

О ГАЛЬКАХ В ВОЛХОВСКОМ (V_{II}) И КУНДАСКОМ (V_{III}) ГОРИЗОНТАХ НИЖНЕГО ОРДОВИКА ЭСТОНИИ

К. К. ОРВИКУ

Введение

Гальки в известняках нижнего ордовика Эстонии упоминаются в геологической литературе уже с середины XIX века. Но в большинстве соответствующих работ, например Э. Эйхвальда (Eichwald, 1843), Г. Гельмерсена (Helmersen, 1856) и других авторов, о них приводятся лишь весьма отрывочные данные.

Более детальное описание галек дает К. Купффер (Kupffer, 1870). Он упоминает о конкрециях в разрезах Сухкрумяги (в Таллине) и Пакерорт, в слоях, отнесенных им, согласно стратиграфической схеме Ф. Б. Шмидта (Schmidt, 1858), к глауконитовому известняку и относимых теперь к пакриской пачке (V_{III}βP) кундаского горизонта. К. Купффер охарактеризовал эти конкреции темного цвета, как состоящие из обломков трилобитов и глауконитовых зерен, сцементированных известковым материалом и содержащих в значительном количестве фосфатные соединения и битумное вещество. Он привел в своей работе также химический анализ одной такой конкреции. В разрезе Сухкрумяги, по К. Купфферу, конкреции встречаются в низах мелкозернистого известняка, соответствующих по современной стратиграфической схеме калластескому известняку (V_{III}βK). В разрезе Пакерорт он обнаружил конкреции в нижней части плотного известняка, содержащего в большом количестве кварцевый песок, в породе, в которой можно узнать суурупский известковистый песчаник — V_{III}βS (см. Орвику, 1960). Интересно отметить, что К. Купффер называет описываемые им образования то конкрециями, то гальками. Он первым из исследователей определенно говорит о тех конкрециях, которые в данной статье описываются как гальки.

Отдельные замечания о фосфоритовых конкрециях из слоев нижнего ордовика имеются в работах Ю. Линнарссона (Linnarsson, 1873), Ф. Шмидта (Schmidt, 1882), Г. Гольма (1884) и др., но в них по сравнению с работой К. Купффера новых данных не приводится.

В 1896 г. Ю. Андерссон (Andersson, 1896) описал из слоев нижнего ордовика Швеции фосфоритовые гальки и нарисовал картину их возможного образования. Вероятно, учитывая результаты исследования Ю. Андерссона, В. Ламанский (1901, 1905), описывая конгломератовую породу в низах кундаского горизонта, считает встречаемые там фосфо-

ритовые образования настоящими гальками: он показал, что порода, из которой состоят гальки, имеет более древний возраст, чем вмещающая порода, и что фосфатизация галек произошла уже после их образования. П. Раймонд (Raymond, 1916), который также упоминает о конгломератовом слое в нижней части кундаского горизонта в Западной Эстонии, отмечает, что гальки в конгломератовом слое состоят из известняка, содержащего глауконитовые зерна. Итак, как В. Ламанский, так и П. Раймонд считали встречающиеся в кундаском горизонте конкрециевидные включения типичными гальками.

На встречаемость фосфоритовых конкреций в кундаском горизонте в Западной Эстонии, местами в таком количестве, что порода имеет вид конгломерата, обратил внимание и А. Эпик (Õrik, 1927). Но он не считал эти образования гальками, а видел в них настоящие конкреции, которые сформировались одновременно с вмещающей породой.

Весь имеющийся фактический материал, однако, свидетельствует о том, что в породах нижнего ордовика встречаются настоящие гальки, т. е. обломки пород, более древних, чем вмещающие породы.

Автором встречены гальки в следующих пачках (см. Орвику, 1960) волховского и кундаского горизонтов Эстонии: 1) в нижней части сакаской пачки ($V_{II\alpha S}$), 2) в нижней части телиныммеской пачки ($V_{II\beta T}$), 3) в лахепереской пачке ($V_{II\gamma L}$), 4) в осадочных жилах пакриского типа ($V_{II\delta P}$), 5) в падаском оолитовом известняке ($V_{II\epsilon P}$), 6) в вокаской пачке, особенно в нижней ее части ($V_{III\beta V}$), 7) в пакриской пачке ($V_{III\beta P}$) и 8) в осмуссаареской пачке ($V_{III\gamma O}$).

Нижняя часть сакаской пачки

В обнажениях Сухкрумяги, Мяэюла, Тискре (глыбы известняка на берегу на подножии глинта), Лийква, Телинымме, северо-восточного берега полуострова Пакри (глыбы известняка на подножии глинта) нижняя часть сакаской пачки представлена межформационным конгломератом мощностью до 25 см (Орвику, 1960, рис. 9). Она залегает непосредственно над ровной поверхностью перерыва с амфораобразными норками, образующей четкую границу между пайтеской и сакаской пачками. Местами, в частности там, где мощность конгломерата более значительная, эта поверхность перерыва в типичном виде отсутствует. В конгломерате гальки встречаются настолько рассеяно, что между собой не соприкасаются и поэтому правильнее было бы говорить о конгломератоподобной породе.

Величина галек различная. Более мелкие имеют диаметр в несколько миллиметров, обычно же их диаметр достигает нескольких сантиметров. Размеры наиболее крупной гальки в Телинымме $9 \times 6 \times 3$ см. Гальки большей частью плоские, в общем хорошо окатанные; одна сторона их совершенно ровная, противоположная же — менее ровная. Создается впечатление, что гальки представляют собой обломки известняка, оторвавшиеся от неровной поверхности размыва. Они покрыты такой же тонкой глауконитовой пленкой, что и поверхность размыва между пайтеской и сакаской пачками.

Литологический состав галек резко отличается от состава вмещающей породы. Последняя сложена типичным для сакаской пачки кристаллическим детритовым известняком с многочисленными сравнительно крупными зернами глауконита. Гальки же состоят из четырех разновидностей мелкозернистого до мелкокристаллического светло-серого известняка, в котором глауконитовые зерна отсутствуют или их очень мало и они

небольшие. Известняк этот очень похож на известняки нижележащей пайтеской пачки. Внешняя зона галек носит ясные следы изменения породы после их образования — обыкновенно прослеживается узкая полоса импрегнации желто-бурого цвета из железистых соединений. Встречаются и такие гальки, на которых следов изменения породы не обнаруживается.

Изложенное позволяет сделать вывод, что встречаемые в низах сакаской пачки гальки образовались перед накоплением отложений этой пачки, в процессе развития поверхности размыва между пайтеской и сакаской пачками. Окатанность галек говорит о значительном движении водных масс (волнений) во время их образования. Можно полагать, что гальки, прежде чем они отложились во вмещающем осадке, не были перенесены на значительное расстояние от места своего образования.

