубины отмечены, начиная с верхней границы.

Нерастворимый остаток состоит главным образом из терригенного материала; в небольшом количестве встречаются и аутигенные минералы. Скопление терригенного материала наблюдается в мергелистых прослоях, а также в карбонатных породах заполняющих раковины пентамеров. В известняках, особенно в шламовых, и в доломитах терригенный материал распределяется более или менее равномерно. Из приложенной диаграммы (рис. 4) видно, что основная часть нерастворимого остатка представлена глинистой фракцией. Исключением являются некоторые породы в западной части выхода, где содержание алеврита более высокое (хиллиестеская и ридалаская пачки). В глинистой фракции главную роль играют гидрослюды и меньшую — кварц; из аутигенных минералов встречаются глауконит и гидрогематит. В алевритовой



фракции преобладает кварц; из аутигенных минералов в ней обнаружен в небольшом количестве халцедон, альбит и пирит. Минералы трехвалентного железа обыкновенно растворяются в 3% HCl и не входят в состав нерастворимого остатка. Из аксессуарных минералов можно назвать турмалин, апатит, рутил.

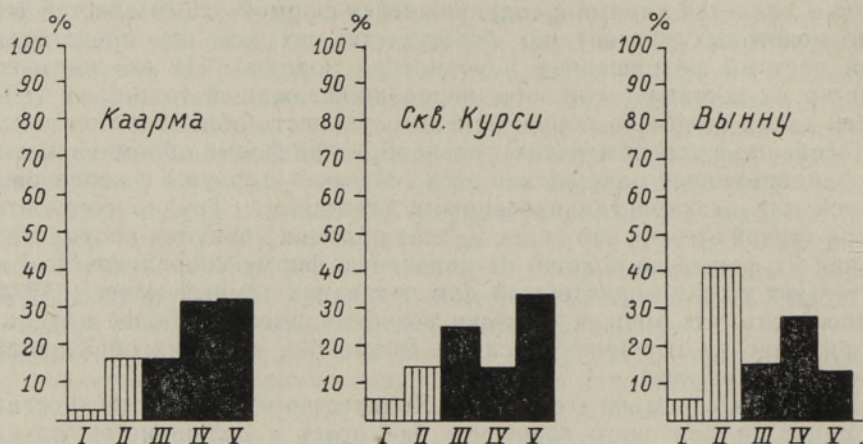


Рис. 4. Гранулометрический состав нерастворимого остатка карбонатных пород тамсалуского горизонта. I — Фракция диаметром 0,1—0,05 мм; II — 0,05—0,01 мм, III — 0,01—0,002 мм; IV — 0,002—0,001 мм; V — < 0,001 мм.

Кристаллы кальцита и доломита имеют довольно большое значение в составе основной массы карбонатных пород тамсалуского горизонта. Основная масса в мелкодетритовых и шламовых известняках состоит из скрыто- или микрокристаллического кальцита (диаметр кристаллов меньше 0,01 мм) с редкими кристалликами доломита, а в крупнодетритовых, биоморфных и обломочных известняках — из более крупных кристаллов диаметром от 0,01 до 1 мм. Наиболее распространена основная масса с кристаллами кальцита диаметром от 0,05 до 0,2 мм. Количество основной массы изменяется в очень широких пределах; известняки, состоящие целиком из кристаллического кальцита, встречаются весьма редко (например в виде небольших линз в ридалаской пачке на о-ве Хийумаа). В большинстве случаев кристаллы кальцита ксеноморфные, тесно прилегающие друг к другу. В окрестностях Рохуола встречаются в небольшом количестве известняки с кальцитовыми оолитами (табл. 2, п. 12), имеющими концентрическое внутреннее строение. Более крупные, иногда идиоморфные кристаллы кальцита находятся в мелких прожилках, которые часто наблюдаются в скрыто- и микрокристаллических колломорфных известняках.

По происхождению кальцит основной массы пород является хемогенным, частью биохемогенным. Совершенная кристаллическая форма его образовалась в течение диагенеза и эпигенеза.

Кристаллы доломита встречаются в основной массе известняков в значительно меньшем количестве, не превышающем 10% от всей массы породы. Кристаллы эти идиоморфные со средним диаметром от 0,01 до 0,05 мм. Они встречаются спорадически среди кристаллов кальцита. По происхождению такие кристаллы доломита являются диагенетическими.

В породах, подвергавшихся более сильной доломитизации при эпигенезе, количество доломитовых кристаллов достигает 90%. Доломитизированные породы известны в тамсалуском горизонте в окрестностях



Тамсалу, Юуру и Мустла-Нымме (табл. 2, п. 13). Размеры кристаллов доломита колеблются в таких породах в пределах 0,1—0,3 мм. Кристаллы доломита встречаются здесь не только в основной массе, но и в скелетах организмов. В процессе доломитизации в породах образуются каверны, в которых кристаллы доломита достигают крупных размеров. Большинство кристаллов доломита идиоморфные и имеют концентрическое внутреннее строение.

### Химический состав карбонатных пород тамсалского горизонта

Как выяснилось из предыдущего описания, основная часть составных компонентов — кальцитовая. С практической точки зрения содержание кальцита является одним из важнейших качественных признаков, определяющих пригодность пород для производства извести.

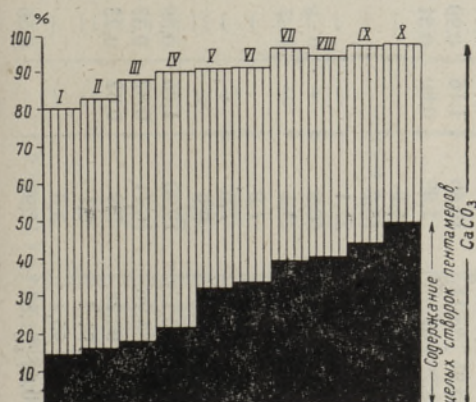
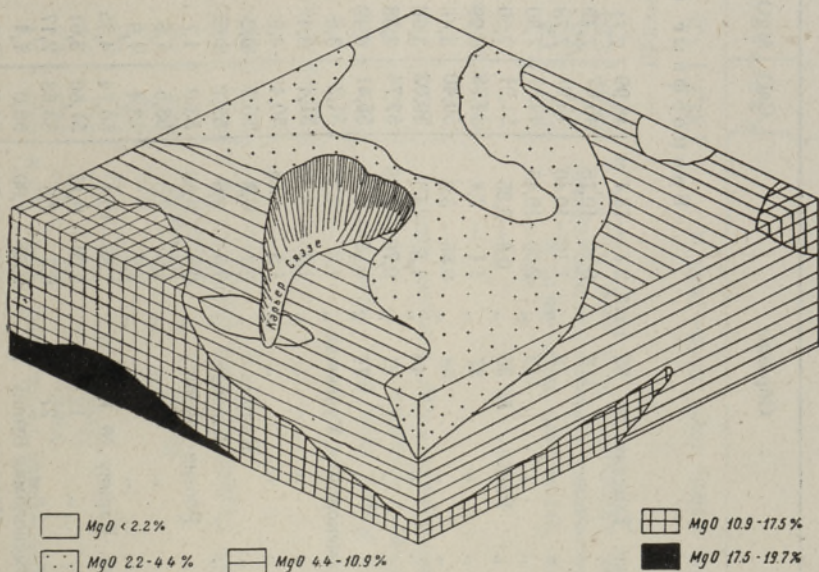


Рис. 5. Связь между содержанием  $\text{CaCO}_3$  и количеством целых створок пентамеров в биоморфных пентамеровых известняках. I — обнажение Оэла, гл. 1,60—1,64 м; II — каменоломня Оэла, гл. 0,40—0,43 м; III — то же, гл. 1,10 м; IV — каменоломня Роозна-Таммику, гл. 0,60—0,65 м; V — то же, гл. 3,5 м; VI — то же, гл. 1,90—2,00 м; VII — каменоломня Выйвере (среднее); VIII — каменоломня Селикюла, гл. 0,30—0,38 м; IX — каменоломня Каарма, гл. 0,20—0,30 м; X — каменоломня Надалама, гл. 0,50 м.