Нижняя часть телиныммеской пачки

Гальки в нижних слоях телиныммеской пачки встречаются спорадически в обнажениях Мязюла, Лийква, Телинымме, Лахепере, у маяка Пакерорт, на о-ве Вяйке-Пакри, т. е. в той части выхода волховского горизонта, где наблюдаются значительные изменения мощности последнего.

Вмещающей породой является типичный известняк телиныммеской пачки — серый или зеленовато-серый, мелкозернистый или мелкокристаллический, с немногочисленными обломками окаменелостей и редкими зернами глауконита. В известняке наблюдаются местами своеобразные тонкие пластинообразные или дискообразные гальки темно-серого цвета. Размер галек различный; диаметр самых крупных достигает 8 см при толщине не более 0,5—1 см. Поверхность галек ровная. Встречаются гальки, на обеих сторонах которых имеются норки *Trypanites* (диаметр около 1 мм, глубина около 3 мм), при этом на одной стороне гальки их больше, чем на другой.

Состоят эти гальки из мелкозернистого известняка с обломками окаменелостей. Гальки в общем темно-серого цвета; из-за сильной импрегнации их трудно судить о первоначальном характере породы галек — это, вероятно, известняк телиныммеской пачки. Встречаются и пластинообразные гальки (о-в Вяйке-Пакри) из типичного кристаллического известняка сакаской пачки с многочисленными крупными глауконитовыми зернами, почти не импрегнированные.

В телиныммеской пачке встречаются и более крупные, плоские гальки. Они найдены в этих слоях пока только на о-ве Вяйке-Пакри. Одна из этих галек, размерами $9 \times 7 \times 4$ см, состоит из мелкозернистого известняка той же телиныммеской пачки; темная импрегнация этой гальки проникает лишь на глубину в несколько миллиметров. Одна поверхность гальки более ровная, чем противоположная; на обеих сторонах имеются норки *Trypanites*. Другая галька, размерами $12 \times 8 \times 2$ см, имеет такой же характер, но состоит из типичного кристаллического известняка сакаской пачки с многочисленными глауконитовыми зернами.

О том, что и гальки телиныммеской пачки являются настоящими гальками, говорят норки сверления на обеих их сторонах, свидетельствующие о том, что гальки еще до захоронения в известковом иле были перевернуты движением воды.

Небольшое содержание галек в породах телиныммеской пачки

можно объяснить, по меньшей мере частично, тем, что они были перенесены из района их образования на место захоронения с помощью прикрепившихся к ним растений (водорослей) или других организмов.

Лахеперская пачка

Там, где мощность лахеперской пачки не превышает 20 см, она представлена скрытокристаллическим известняком, в котором неровные поверхности фиолетово-серого цвета встречаются через каждые 1—2 см (Орвику, 1960, рис. 2). Фосфоритовые гальки встречаются в этом известняке или рассеянно, например в некоторых обнажениях глинта у Ласнамяги, Калласте, Мяэкюла и др., или в виде межформационного конгломерата, например в Сухкрумяги, Тонди, Суурупи. В последнем случае вмещающая порода содержит часто в большом количестве мелкие зерна глауконита.

Гальки лахеперской пачки имеют различную величину. Поперечное сечение более крупных галек составляет лишь несколько сантиметров. Размер самой крупной гальки $8 \times 6 \times 3$ см. Форма галек разнообразная. Часто встречаются плоские гальки, всегда хорошо окатанные. Поверхность их обычно ровная, даже гладкая, иногда с норками *Trypanites*. Цвет поверхности галек светлый, фиолетово-серый до буровато-серого. Гальки в большей или меньшей степени пропитаны фосфатными соединениями. У более крупных галек интенсивность импрегнации от поверхности к центру уменьшается, мелкие же гальки полностью импрегнированы, так что бывает трудно установить первоначальный характер их породы.

Гальки лахеперской пачки состоят из разных известняков. Так, в межформационном конгломерате, найденном у Тонди, встречаются гальки, сложенные мелкозернистым серым известняком, гальки из мелкозернистого известняка с многочисленными зернами глауконита, а также единичные гальки из известняка с небольшими оолитами.

С точки зрения их образования особый интерес представляют гальки, состоящие из двух или более разновидностей известняков. Для примера можно указать на гальку из обнажения Сухкрумяги, которая состоит из буровато-серого известняка с редкими зернами глауконита и обломками окаменелостей и из бурого известняка со значительным содержанием глауконита и обломками окаменелостей; на контакте этих пород хорошо прослеживается поверхность перерыва. Другая галька отсюда же, размером $4,7 \times 2,7 \times 2$ см, сложена известняками трех видов: зеленовато-серым мелкозернистым с небольшими обломками окаменелостей, буровато-фиолетовым с многочисленными зернами глауконита и серовато-бурым с более крупными обломками окаменелостей и редкими зернами глауконита. Эти различия известняков отделены друг от друга либо поверхностью перерыва, либо поверхностью наложения. Для примера укажем еще на одну гальку размером $6 \times 4 \times 2$ см из обнажения в глинте у Ласнамяги, которая состоит из мелкозернистого слабо импрегнированного фосфатными соединениями серого известняка с редкими обломками окаменелостей и многочисленными глауконитовыми зернами и из мелкозернистого буровато-желтого известняка со многими обломками окаменелостей и рассеянными глауконитовыми зернами. Известняки отделены один от другого поверхностью перерыва.

Можно сказать, что гальки в лахеперской пачке состоят из известняков телиныммской, кальвиской и частью лахеперской пачек. Это вполне понятно, так как отложение лахеперской пачки сопровождалось

неоднократным перерывом в осадконакоплении и образованием ряда поверхностей перерыва.

Необходимо отметить, что гальки в лахепереской пачке тесно связаны как с поверхностями перерыва, находящимися внутри пачки, так и с поверхностью перерыва, отделяющей эту пачку от нижележащей кальвиской пачки.

Осадочные жилы пакриского типа

Фосфоритовые гальки встречаются рассеянно или в большом количестве также в мелкокристаллическом и скрытозернистом известняках, заполняющих в окрестностях Лээтсе и на о-ве Вяйке-Пакри осадочные жилы пакриского типа (Орвику, 1960, рис. 16), образовавшиеся в лахепереское время. Там, где в жилах галек много, заполняющая жилы порода имеет вид конгломерата.

Гальки в этих осадочных жилах в большинстве своем мелкие, диаметром только в несколько миллиметров, реже в 1—2 см. Они хорошо окатаны, с гладкой поверхностью. Об окатывании галек свидетельствуют отшлифованные глауконитовые зерна на их поверхности. Кроме фосфатной у них наблюдается и значительная пиритовая импрегнация. Под микроскопом цвет породы галек различный — буроватый, желтый, серый — и зависит во многом от характера и интенсивности импрегнации. Гальки сложены известняками, содержащими в разном количестве обломки окаменелостей и глауконитовые зерна. Встречаются гальки, состоящие более чем из одной разновидности известняков.