Вертикальный масштаб 1:200; горизонтальный масштаб 1:10000

Рис. 6. Блок-диаграмма из окрестностей Тамсалу (около карьера Сяэзе); Условные знаки обозначают изменения в содержании  $\text{MgO}$ .



## Химические анализы карбонатных пород тамсалуского горизонта

№ ана-лиза	Образцы	Биоморфные пентамеровые известняки										S <sub>общ.</sub> на SO <sub>3</sub>	Наименование пород
		CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S <sub>общ.</sub> на SO <sub>3</sub>			
1	Скв. Тамсалу № 82, глуб. 2,7 — 13,4 м	46,99	7,71	43,7	64,73	35,06	0,66	0,43	0,24	0,06	Доломитовый известняк		
2	" " 118 "	46,57	7,49	44,25	64,54	34,33	1,08	0,44	0,26	0,09	" "		
3	" " 2 "	45,97	7,78	44,01	62,70	36,01	0,99	0,28	0,20	0,05	" "		
4	" " 119 "	49,87	7,80	44,35	63,01	35,98	1,22	0,48	0,24	0,06	" "		
5	" Ракке - № 36 "	51,91	2,50	44,44	87,88	10,26	1,72	0,28	0,30	0,05	Слабодоломитовый известняк		
6	" " 37 "	54,98	0,29	43,52	97,36	1,07	0,60	0,22	0,10	0,08	Известняк		
7	" " 58 "	50,40	3,46	43,26	81,80	15,98	1,72	0,69	0,28	0,07	Слабодоломитовый известняк		
8	" " 44 "	50,03	3,96	42,92	79,32	18,03	2,20	0,91	0,37	0,05	" "		
9	" " 81 "	52,74	2,38	43,05	88,11	10,46	1,16	0,90	0,27	0,07	" "		
10	" " 74 "	55,41	0,42	43,20	97,92	1,99	0,80	0,31	0,09	0,02	Известняк		
11	Каменоломня Уудекюла "	51,2	3,5	43,8	82,4	16,0	—	—	—	—	Слабодоломитовый известняк		
12	" " " "	51,4	3,4	44,0	83,3	15,2	—	—	—	—	" "		
13	" " " "	50,4	4,9	44,6	78,0	22,1	—	—	—	—	Доломитовый известняк		
14	" " Каарма "	55,1	0,2	43,7	97,95	0,9	—	—	—	—	Известняк		
15	" " Выйвере "	55,1	0,3	43,7	97,9	1,1	—	—	—	—	" "		
16	" " Роозна-Таммику "	53,0	1,7	43,8	90,2	7,9	—	—	—	—	" "		
17	" " " "	53,5	1,6	43,8	91,0	7,0	—	—	—	—	" "		
18	" " " "	53,4	1,9	44,0	90,3	8,9	—	—	—	—	" "		
19	Скв. Карину № 1, глуб.	50,74	4,25	43,31	80,17	19,00	1,05	0,39	0,23	0,05	Слабодоломитовый известняк		
20	" " 12 "	51,60	3,61	43,64	83,26	16,11	0,62	0,37	0,16	0,05	" "		
21	" " 27 "	53,68	2,17	43,97	90,28	9,9	0,62	0,23	0,16	0,05	Известняк		
22	Каменоломня Вынну "	53,0	1,4	43,1	91,2	6,1	—	—	—	—	" "		
23	" Ириселья "	54,7	0,8	43,8	95,4	3,6	—	—	—	—	" "		
24	Скв. Сууремыйза № 3 "	51,45	0,92	40,52	91,89	1,92	—	—	—	—	" "		