Падаский оолитовый известняк

В падаском оолитовом известняке встречаются рассеянно плоские, неправильной формы гальки, диаметром в несколько сантиметров, интенсивно импрегнированные железистыми соединениями желто-бурого цвета (Орвику, 1960, рис. 11). Они найдены в соответствующем известняке в районе между Нарвой и Кунда. Наиболее западное обнажение, где они найдены, находится у Ныммески. Вмещающая порода галек — детритовый известняк с немногочисленными глауконитовыми зернами и со множеством небольших оолитов бурого железняка неправильной формы.

Гальки сложены мелкозернистым до мелкокристаллического детритовым известняком кальвиской пачки, содержащим в большом количестве глауконитовые зерна. Импрегнация галек всегда интенсивная. Необходимо отметить, что падаский оолитовый известняк внизу граничит с кальвиской пачкой с неровной, сильно импрегнированной железистыми соединениями поверхностью перерыва. Весьма вероятно, что гальки в падаском оолитовом известняке представляют собой обломки этой неровной поверхности перерыва, причем они до своего захоронения в иле подверглись незначительной механической обработке. Вероятно, перемещение этих галек происходило частично также при помощи прикрепившихся к ним организмов (водорослей и др.).

Вокаская пачка

В этой пачке наиболее часто встречаются гальки неправильной формы, интенсивно импрегнированные железистыми соединениями.

В районе от Нарвы до Пада гальки присутствуют в небольшом количестве в нижней части известняка с мелкими оолитами правильной формы, образующей нижний слой вокаской пачки над неровной поверхностью перерыва с очень интенсивной и глубокой импрегнацией железистых соединений желто-бурого цвета (Орвику, 1960, рис. 13). Эти гальки сравнительно крупные, с поперечным разрезом в несколько сантиметров. Форма их неправильная; во многих случаях одна сторона гальки более ровная. Импрегнация интенсивная; часто встречаются гальки, нижняя половина которых темно-бурого, верхняя — желтовато-бурого цвета.

Сложены они обычно падаским оолитовым известняком. Встречаются и гальки из глауконитового известняка кальвиской пачки или же из падаского оолитового и кальвиского глауконитового известняков. В качестве примера можно привести гальку неправильной формы из Лангевой, длина которой 7 см, толщина 4,5 см. Верхняя сторона этой гальки сравнительно ровная, иногда с норками *Trypanites*, нижняя сторона — очень неправильной формы. Верхняя часть гальки с импрегнацией желтовато-бурого цвета состоит из мелкокристаллического детритового известняка, содержащего многочисленные глауконитовые зерна (известняк кальвиской пачки). Нижняя часть гальки представлена известняком с редкими глауконитовыми зернами и многочисленными оолитами неправильной формы (падаский оолитовый известняк); импрегнация ее — темно-бурого цвета. Залегание в гальке более древнего по возрасту известняка над более молодым показывает, что галька была перевернута еще до ее захоронения.

Гальки, залегающие в вокаской пачке непосредственно над неровной поверхностью перерыва, можно считать также обломками последней, которые хотя и подверглись механическому воздействию волн, но окатаны слабо и, вероятно, частично были перенесены сюда с помощью прикрепившихся к ним организмов.

Особо следует остановиться на гальках, встречающихся в районе Ягала-Убари, где падаский оолитовый известняк отсутствует и вокаская пачка залегают непосредственно на глауконитовом известняке кальвиской пачки. И здесь между последней и вокаской пачкой прослеживается хорошо выраженная неровная поверхность перерыва с импрегнацией желтовато-бурого цвета.

В нижней части вокаской пачки, представленной серым известняком с многочисленными мелкими оолитами бурого железняка, встречаются плоские гальки неправильной формы с импрегнацией из железистых соединений. Они состоят из известняка с редкими глауконитовыми зернами кальвиской пачки. Характер и условия образования галек в этой части вокаской пачки такие же, как и в более восточных обнажениях этих слоев.

Средняя часть вокаской пачки в рассматриваемом районе сложена более или менее глинистым известняком, содержащим крупные оолиты бурого железняка. В этом известняке встречаются рассеянно также плоские гальки неправильной формы с импрегнацией желто-бурого цвета. Степень импрегнации галек различная и соответственно этому цвет их колеблется от желто-бурого до темно-бурого. В Юльгазе эти гальки не только импрегнированы железистыми соединениями, но и покрыты тонкой коркой этих соединений. Поверхность их гладкая и даже блестящая. Это указывает, что импрегнация галек происходила и после их отрыва от коренной основы. В образовании галек большую роль играл процесс растворения, о чем свидетельствуют глауконитовые зерна, которые как более устойчивые к растворению выступают на поверхно-

сти галек. Гальки сравнительно большие, поперечный разрез более крупных из них достигает 11 см.

Гальки состоят или из глауконитового известняка кальвиской пачки, или из известняка нижней части вокаской пачки с мелкими оолитами.

Встречаются гальки, которые говорят о том, что они были перенесены сюда из других мест. Например, в Юльгазе найдена плоская галька размерами $11 \times 10 \times 2$ см, состоящая из известняка с рассеянными глауконитовыми зернами (вероятно, из телиныммеской пачки); нижняя сторона гальки пронизана многочисленными норками *Trypanites*. Несомненно, что во время образования этих норок галька должна была находиться в перевернутом положении.

Гальки средней части вокаской пачки образовались в таких же условиях, как и гальки нижней части этой пачки и падаского оолитового известняка.

Пакриская пачка

В наибольшем количестве встречаются гальки в пакриской пачке. Это те гальки, которые упоминаются в литературе под различными названиями и образование которых объяснялось по-разному. Гальки встречаются во всех разностях пакриской пачки: в ягаласком и калластеском известняках и в суурупском известковистом песчанике.

В ягаласком известняке гальки хорошо прослеживаются в обнажении у водопада Ягала, где соответствующий комплекс слоев представлен серым до буровато-серого мелкозернистым детритовым известняком с рассеянными, сравнительно крупными гальками. Гальки разной величины сосредоточены в большом количестве в известковом материале, заполняющем крупные амфораобразные норки зарывания, связанные с ровными поверхностями перерыва, которые снизу и сверху ограничивают рассматриваемый комплекс слоев и находятся также в самом комплексе. Небольшие гальки встречаются и в известковом материале, заполняющем ходы *Balanoglossites*; эти гальки также связаны с поверхностями перерыва. Таким образом, в обнажении Ягала можно хорошо проследить, что норки зарывания и ходы роющих животных на ровном каменном дне водоема того времени служили ловушками для галек.

Ягалаские гальки имеют различную величину: встречаются гальки диаметром в несколько сантиметров, более часты гальки, диаметр которых равен 1—2 см или только несколько миллиметров.

Цвет их в общем светло-серый, они хорошо окатаны, имеют ровную гладкую, частью блестящую поверхность. Мелкие гальки обыкновенно округлые, более крупные — плоские, с неровной поверхностью.

Гальки в ягаласком известняке, как и вообще в пакриской пачке, характеризуются различной степенью импрегнации фосфатными соединениями и поэтому их обычно называют фосфоритовыми гальками.

Часть галек состоит из известняков с глауконитовыми зернами. К какой более древней пачке этот известняк следует отнести — к кальвиской или к лахеперской — часто бывает трудно решить из-за интенсивной импрегнации галек фосфатными соединениями, которая значительно изменила первоначальный облик породы галек. Часть галек сложена оолитовым известняком вокаской пачки. Необходимо отметить, что оолиты в гальках имеют уже не желто-бурый, а темно-серый цвет. Такое изменение цвета оолитов произошло, несомненно, во время фосфатизации галек в восстановительной среде. Гальки из оолитового из-

известняка подвергались длительному механическому воздействию и окатыванию: на их поверхности можно наблюдать хорошо отшлифованные срезы оолитов.

Часть галек из Ягала покрыта тонкой светло-серой коркой слоистого строения, толщиной около 1 мм, из того же вещества, которым импрегнированы гальки. Эта корка образовалась на гальках после их окатывания, о чем свидетельствуют отшлифованные срезы оолитов под коркой на гладкой поверхности галек. На одной и той же гальке толщина корки различна, и корка местами даже отсутствует. Такие гальки с гладкой поверхностью говорят о том, что они и после образования корки подвергались окатыванию. Все это показывает, что обломки пород, из которых образовались гальки, до того как они попали в вмещающий осадок, прошли несколько этапов развития: отрыв от коренной породы, импрегнация фосфатными соединениями и окатывание, покрытие коркой и снова окатывание. Наконец гальки были перенесены на место захоронения, причем они накапливались в основном в больших норках зарывания, послуживших для них ловушками.

В калластеском известняке (см. Орвику, 1960, рис. 14), мощность которого не превышает обыкновенно 10 см, можно везде найти фосфоритовые гальки примерно такого же характера, какой имеют гальки из ягалаского известняка. Обычно они встречаются рассеянно, но часто в таком большом количестве, что известняк образует как бы конгломерат. Иногда калластеский известняк и называют конгломератом. В больших амфораобразных норках зарывания, связанных с ровной поверхностью перерыва на нижней границе калластеского известняка и заполненных материалом последнего, также накопилось много галек (Орвику, 1960, рис. 6; Орвику, 1961, рис. 3А), так что заполняющий норки известняк образовал конгломерат.

Величина галек в калластеском известняке весьма различна. Диаметр более крупных из них достигает 5 см, часто встречаются гальки с диаметром 1—2 см, но имеется много еще более мелких галек, некоторые из них величиной с крупную песчинку. Более крупные гальки хорошо окатаны, у более мелких округлены только края. Поверхность галек гладкая, иногда с норками сверления *Trypanites*. Цвет в основном серый до коричневатого многих тонов, в зависимости от интенсивности импрегнации. Более мелкие гальки обычно более темного цвета — темно-серые и даже черные.

Гальки в калластеском известняке состоят из разных пород. В Иру, например, встречаются гальки из серого мелкозернистого детритового известняка с глауконитовыми зернами, из мелкозернистого детритового известняка с поверхностями размыва и из оолитового известняка, т. е. из известняка кальмиской, лахпереской и вокаской пачек. Определение характера пород мелких галек затруднено из-за сильной фосфатизации их. Но во многих случаях можно установить и состав мелких галек, в основном по глауконитовым зернам, оолитам, обломкам окаменелостей, которые подтверждают, что и мелкие гальки образовались из обломков более древних пород, подвергшихся фосфатизации, окатыванию и транспорту до их захоронения во вмещающей породе.

Суурупский известковистый песчаник (см. Орвику, 1960, рис. 14) начинается внизу местами фосфоритовым конгломератом мощностью в несколько сантиметров, гальки в котором обычно темно-серого до черного цвета, хорошо окатаны, с гладкой поверхностью, пронизанной норками сверления. Гальки обычно небольшие, диаметром менее 1 см, но встречаются и более крупные. Состоят гальки, насколько это позволяет судить их интенсивная импрегнация, из мелкозернистого известняка с

большим или меньшим содержанием обломков окаменелостей и глауконитовых зерен, который можно отнести к лахепереской пачке. Это вполне закономерно, так как на большей части распространения суурупского песчаника под последним залегают лахепереская пачка. Из лахепереского известняка состоят гальки в конгломератовом слое суурупского известковистого песчаника и там, где под последним нет уже лахепереской пачки, например на о-ве Вьяке-Пакри. Можно полагать, что отложившийся в этой части лахепереский известняк был позже полностью размыт. Об этом говорят осадочные жилы, заполненные известняком лахепереского типа. Интересно отметить, что в фосфоритовом конгломерате в низах суурупского известковистого песчаника оолиты не найдены; последние встречаются во вторичном залежении в калластеском известняке в обнажениях Ласнамяги и Сухкрямяги в Таллине, т. е. немного западнее обнажений, в разрезах которых установлен еще оолитовый известняк вокаской пачки. Это показывает, что обломки пород, и даже небольшие оолиты, транспортировались на сравнительно незначительное расстояние от места своего образования.

Суурупский известковистый песчаник литологически подразделяется на три части. Только в нижней, более глинистой части, к которой относится также и прослеживаемый местами охарактеризованный выше фосфоритовый конгломерат, рассеянно встречаются крупные фосфоритовые гальки.

Эти крупные гальки состоят из различных более древних, чем вмещающая, пород. Так, одна галька из Виймси-Лубьямяги, размерами $2 \times 1,7 \times 1,3$ см, буровато-серого цвета, с гладкой поверхностью, на которой прослеживаются отшлифованные срезы оолитов, сложена мелкозернистым детритовым известняком с глауконитовыми зернами и мелкозернистым оолитовым известняком. Две другие гальки, размерами $3,8 \times 2,7 \times 1,3$ и $3,4 \times 2,4 \times 1,8$ см, состоят из известняка лахепереской пачки с поверхностями перерыва и фосфоритовыми гальками. Одна сравнительно крупная галька ($7 \times 4 \times 1,3$ см) из суурупского известковистого песчаника в Кейла-Йоа состоит из типичного известняка волховского горизонта и т. д.

Необходимо особо остановиться на более крупных гальках, встречаемых рассеянно в нижней части суурупского известковистого песчаника на о-ве Вьяке-Пакри. Диаметр более крупных галек здесь достигает 11 см, и они плоские. Небезынтересно отметить, что в обнажениях на северо-восточном берегу острова гальки имеют в общем меньшие размеры, чем в обнажениях на северо-западном берегу острова.

В обнажениях на северо-восточном берегу острова диаметр галек колеблется в большинстве случаев в пределах 1—4 см; поверхность их или гладкая, или неровная, цвет темно-серый до черного различных оттенков, что зависит в значительной мере от характера породы гальки и от интенсивности импрегнации фосфатными соединениями. Последняя иногда бывает очень интенсивной, но часто у более крупных галек импрегнация наблюдается в виде узкой полоски. Встречаются гальки и без всякой импрегнации. Поверхности более крупных галек нередко иссверлены *Trypanites*.