Обломочные известняки

25	Каменоломня Ристи, глуб. 0,45—0,5 м	55,0	0,4	43,3	97,2	1,8	—	—	—	—	—	—
26	Унгру " " " 0,1 — 0,6	54,5	0,5	43,5	96,1	2,0	—	—	—	—	—	—
27	Пурга " " " 0,1 — 1,12	52,7	0,7	41,8	91,8	3,0	—	—	—	—	—	—
28	" " " 0,2 — 0,21	54,4	0,5	43,0	96,0	2,0	—	—	—	—	—	—
29	" " " 0,6 — 0,68	54,3	0,5	43,1	96,0	2,0	—	—	—	—	—	—
30	Вынну " " (средние данные)	52,9	1,6	43,2	90,4	1,6	—	—	—	—	—	—
31	Скв. Сууремйза № 5, глуб. 0,20—2,2 м	52,07	0,45	40,73	93,00	0,94	—	0,31	—	0,29	—	—
32	" " " 10 " 0,17—4,03	51,43	0,61	40,66	90,12	2,95	—	0,13	—	0,33	—	—

Крупнодетритовые известняки

33	Скв. Курси, глуб. 86,27—86,29 м	51,1	0,7	40,8	89,79	3,04	—	—	—	—	—	—
34	Раскопка Ирисьля	54,7	0,9	43,8	95,3	4,00	—	—	—	—	—	—
35	Каменоломня Унгру (средние данные)	53,4	0,8	43,0	93,2	3,60	—	—	—	—	—	—

Мелкодетритовые известняки

36	Скв. Курси, глуб. 86,05—86,10 м	40,6	1,3	33,2	69,14	5,99	—	—	—	—	—	—
37	Каменоломня Куйметса (средние данные)	43,8	3,5	38,5	69,7	16,0	—	—	—	—	—	—
38	Скв. Сууремйза № 5, глуб. 2,2—5,5 м	50,07	1,03	39,56	89,42	2,15	—	0,49	—	0,41	—	—

Шламовые известняки

39	Скв. Курси, глуб. 72,18—75,42 м	43,2	1,3	37,50	82,55	7,95	—	—	—	—	—	—
----	---------------------------------	------	-----	-------	-------	------	---	---	---	---	---	---

Кристаллические известняки

40	Каменоломня Унгру, глуб. 0,80—0,83 м	52,3	0,7	42,0	91,4	3,0	—	—	—	—	—	—
41	Скв. Сууремйза № 5, " 6,93—8,05	46,74	2,86	39,40	83,48	13,28	—	0,73	—	0,47	—	—



Таблица 3  
(продолжение)

№ анализа	Образцы	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Собщ. на SO <sub>3</sub>	Наименование пород
Доломиты											
42	Каменоломня Каарма, глуб. 2,1—2,2 м	35,7	15,0	43,8	26,98	68,1	—	—	—	—	Известковый доломит
43	" Мустла-Нымме, " 1,15	30,2	20,0	45,3	4,2	91,1	—	—	—	—	Доломит
44	" Юуру " 0,4	30,5	19,7	45,4	5,3	90,1	—	—	—	—	"
45	Схв. Тамсалу № 11, " 1,00—10,0	34,47	17,34	45,25	18,18	79,64	1,46	0,41	0,95	0,06	Слабо известковый доломит

Примечание. 1. Анализы проведены в лабораториях быв. треста «Ленгеолнеруд» — № 1—10, 19—21, 45, Института геологии АН ЭССР (аналитик Л. Лутс) — № 11—18, 22—23, 25—30, 33—37, 39—40, 42—44 и Управления геологии и охраны недр при СМ ЭССР — № 24, 31—32, 38, 41.  
2. По скважинам приведены средние данные.

ТАБЛИЦА I

Фиг. 1. Биоморфный детритовый известняк со створкой пентамера. В створке видны лучистые кристаллы кальцита. Остальная часть породы состоит из крупинок, мелкого детрита и мелких кристаллов кальцита. × 8. Фото А. Аалоз.

Фиг. 2. Крупнодетритовый известняк с примакушечной частью пентамера. × 7,2. Фото А. Аалоз.