Состоят гальки из разных известняков волховского горизонта. В ряде случаев можно легко распознать известняки сакаской, телиныммеской и лахепереской пачек, но часто это не удается из-за интенсивной импрегнации галек. Встречаются гальки из конгломератового известняка лахепереской пачки, на поверхности которых хорошо прослеживаются контуры галек исходной породы. Найдены гальки, состоящие из лахепереского известняка с поверхностями перерыва — последние ясно вы-

рисовываются на поверхности галек. Можно упомянуть еще гальку, сложенную отчасти кристаллическим известняком телиныммеской пачки с глауконитовыми зернами и отчасти мелкозернистым известняком лахепереской пачки с гальками.

В обнажениях северо-западного берега острова, как уже указывалось, в нижней части суурупского известковистого песчаника встречаются более крупные гальки. Размеры самой крупной из найденных галек $11 \times 7,5 \times 2$ см. Эти гальки сложены также известняками волховского горизонта.

Одна плоская галька размерами $7,5 \times 7,5 \times 1,5$ см имела ровную нижнюю сторону со слабой фосфатной импрегнацией и с многочисленными норками сверления *Trypanites*; на верхней стороне гальки норк немного, а импрегнация более интенсивная. Галька состоит из типичного кристаллического детритового известняка телиныммеской пачки с редкими глауконитовыми зернами и слабо импрегнирована фосфатными соединениями. Другая слабо импрегнированная галька ($11 \times 7,5 \times 2$ см) сложена серым кристаллическим детритовым известняком сакаской пачки со многими глауконитовыми зернами. Обе стороны гальки размерами $9 \times 8,5 \times 4$ см пронизаны многочисленными норками *Trypanites*; поверхность гальки — темно-серого цвета, зона импрегнации узкая, основная масса гальки почти без импрегнации; галька сложена мелкозернистым до мелкокристаллического детритовым известняком с рассеянными глауконитовыми зернами, представляющим собой типичную породу телиныммеской пачки. Еще одна галька ($6 \times 8,5 \times 2$ см) неправильной формы с поверхностью в общем темно-серого цвета различных оттенков, обусловленных составом гальки, состоит из конгломератовой породы пакриской пачки.

Можно было бы привести еще много примеров для характеристики галек из нижней части суурупского известковистого песчаника с о-ва Вяйке-Пакри, которые показывают, что эти гальки в очень разной степени импрегнированы, в частности слабо импрегнированы более крупные гальки, встречающиеся более часто в обнажениях северо-западного берега острова. Эти гальки состоят из известняков волховского горизонта, которые здесь залегают под известковистым песчаником пакриской пачки, или же из известняка лахепереской пачки, который здесь раньше, вероятно, отлагался, но в дальнейшем был размыт. В отдельных случаях материалом для галек послужил и тонкий конгломеративный слой пакриской пачки. Интерес представляет нахождение галек с норками сверления на их нижней стороне.

Осмуссаарская пачка

В осмуссаарской пачке на островах Вяйке-Пакри и Осмуссаар обнаружены единичные гальки. Они сравнительно большие — до $12 \times 8 \times 3$ см.

Часть найденных галек состоит из типичных известняков волховского горизонта, главным образом из зеленовато-серого кристаллического детритового известняка с глауконитовыми зернами, в котором можно легко узнать известняк сакаской пачки. Эти гальки почти не импрегнированы; на их поверхности можно обнаружить норки сверления *Trypanites*.

Другая часть галек, найденных в осмуссаарской пачке как на о-ве Осмуссаар, так и на о-ве Вяйке-Пакри, состоит из темно-бурого до чер-

ного известковистого песчаника, заполняющего осадочные жилы осмуссаарского типа.

Необходимо упомянуть еще одну гальку из Иру, из темносерого кристаллического детритового известняка алуояского подгоризонта, залегающую непосредственно над нижней границей последнего. Эта плоская галька, размерами $5,5 \times 4 \times 0,5-0,2$ см, состоит из оолитового известняка вокаской пачки, на поверхности ее хорошо прослеживаются отшлифованные срезы оолитов.

Заключение

Приведенный выше фактический материал с достаточной ясностью показывает, что в различных пачках волховского и кундаского горизонтов нижнего ордовика Эстонии встречаются настоящие гальки.

Характерно, что эти гальки находятся в общем в породах, залегающих непосредственно над хорошо выраженными поверхностями перерыва. Они встречаются сравнительно рассеянно, но иногда скопляются в таком количестве, что образуют конгломерат или конгломератовидную породу. Скопление галек наблюдается также в больших амфораобразных норках зарывания и в осадочных жилах пакриского типа, которые служили ловушками для галек.

Гальки состоят из пород, залегающих непосредственно под вмещающей породой, или из пород, которые поблизости еще встречаются под вышележащими отложениями, но в месте нахождения галек отсутствуют, так как, вероятно, были размыты здесь еще до отложения вмещающей породы. Гальки имеют различную величину, но редко превышают в длину 10 см; они округлые (более мелкие) или плоские и сравнительно часто неправильной формы, более или менее окатанные. Поверхность галек ровная или даже гладкая. В гальках встречаются норки *Trypanites* и притом нередко на обеих сторонах плоских галек. О том, что гальки были перенесены сюда до захоронения во вмещающей осадке, говорят и поверхности перерыва в породах галек, которые иногда перевернуты. Гальки всегда в большей или меньшей степени импрегнированы теми же соединениями, что и породы с поверхностями перерыва, залегающих непосредственно под вмещающей породой.

Гальки волховского и кундаского горизонтов, за исключением галек падаского оолитового известняка и вокаской пачки, распространяются в Северо-Западной Эстонии в пределах мелководной полосы северо-восточного простиранья, существовавшей, в частности в волховское и кундаское время, в раннеордовикском море. Гальки не установлены в отложениях азериского и вышележащих горизонтов среднего ордовика Эстонии, залегающих над кундаским горизонтом.

На основании всего изложенного можно заключить, что образование галек в волховское и кундаское время было тесно связано с образованием поверхностей перерыва и что в условиях образования тех и других имеется много общего. Гальки представляют собой обломки пород, подвергшихся при образовании поверхностей перерыва воздействию гидрoхимических и гидродинамических факторов. Будучи оторванными от дна моря, эти обломки подвергались импрегнации, окатыванию и переносу в тех же условиях, в которых образовались и поверхности перерыва, т. е. в мелководном море в условиях каменного дна. Можно полагать, что гальки не переносились на далекие расстояния от места их образования. Нахождение галек в отложениях не свидетельствует еще об их формировании в прибрежной зоне. Более вероятным является

предположение, что в некоторых участках мелководного моря нижнего ордовика в разное время образовались небольшие отмели. В пределах последних волновая деятельность была настолько сильной, что обусловила отламывание кусков породы от каменного дна моря, существовавшего во время образования поверхностей перерыва. На этих отмелях обломки пород окатывались в гальки, импрегнировались, заселялись сверлящими организмами. Здесь же они накапливались, частью в виде галечника и гравия, на поверхности перерыва и цементировались позже в конгломерат или конгломератоподобную породу. Гальки скоплялись также в осадочных жилах и в крупных амфораобразных норках зарывания.

Часть галек была окончательно захоронена во вновь накопившемся осадке (после образования соответствующей поверхности перерыва). При этом следует иметь в виду два обстоятельства. Одновременно с общим обновлением осадконакопления местами могли еще существовать условия каменного дна — на это указывает, например, прерывистое и ограниченное распространение в Северо-Западной Эстонии лахепереской пачки и калластеского известняка. Это значит, что в одно и то же время на одних участках района продолжалось еще образование и окатывание галек, а на другие участки района они заносились и захоронялись в накапливающимся там осадках. Об этом говорят также наблюдения и выводы С. Вишнякова и Р. Геккара (1937) относительно образования галек на границе вязнаского (В_{11β}) и лангевояского (В_{11γ}) подгоризонтов на реке Сясь в Ленинградской области.

Гальки, встречающиеся в породах волховского и кундаского горизонтов лишь в небольшом количестве, рассеянно, вероятно были принесены в район осадконакопления волнением и течениями в плавающем состоянии, при помощи водорослей или других соответствующих организмов, прикрепившихся к галькам, как к твердому субстрату. Такой транспорт при содействии организмов, выросших на гальки и валуны, в условиях волнения наблюдается и на современных берегах Эстонии. Здесь штормом со дна мелководного моря выбрасываются на песчаный берег крупные гальки с прикрепившимися к ним водорослями (К. Орвику, Каарел Орвику, 1961). Этим объясняется и тот факт, что в пляжевых песках встречаются единичные гальки или небольшие их скопления. Необходимо принять во внимание, что волнением гальки с водорослевыми «парашютами» заносятся не только в сторону берега, но и в сторону моря, и таким образом они могут быть занесены не только в прибрежные, но и в более отдаленные от берега отложения. Вполне логично предположить, что такой транспорт галек играл определенную роль и в мелководном море раннего ордовика Эстонии, особенно в северо-западной ее части, где далеко от берега наряду с более глубоководными районами существовали и более мелководные отмелье участки.

Более интенсивное образование галек в нижнем ордовике Эстонии падает на время наименьшего осадконакопления и наиболее интенсивного развития поверхностей перерыва в указанной мелководной полосе ордовикского моря. Это еще раз подтверждает, что условия, способствующие развитию поверхностей перерыва, были подходящими и для образования галек. Различными соотношениями гидродинамических и гидрохимических условий в бассейне того времени объясняется большое разнообразие в строении поверхностей перерыва (Орвику, 1960), а также многие специфические черты в образовании галек.

Образование галек, захороненных в отложениях тырвайзского времени, тесно связано с формированием гладкого каменного дна, отме-

ченного поверхностью перерыва на контакте пяйтеской и сакаской пачек. Однако соответствующий межформационный конгломерат имеет довольно незначительное распространение. Очень ограниченным было образование галек в вьэнаское время.

Резко увеличивается образование галек в лангевояское время на северо-западе Эстонии, о чем свидетельствует частая встречаемость их в лахепереской пачке и в осадочных жилах пакриского типа лахепереского возраста. Лохепереское время характеризуется незначительным осадконакоплением и повторным образованием поверхностей перерыва, для которых, как и для галек того времени, характерна импрегнация из фосфатных соединений. Образование галек в лангевояское время не ограничивается только мелководной полосой моря, но происходит на протяжении всего района распространения падаского оолитового известняка, в котором рассеянно встречаются неправильной формы гальки с импрегнацией из железистых соединений.

Максимум образования галек приходится на валастеское время. Неправильной формы гальки с импрегнацией из железистых соединений распространены в вокаской пачке, покрывающей четкую неровную поверхность перерыва с такой же импрегнацией на границе волховского и кундаского горизонтов, на всей территории распространения вокаской пачки (по данным обнажений). Наиболее широкое распространение галек в валастеское время наблюдается в пределах мелководной полосы ордовикского моря в Северо-Западной Эстонии, где в то время образовалась маломощная пакриская пачка со многими поверхностями перерыва (Орвику, 1960, рис. 14 и 15).

Гальки в отложениях алуояского подгоризонта встречаются спорадически только в мелководной полосе ордовикского моря в Северо-Западной Эстонии. Это указывает, что условия в алуояское время не благоприятствовали образованию галек. Необходимо отметить, что образование галек не всегда сопутствует появлению поверхностей перерыва и что условия, благоприятные для образования последних, могут быть неподходящими для формирования галек. Для примера можно указать на прекрасно выраженную поверхность перерыва с импрегнацией из железистых соединений между кундаским и азерским горизонтами (Orviku, 1940), в залегающем над которой известняке галек не найдено.

*Институт геологии
Академии наук Эстонской ССР*

ЛИТЕРАТУРА

- Вишняков С. Г. и Геккер Р. Ф. 1937. Следы размыва и внутрипластовые нарушения в глауконитовых известняках нижнего силура Ленинградской области. ЦНИГРИ. Юбилейный сборник к 45-летию научной деятельности Н. Ф. Погребова.
- Гольм Г. 1884. Сравнение шведских и восточно-балтийских силурийских и послетретичных отложений, основанное на геологических экскурсиях в Эстляндской, Лифляндской и С.-Петербургской губерниях в 1883 и 1884 гг. Изв. Геол. ком., т. III.
- Ламанский В. 1901. Исследования в области балтийско-ладожского глинта летом 1900 г. Изв. Геол. ком., т. 20.
- Ламанский В. 1905. Древнейшие слои силурийских отложений России. Труды Геол. ком., новая серия, вып. 20.
- Орвику К. 1960. О литостратиграфии волховского и кундаского горизонтов в Эстонии. Труды Ин-та геологии АН ЭССР, V.