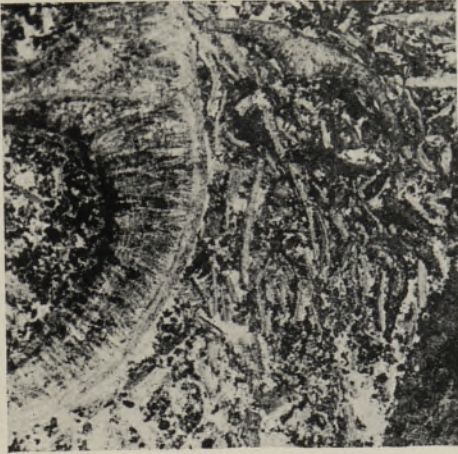
Фиг. 3. Крупичатый известняк с остатками мшанки (в правой верхней части). × 60.

Фиг. 4. Крупнодетритовый известняк. В членике иглокожего видна темная кремнезольная часть. × 50.

Фиг. 5. Сильно перекристаллизованный известняк. Более темные части в центре крупных кристаллов — уцелевшие остатки фауны. × 60.

Фиг. 6. Крупичатый известняк с основной массой из мелкокристаллического кальцита. × 52.

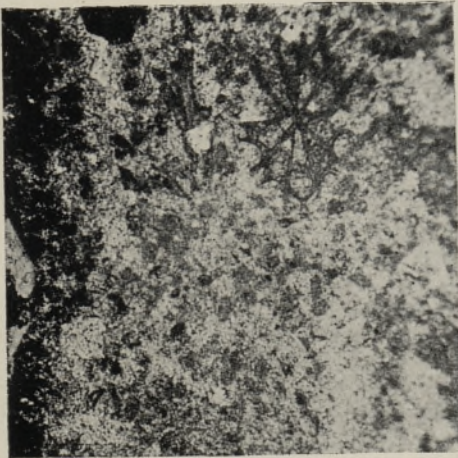




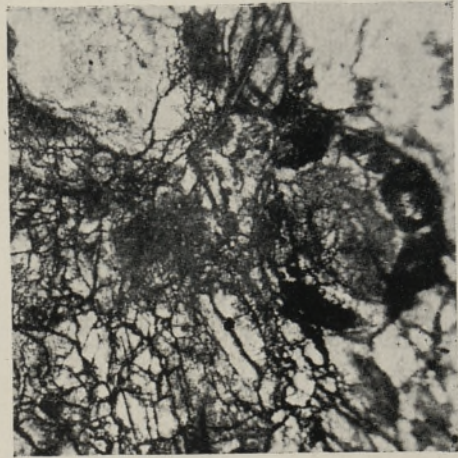
1



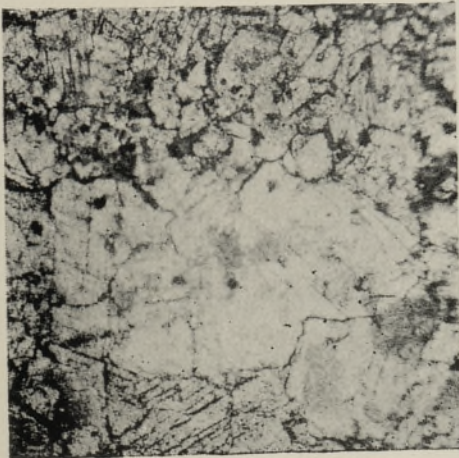
2



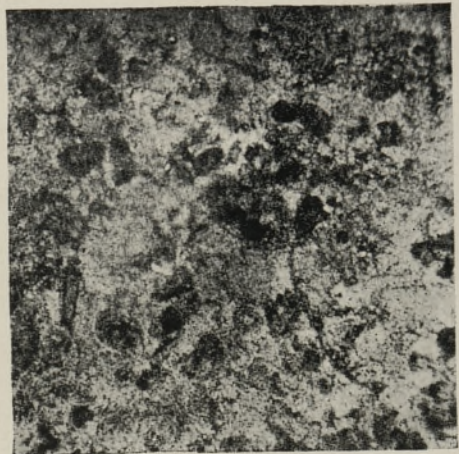
3



4



5



6

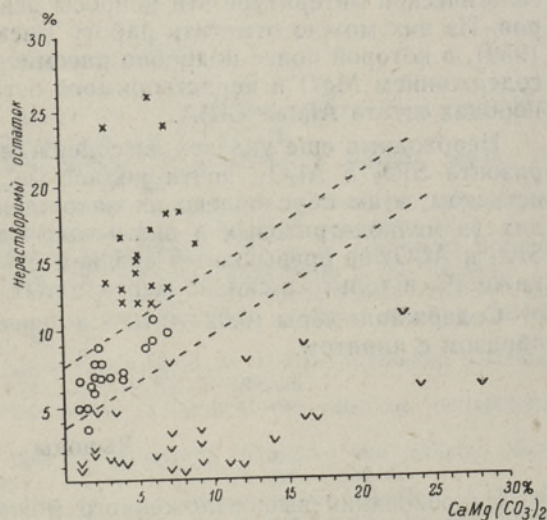






Химические анализы (табл. 3) показывают, что в большинстве случаев содержание  $\text{CaCO}_3$  в породах составляет 70—97%. Наибольшее содержание кальцита отмечается в обломочных и крупнодетритовых известняках, а также в биоморфных пентамеровых известняках, не подвергавшихся доломитизации. Известняки с большим содержанием  $\text{CaCO}_3$  находятся в полосе Надалама—Ракке—Карину (пентамеровые известняки), в окрестностях г. Хаапсалу и на о-ве Хийумаа (обломочные и крупнодетритовые известняки). Содержание  $\text{CaCO}_3$  в биоморфных пентамеровых известняках зависит в некоторой степени от количества целых створок пентамеров (рис. 5). Такая зависимость существует только в недоломитизированных породах. Содержание  $\text{CaCO}_3$  в мелкодетритовых и шламовых известняках обычно уменьшается за счет увеличения нерастворимого остатка. Наименьшее количество  $\text{CaCO}_3$  (4—40%) содержится в доломитовых известняках и доломитах из окрестностей Тамсалу, Юуру и Мустла-Нымме; здесь, как уже отмечалось выше,  $\text{CaCO}_3$  уменьшается за счет доломита, содержание которого повышается до 91,1%. Изменение содержания доломита в этих местах носит незакономерный характер (рис. 6). В местах, где эпигенетическая доломитизация выражена слабее или отсутствует, увеличивается содержание первичного доломита. С глубиной при этом увеличивается и содержание нерастворимого остатка, причем это увеличение, как видно из рис. 7, имеет свой характер для каждого типа пород.

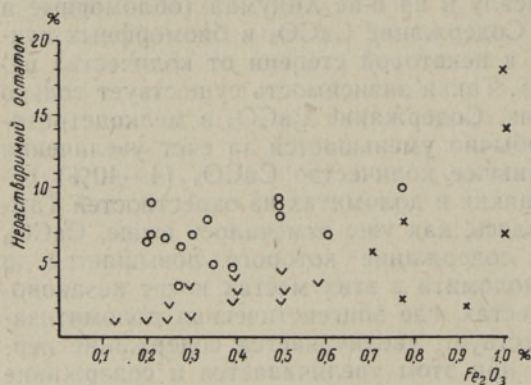
Рис. 7. Зависимость между содержанием нерастворимого остатка и  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . Можно проследить группировку различных типов пород по отдельным полям диаграммы. Условные обозначения: х — мелкодетритовые и шламовые известняки из скважины Курси; о — обломочные и крупнодетритовые известняки из скважин Сууремыйза (Хийумаа); v — биоморфные известняки из разных обнажений горизонта.



Содержание железа в карбонатных породах тамсалуского горизонта колеблется от 0,10 до 0,90% (в пересчете на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) и в окрестностях Тамсалу достигает своего максимума (1,0%) в сильно доломитизированных пентамеровых известняках. В направлении от Тамсалу в сторону Ракке и Карину содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  уменьшается и составляет в среднем 0,19%, а к западу и к югу от последних с появлением мелкодетритовых пород, содержащих больше нерастворимого остатка, опять повышается до 0,32%. По вертикальному разрезу горизонта содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  увеличивается одновременно с повышением содержания доломита. Между содержанием железа и нерастворимого остатка также существует прямая зависимость (рис. 8), но она выражена здесь гораздо слабее, что, в частности, зависит от недостаточного количества данных по тамсалу-



скому горизонту. Зависимость содержания  $Fe_2O_3$  от содержания нерастворимого остатка имеет место не только в карбонатных породах тамсалуского горизонта, но и в карбонатных породах других горизонтов палеозоя Эстонии, не подвергшихся вторичному изменению (Юргенсон, 1960). Можно предполагать, что главную роль в этом играл общий принос осадочного материала в бассейн. В то время как на накопление



$CaCO_3$  сильное влияние оказывали организмы, осаждение соединений железа и магния в большей мере зависело от приноса терригенного материала. Аналогичные явления, особенно для соединений железа, были описаны Н. М. Страховым (1947, 1948). В зарубежной

Рис. 8. Зависимость между содержанием нерастворимого остатка и  $Fe_2O_3$ . Условные обозначения см. на рис. 7.

геологической литературе эти вопросы освещены в работах многих авторов. Из них можно отметить работу Бискве и Лемиша (Bisque, Lemish, 1959), в которой более подробно рассматривается вопрос о связи между содержанием  $MgO$  и нерастворимого остатка в девонских карбонатных породах штата Айова США.

Необходимо еще указать на содержание в породах тамсалуского горизонта  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ , почти полностью связанных с нерастворимым остатком; этим обусловлено их нахождение в более мергелистых породах (в мелкодетритовых и шламовых известняках). Общее количество  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  не превышает в среднем 5%, а в большинстве случаев оно ниже 3% и только в сильно мергелистых породах достигает до 39%.

Содержание серы (0,02—0,10% в пересчете на  $SO_3$ ) связано главным образом с пиритом.

## Выводы

На основании вышеизложенного можно сделать некоторые выводы, касающиеся химического состава пород, а также связи между последними и их составными компонентами, так как эти вопросы из-за отсутствия химических анализов раньше не затрагивались.

1. В вещественном составе карбонатных пород тамсалуского горизонта наибольшее значение имеют компоненты органогенного происхождения — остатки организмов, образующие биогермные, биоморфные и детритовые известняки.

2. Наиболее высокое содержание  $CaCO_3$  (70—97%) отмечается в биоморфных пентамеровых, в обломочных и крупнодетритовых известняках. Наиболее пригодные для известковой промышленности известняки находятся в окрестностях Надалама, Карину и Ракке, г. Хаапсалу и на о-ве Хийумаа (Сууремыйза).

3. Содержание  $CaCO_3$  в породах зависит от количества органических остатков (особенно наглядно это проявляется в биоморфных известня-



ках), от эпигенетической доломитизации и от содержания нерастворимого остатка.

4. При отсутствии эпигенетической доломитизации первичное содержание доломита по вертикальному разрезу горизонта с глубиной увеличивается; одновременно повышается и содержание нерастворимого остатка, а также железа.

5. С нерастворимым остатком связано содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ . Между содержанием этих компонентов существует прямая связь, которая обусловлена условиями осадконакопления и проявляется по-разному в различных типах пород.

6. Доломитизация пород в тамсалуском горизонте является эпигенетической и наиболее широко распространена в окрестностях Тамсалу, Юуру, Муствла-Нымме.

7. Судя по вещественному составу карбонатных пород, осадконакопление в тамсалуское время происходило в основном в нормальных морских условиях, как это уже отмечалось и А. Аалое (1958). В пределах выхода горизонта накопились более прибрежные осадки с обильной фауной пентамеров (биогермы и биостромы) и местами с обломками карбонатных пород. К югу от выходов отлагались осадки с более мелкими органическими остатками и с глинистым материалом.

*Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР*

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аалое А. О. 1958. Стратиграфия юрусского ( $G_I$ ) и тамсалуского ( $G_{II}$ ) горизонтов силура Эстонской ССР. Тр. Ин-та геол. АН ЭССР, III.
- Страхов Н. М. 1947. Железорудные фации; их аналогии в истории земли. Тр. Ин-та геол. наук, вып. 73, геол. сер., № 22.
- Страхов Н. М. 1948. Распределение железа в осадках озерных и морских водоемов и факторы, его контролирующие. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4.
- Юргенсон Э. А. 1960. Распределение соединений железа в осадочных породах Эстонской ССР. Ежегодник Общества естествоиспытателей, т. 53. Таллин.
- Bisque, R. E. and Lemish, J. 1959. Insoluble residue-magnesium content relationship of carbonate rocks from the Devonian Cedar Valley Formation. *Journal of Sedimentary Petrology*, vol. 29, no. 1.
- Kupffer, A. 1870. Ueber die chemische Constitution der baltisch-silurischen Schichten. *Arch. Naturk. Liv-, Ehst- und Kurl.*, I Serie, Bd. V. Dorpat.
- Rosenstein, E. 1938. Borealis-lubjakivid Tamsalu—Rakke vahelises lubjatööstus-rajoonis. *Eesti Loodus*, nr. 4.
- Schmidt, Fr. 1858. Untersuchungen über die Silurische Formation von Estland, Nord-Livland und Oesel. *Arch. Naturk. Liv-, Ehst- u. Kurl.*, Ser. I, Bd. II.
- Schmidt, Fr. 1891. Einige Bemerkungen über das baltische Obersilur in Veranlassung der Arbeit des Prof. W. Dames über die Schichtenfolge der Silurbildungen Gotlands. *Melanges géologiques et paléontologiques*. T. 1, Lin. 1. Acad. Sci. St.-Petersb.
- Õpik, A., Laasi, A. 1938. Läänemaa geologia. *Eesti VIII. Läänemaa I*.



# TAMSALU LADEME KARBONAATSETE KIVIMITE AINELISEST KOOSTISEST

E. JÜRGENSON

## *Resümee*

Tamsalu lademe karbonaatsete kivimite koostises etendavad olulist osa organismide jäänused, mis moodustavad biohermseid, biomorfseid ja detriitseid lubjakive. Vähemal määral esineb purdseid osakesi, kuna lahustusjääki ja kaltsiidi- ning dolomiidikristalle peamiselt põhimassina. Oluline koht tamsalu lademe kivimite hulgas on biomorfsetel pentameruslubjakividel, mis on heaks tooraineks lubjatööstusele.

Üldiselt kujutavad tamsalu lademe karbonaatsed kivimid endast normaal-merelisi setteid. Ainult praeguse avamuse alal esinevad biomorfseid, biohermsed ja purdised lubjakivid on tekkinud rannale lähedasemal alal.

# THE COMPOSITION OF CARBONATE ROCKS OF THE TAMSALU STAGE

E. JÜRGENSON

## *Summary*

The most important components of the carbonate rocks of Tamsalu stage are the remains of organisms, forming the biohermal, biomorphous and detritical limestones. The clastic particles (limestone pebbles, insoluble residue) and crystals of calcite and dolomite of chemical and biochemical origin, are less abundant.

The chemical analyses of the carbonate rocks show a great amount of  $\text{CaCO}_3$ . Especially rich in calcite are the biomorphous *Pentamerus*-limestones, clastic and coarse detritical limestones (Table 3) which contain about 90%  $\text{CaCO}_3$ . The rocks with more insoluble residue or the dolomitized ones contain a much lower percentage of  $\text{CaCO}_3$ . In some rocks the amount of  $\text{CaCO}_3$  varies in connection with the contents of well-preserved shells.

Most of the carbonate rocks contain insoluble residue at a rate of 0.25—7%. The amounts of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  are in relation with the content of insoluble residue. A relation between the latter and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  or  $\text{MgO}$  has been noticed only in such cases when rocks have not altered in epigenetic processes. The content of insoluble residue increases in the lower part of the stage and in the rocks south of the outcrop area.

Epigenetic dolomitization has been established in the rocks of Tamsalu, Juuru and Mustla-Nõmme districts, where the content of  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  is 91.1% or less.

The carbonate rocks of Tamsalu stage are of normal marine origin; only the biohermal and biomorphous limestones and rocks containing clastic limestone pebbles represent a sediment of shallower water.

*Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,  
Institute of Geology*