- Orviku K. и Орвiku Каарел. 1961. О закономерностях строения и развития современного морского берега Эстонии. Труды Ин-та геологии АН ЭССР, VIII.
- Andersson, J. G. 1896. Über cambrische und silurische phosphoritführende Gesteine aus Schweden. Bull. Geol. Inst. Upsala, B. 11.
- Eichwald, E. 1843. Neuer Beitrag zur Geognosie Ehstlands und Finnlands. Beitr. Kennt. Russ. Reichs, Bd. 8.
- Helmersen, G. 1856. Die regelmässige Zerklüftung des Kalksteins der unter-silurischen Formation an der Küste Ehstlands und seine Zerstörung durch die Brandung. Vorkommen von Asphalt in dieser Formation. Bull. de la classe physico-mathématique Acad. Sci. St.-Pétersb., I. 14, no. 13—14.
- Kupffer, A. 1870. Ueber die chemische Constitution der baltisch-silurischen Schichten. Arch. Naturk. Liv-, Ehst- u. Kurl., Ser. I, Bd. 5.
- Linnarsson, J. 1873. Ueber eine Reise nach Böhmen und der russischen Ostseeprovinzen im Sommer 1872. Z. Dtsch. geol. Ges., Bd. 25.
- Orviku, K. 1940. Lithologie der Tallinna-Serie (Ordovizium, Estland) I. Acta Univ. Tartu., A XXXVI.
- Orviku, K. 1961. Diskontinuiteetpinnad Volhovi ja Kunda lademes. ENSV TA Loodusuuriajate Selts. Geoloogiline kogumik.
- Raymond, P. 1916. The correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin with those of Eastern North America. Bull. Museum Compar. Zool. Harv. Coll., vol. 56, no. 3.
- Schmidt, F. 1858. Untersuchungen über die silurische Formation von Ehstland, Nord-Livland und Oesel. Arch. Naturk. Liv-, Ehst- u. Kurl., Ser. I, Bd. 2.
- Schmidt, F. 1882. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Übersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abt. I. Mém. Acad. Sci. St.-Pétersb., ser. 7, t. 30, № 1.
- Öpik, A. 1927. Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. Acta Univ. Tartu., A XII.

VEERISTEST EESTI ALAMORDOVIITSIUMI VOLHOVI (B_{II}) JA KUNDA (B_{III}) LADEMES

K. ORVIKU

Resümee

Artikli autor on kogunud rohkesti faktilist materjali volhovi ja kunda lademe veeriste kohta. Artiklis iseloomustatakse veeriste esinemist ja ehitust nimetatud lademete kihistikes ning peatatakse veeriste tekkimistingimused.

Veerised esinevad tavaliselt hajutatult, kuid kohati nii suurel hulgal, et moodustavad konglomeraadi või konglomeraaditaolise kivimi. Nad on kuhjunud ka suurtesse amforakujulistes organismide kaeveõnarustes ning pakri tüüpi settesoontesse. Veerised esinevad kivimis, mis vahetult katab mõnda selgelt väljakujunenud diskontinuiteetipinda. Veerised moodustuvad kivimeist, millesse on kujunenud lamav diskontinuiteetipind või mis veerise leukoha lähemas naabruses moodustavad veerist sisaldava kivimi lamami. Veerised on mitmesugused: läbimõõduga kuni 10 cm, ümarad või lapikud, hästi kulunud, kuid ka korrapäratu kujuga. Lapiku kujuga veeristes leidub kohati peenikesi *Trypanites*-tüüpi puuraugukesi. Eriti huvitav on asjaolu, et viimaseid leidub mitme veerise mõlemal küljel, mis näitab, et veerised on enne mattumist ümber pööratud, liikunud. Veerised on suuremal või vähemal määral impregneerunud nende ühenditega (raua- või fosforiühendid), millega veerise leukohas on impregneerunud veeriseid sisaldava kivimi all oleva diskontinuiteetipinnaga kivimi ülemine osa.

Veeriste iseloomu võrdlemine diskontinuiteetipindade iseloomuga lubab järeldada, et mõlema tekkimist põhjustasid ühesugused hüdrokeemilised ja

hüdrodünaamilised tingimused, s. t. veerised tekkisid madalaveelises meres kivise merepõhja tingimustes. On tõenäoline, et antud madalmeres vaheldusid madalamaveelised alad sügavamaveeliste aladega. Esimestel aladel oli lainetuse mõju suurem ja tingimused veeriste tekkimiseks soodsamad. Osa veeriseid kuhjuski neis madalamates piirkondades, osa aga kanti sügavamaveeliste aladele.

Viimaste piirides võis peale vastava diskontinuiteedipinna tekkimist alata settimine juba siis, kui naabruses asuval, suhteliselt kõrgema põhjaga alal kestsid veel kivise põhja tingimused.

Kivimeis hajutatult leiduvad veerised on tõenäoliselt kujunevasse settesse kantud veerise külge kinnitunud vetikate kaasabil umbes nii, nagu seda võib tähele panna Eesti nüüdisaja rannikul: näiteks uhutakse tormidega liivarannikule välja veeriseid ja munakaid, milledele on kinnitunud adrupuhmad.

Esimesi veeriseid on settinud tõrvajõe vöö tekkimise ajal seoses päite ja saka kihistiku piiril oleva diskontinuiteedipinna tekkimisega. Kuid neid leidub võrdlemisi piiratud aladel. Vähe leidub ka vääna vöö tekkimise ajal settesse mattunud veeriseid.

Tunduvalt ulatuslikumalt leidub veeriseid, mis on mattunud langevoja vöö settesse. Väga iseloomulik on fosforiitsete veeriste esinemine langevoja vöösse kuuluv asu lahepere kihistikus, mis on väikese paksusega ja mida iseloomustavad fosforiitse impregnatsiooniga diskontinuiteedipinnad. Langevoja vöösse kuuluv pada ooliitlubjakivis leidub roostevärvi rauaühendite impregnatsiooniga veeriseid hajutatult kogu selle lubjakivi avamuse alal.

Veeriste kujunemine saavutab haripunkti valaste vöö setete tekkimise ajal. Korrapäratu kujuga roosteimpregnatsiooniga veerised esineb hajutatult voka kihistiku ooliitlubjakivis viimase avamuse ulatuses, kus veeriste esinemine on tihedalt seotud selgekujulise ja roostevärvusega rauaühendite impregnatsiooniga diskontinuiteedipinnaga. Suurim on veeriste esinemine valaste vöösse kuuluva pakri kihistiku kihtides, mis iseloomustuvad väikese paksusega ja rohkete tasaste fosforiitse impregnatsiooniga diskontinuiteedipindadega; ka veerised on siin fosforiitse impregnatsiooniga.

Aluoja vöö setetes leidub vaid üksikuid veeriseid. Lasumis järgneva aseri lademe kihtidest veeriseid leitud ei ole, kuigi kunda ja aseri lademe piiril on välja kujunenud väga selgeilmeline rauaühendeist impregneeritud konar diskontinuiteedipind.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Geoloogia Instituut*

ÜBER DIE GERÖLLE IN DER WOLHOW- UND KUNDASTUFE (UNTERORDOVIZIUM) ESTLANDS

K. ORVIKU

Zusammenfassung

Über das Vorkommen der Gerölle in den unterordovizischen Schichten Estlands findet man Bemerkungen in den Arbeiten von K. Kupffer (1870), V. Lamanski (Ламанский, 1905), P. Raymond (1916), A. Öpik (1927) u. a. Über die Bedingungen der Entstehung der betreffenden Gerölle hat man verschiedene Meinungen geäußert — die meisten Forscher zählen die

Gerölle zu den echten Geröllen, A. Öpik aber erklärt ihre Entstehung als Konkretionen, d. h. dass sie gleichzeitig mit dem Gestein entstanden sind, in welchem sie gefunden werden.

Der Autor dieses Artikels hat reichlich neues Material gesammelt, welches dafür spricht, dass die in den Schichten der Wolchow- (B_{II}) und Kundastufe (B_{III}) vorkommenden Gerölle echte Gerölle sind. Die Gerölle sind aus folgenden Schichten gefunden worden: (Über die Stratigraphie der Schichten s. Орвику, 1960): 1) aus dem unteren Teile der Saka-Schichten (B_{IIa}S), 2) aus dem unteren Teil der Telinömmе-Schichten (B_{IIβ}T), 3) aus den Lahepere-Schichten (B_{IIγ}L), 4) aus den Sedimentgängen vom Pakri-Typ (B_{IIγ}L), 5) aus dem Oolithkalkstein von Pada (B_{IIγ}P), 6) aus den Voka-Schichten (B_{IIIβ}V), 7) aus den Pakri-Schichten (B_{IIIβ}P), 8) aus den Osmussaar-Schichten (B_{IIIγ}O).

Man findet die Gerölle gewöhnlich im betreffenden Gestein zerstreut und in geringer Menge. In einigen Fällen sind sie jedoch in so grosser Menge angehäuft, dass sie ein Konglomerat oder konglomeratartiges Gestein bilden. Manchmal sind die Gerölle auch in die grossen amphoraartigen Gruben grabender Organismen und in die Sedimentgänge von Pakri-Typ angehäuft.

Die Gerölle bestehen aus Gesteinen, in welchen liegende Diskontinuitätsflächen ausgebildet sind, oder aus welchen in der nächsten Umgebung das Liegende des geröllhaltigen Gesteins besteht. Die geröllhaltigen Gesteine bedecken unmittelbar die Diskontinuitätsflächen. Die Gerölle sind verschiedener Grösse mit einem Durchmesser bis 10 cm, sie sind gerundet oder plattenförmig, gut abgerollt; es gibt auch unregelmässige Gerölle. In den Geröllen, besonders in den plattenförmigen, findet man öfters die Bohrlöcher vom *Trypanites*. Die letzteren findet man in einigen Fällen an beiden Seiten der Gerölle, was dafür spricht, dass sie vor der Einbettung bewegt worden sind.

Die Gerölle sind mehr oder weniger mit solchen Stoffen (Eisen- und Phosphatverbindungen) imprägniert, welche am Fundort der Gerölle den oberen Teil des darunterliegenden, mit der Diskontinuitätsfläche verbundenen Gesteins imprägnieren.

Die in der Wolchow- und Kundastufe vorkommenden Gerölle, ausgenommen die Gerölle in dem Oolithkalkstein von Pada und in den Voka-Schichten, findet man in Nordwest-Estland auf dem ordovizischen Flachmeer-Gebiet, wo in der Wolchow- und Kundazeit die Sedimentation recht gering war und viele Diskontinuitätsflächen entstanden.

Die Vergleichung des Charakters der Gerölle mit dem Charakter der Diskontinuitätsflächen erlaubt darauf zu schliessen, dass die Entstehung der beiden durch beinahe ähnliche hydrochemische und hydrodynamische Bedingungen verursacht wurde, d. i. dass die Gerölle bei den Bedingungen des steinigen Bodens des flachen Meeres entstanden sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass in diesem flachen Meer die Gebiete mit geringer Wassertiefe mit den Gebieten grösserer Wassertiefe sich wechselten. Auf den ersteren war die Wellentätigkeit stärker und die Bedingungen für die Bildung der Gerölle günstiger. Ein Teil der Gerölle wurde hier abgelagert, ein anderer Teil wurde aber in die Gebiete mit grösserer Wassertiefe transportiert. In den letzteren fand die Ablagerung der Sedimente vielleicht schon in der Zeit statt, als in den Gebieten mit geringerer Wassertiefe noch die Bedingungen des steinigen Bodens fort dauerten.

Die in dem Gestein nur vereinzelt vorkommenden Gerölle sind wahrscheinlich in dieses mittels der Algen, die an die Gerölle angewachsen waren, eingetragen worden. Entsprechende Beispiele kann man an der

gegenwärtigen Küste Estlands vielerorts beobachten; bei Sturm werden vom Meeresboden z. B. auf den sandigen Strand recht grosse Gerölle und Steine ausgeworfen, an welchen die Gebüschke der Algen angewachsen sind.

Die ersten Gerölle, die zur Zeit der Bildung der Diskontinuitätsfläche zwischen den Päite- und den Saka-Schichten entstanden, sind in die Sedimente der Tõrvajõe-Zone eingebettet worden. Man findet diese nur auf begrenzten Gebieten. Nur selten findet man Gerölle, die in die Ablagerungen der Vääna-Zone eingebettet worden sind.

Bedeutend öfter findet man Gerölle, die in die Ablagerungen der Langevoja-Zone eingebettet sind. Sehr charakteristisch ist das Vorkommen der Phosphorit-Gerölle in den Lahepere-Schichten der Langevoja-Zone, die eine geringe Mächtigkeit haben und die von einer Reihe der Diskontinuitätsflächen mit Phosphoritimprägation durchquert werden. In dem Oolithkalkstein von Pada der Langevoja-Zone findet man vereinzelt Gerölle unregelmässiger Form mit einer Imprægation der Eisen-Verbindungen.

Die Bildung der Gerölle erreicht ihren Höhepunkt zur Zeit der Ablagerung der Valaste-Zone. Die Gerölle von unregelmässiger Form und mit einer Imprægation der Eisen-Verbindungen findet man in verhältnismässig geringer Menge im Oolithkalkstein der Voka-Schichten. Hier ist das Vorkommen der Gerölle mit der gut ausgebildeten, unebenen und durch eine Imprægation der Eisen-Verbindungen charakterisierte Diskontinuitätsfläche auf der Grenze der Wolchow- und der Kundastufe eng verbunden. Am reichlichsten findet man Gerölle in den Pakri-Schichten der Valaste-Zone, denen die geringe Mächtigkeit und eine Reihe der Diskontinuitätsflächen mit der Phosphorit-Imprægation charakteristisch sind; auch hier sind die Gerölle mit Phosphorit-Imprægation.

In den Ablagerungen der Aluoja-Zone findet man nur vereinzelt Gerölle. In den hangenden Schichten, die schon zu der Aseristufe gehören, hat man keine Gerölle mehr gefunden, obwohl die Grenze der Kunda- und der Aseristufe durch eine sehr deutlich ausgebildete Diskontinuitätsfläche mit Imprægation von Eisenverbindungen gekennzeichnet ist. Zur Bildung der Gerölle ist eine genügend starke Bewegung des Wassers unentbehrlich, welche zur Entstehung der Diskontinuitätsflächen vielleicht geringer sein kann.

Die Schilderung der Gerölle aus der Wolchow- und Kundastufe wie sie in dem Artikel gegeben ist, ist eine vorläufige, doch mag sie beim Kennenlernen der Entstehungsbedingungen der Gesteine der Wolchow- und Kundastufe des Unterordoviziums Estlands nützlich sein.

*Institut für Geologie
der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR*