

1961

141

ORVILU

km

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОТДЕЛЕНИЕ ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК
КОМИССИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

МАТЕРИАЛЫ
ВСЕСОЮЗНОГО СОВЕЩАНИЯ
ПО ИЗУЧЕНИЮ
ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Том II

ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
Москва 1961

К. К. Орвику

Академия наук Эстонской ССР

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ДРУМЛИНОВ ЭСТОНИИ

В современном рельефе Эстонии широко распространены формы рельефа последнего оледенения, которые во многих случаях определяют общий, часто типичный характер ландшафтов Эстонии. На юге развит холмисто-моренный ландшафт, на севере и западе — равнинный; только изредка в этом монотонном рельефе встречаются системы радиальных озов, а местами также краевые образования.

Между этими двумя своеобразными типами рельефа ледникового происхождения расположена дугообразная зона друмлинов (Granö, 1922; Orviku, 1955).

Своеобразие друмлинового ландшафта Эстонии обращало на себя внимание с давних времен, о чем свидетельствуют многие географические названия, оканчивающиеся словом «saar», что в переводе обозначает остров: друмлины, имеющие форму более или менее пологих гряд часто незначительной высоты, окружены во многих случаях болотами и часто непроходимыми заболоченными равнинами. Так, в свое время, когда человек в большой мере должен был приспосабливаться к природным условиям, друмлины оказались теми островами, на которых можно было разводить поля, прокладывая дороги и строить хуторы.

Друмлиновый рельеф заинтересовал исследователей геологии Эстонии уже давно, хотя соответствующие формы не назывались друмлинами. Еще Энгельгардт в 1830 г. обратил внимание на распространение гряд, которые мы называем теперь друмлинами.

С определенной ясностью характеризовался друмлиновый рельеф Северной Эстонии Фр. Шмидтом в 1858 г. Однако тогда, а также и значительно позже (1902 г.) он рассматривал друмлины вместе с озами, выделяя первые под названием широких озов (1884).

Первым исследователем, определенно говорившем о друмлинах в Прибалтике, был Б. Досс, который описал в 1896 г. друмлины окрестностей Руйена и оз. Буртниеки. Десять лет спустя Досс (1906) описал крупные саадъярвские друмлины из Эстонии, изучением которых позже занимался Л. Мюлен (1910, 1912). Особо необходимо отметить работы Х. Хаузена (1913а, 1913б), в которых затронуты вопросы классификации наших друмлинов и их генезис. В 1922 г. И. Г. Гранэ дал схему районирования ледниковых форм рельефа Эстонии, причем выделил и зону распространения друмлинов. Сравнительно много фактического материала о морфологии и морфометрии эстонских друмлинов приведено в томах Тартумаа (1925), Пярнумаа (1930), Вильяндимаа (1939) географического сборника «Эстония».

В 1935 г. появляется описание тюриских друмлинов (Баркла, 1935). Все эти работы способствовали тому, что сейчас мы знакомы с нашими друмлинами сравнительно хорошо. Но все же монографического описания их еще нет.

Автору данной статьи пришлось впервые познакомиться с друмлинами Эстонии в 1923 г., изучая геологию колга-яаниского друмлинового поля. Уже тогда в выводах об образовании друмлинов можно было присоединиться к выводам Б. Досса и Л. Мюлена о том, что друмлины являются в основном скульптурными формами. Необходимо отметить, что в то время в Эстонии господствовал взгляд об аккумулятивном происхождении друмлинов: образование последних тесно связывали тогда с образованием озов. Только со временем удалось на основании нового фактического материала показать правильность представлений Б. Досса и Л. Мюлена.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДРУМЛИНОВ

Если причислять к друмлинам более или менее продолговатые гряды различной высоты, простирающие которых примерно параллельное и которые расположены группами — полями, то таких друмлиновых полей в Эстонии насчитывается много. Большинство из них сосредоточено в центральной части территории (Орвику, 1955).

Самым крупным является поле крупных друмлинов (рис. 1), расположенное на юго-восточном склоне Пандиверской возвышенности. Оно называется часто также Саадъярвским, так как типичная часть его расположена в окрестностях оз. Саадъярв. Это друмлиновое поле наиболее изучено (Досс, 1906; Мюлен, 1910, 1912 и др.) и является классическим. Количество друмлинов здесь более 100.

Все остальные друмлиновые поля Эстонии сравнительно невелики, поэтому с 20-х годов их начали называть полями мелких друмлинов, сопоставляя с крупными друмлинами саадъярвского друмлинового поля.

В числе друмлиновых полей мелких друмлинов в первую очередь необходимо назвать колга-яаниское друмлиновое поле, расположенное в низине оз. Виртсъярв, к северу от него.

Ряд друмлиновых полей расположен на склонах возвышенности Сакала — на западном склоне они начинаются сууре-яанискими друмлинами, далее в южном направлении следуют все новые и новые поля друмлинов, которые переходят на юге в друмлины северной Латвии. Друмлины хорошо прослеживаются также на восточном склоне возвышенности Сакала. На западном склоне возвышенности Уганди расположено раннуское друмлиновое поле, в пределах которого Мюлен (1918) впервые описал у нас друмлины с ядром коренных пород.

В северной Эстонии особенно хорошие друмлины с ядром коренных пород (Баркла, 1935) встречаются в тюриском друмлиновом поле на юго-западном склоне Пандиверской возвышенности.

Большинство друмлиновых полей входит в зону друмлинов, выделенную в 1922 г. И. Гранэ. Общее число друмлинов в них более 700. Вне этой зоны друмлины встречаются редко и незначительными группами. Более значительное аниясское друмлиновое поле прослеживается только на северо-западном склоне Пандиверской возвышенности.

Для всех этих друмлиновых полей характерно то, что в пределах каждого из них параллельно расположенные друмлины имеют в общем одно простираание (направление), соответствующее направлению движения ледника в данном месте. Группы друмлиновых полей дают представление о направлении движения ледника на большой территории.

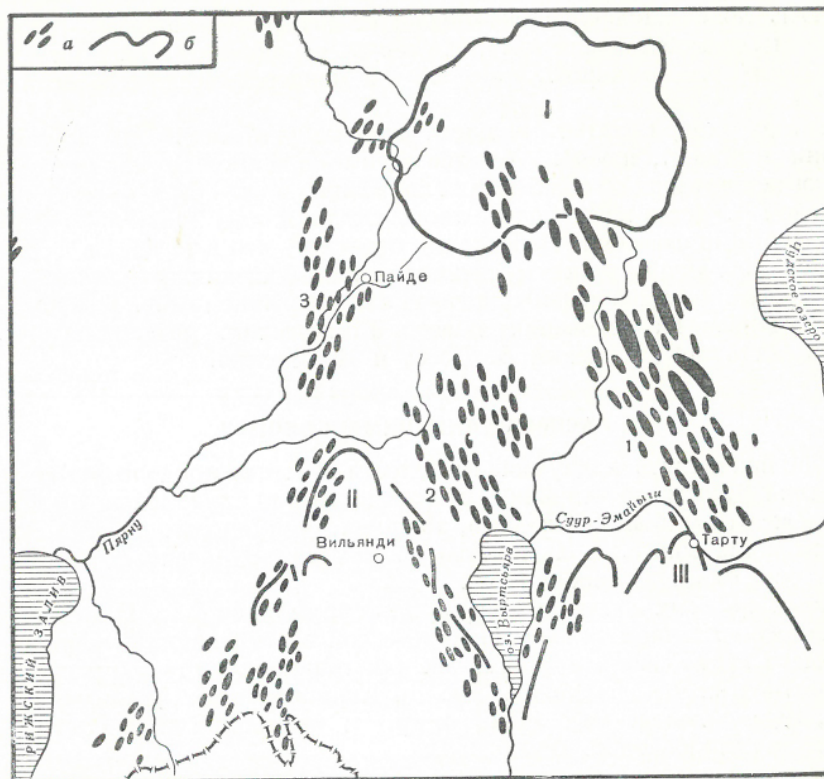


Рис. 1. Друмлиновые поля Эстонии и их соотношение с крупными формами древнего рельефа

Друмлиновые поля: I — саадъярвское, 2 — колга-яаниское, 3 — тюриское
 Возвышенности древнего рельефа: I — Пандиверская, II — Сакалаская,
 III — Угандиская а — друмлины; б — границы возвышенностей древнего рельефа

МОРФОЛОГИЯ ДРУМЛИНОВ

Морфологически среди друмлинов выделяют ряд разновидностей, начиная от очень пологих коротких гряд и кончая стройными высокими и длинными грядами, имеющими типичную форму.

Среди эстонских друмлинов имеются и те и другие, и несомненно можно провести их систематизацию по морфологическим признакам.

Обязательным условием для отнесения гряд к друмлинам является их одинаковое происхождение. Различия в форме, и частично в величине, зависят преимущественно от того, являются ли друмлины окончательно выработанными формами наименьшего сопротивления продвижению ледника и формами наибольшей устойчивости в отношении напора ледника (Ebers, 1925) или же их образование остановилось на полпути. Менее отчетливые по форме друмлины являются эмбриональными друмлинами; возможно, они были подвергнуты менее интенсивному друмлинизирующему действию ледника.

В друмлиновых полях Эстонии, встречаются следующие формы друмлинов: домы (mamillary) — редкие формы, эллипсоидальные (lenticular) и линейные (elongated). При этом иногда можно установить в одном и том же друмлиновом поле большой ряд разновидностей. В каждом друмлиновом

поле обычно можно выделить центральную часть, в пределах которой друмлины имеют более выработанную типичную форму, и периферийные части, в пределах которых друмлины менее выработаны.

Для друмлинов характерна продолговатая форма с различным соотношением ширины и длины. Например у саадъярвских друмлинов отношение ширины к длине колеблется от 1 : 3 до 1 : 13, примерно такие же соотношения наблюдаются в колга-яаниском друмлиновом поле (1 : 3 до 1 : 16); более часты все же друмлины, отношение ширины которых к их длине не превышает 1 : 10. В общем друмлины Эстонии более продолговатые, чем большинство друмлинов в других странах, где форма их близка к эллипсоидальной.

Во многих случаях можно установить несимметричный продольный профиль друмлинов; в частности, у более высоких друмлинов проксимальный склон иногда значительно круче (более 10°) дистального. Наибольшая высота друмлины расположена в проксимальной его части. Поперечный профиль друмлинов обыкновенно пологий (в большинстве случаев наклон склонов не более 10° , очень часто только $2-5^\circ$), но встречаются и сравнительно крутые (до 25°) боковые склоны. Наблюдается асимметричность поперечного профиля друмлинов; закономерность этого явления не выявлена. Степень выположенности друмлинов можно хорошо охарактеризовать соотношением относительной высоты и ширины (только для более высоких друмлинов): обыкновенно оно не менее 1 : 20 и может достигать 1 : 100 и больше. Иными словами, рельеф даже характерных частей друмлиновых полей очень пологий. Представление о «гористости» друмлинового рельефа возникает только в том случае, если вычертить профили друмлиновых полей с увеличенным вертикальным масштабом.

Друмлины не всегда имеют правильные контуры; в большинстве случаев они имеют сравнительно беспокойные очертания. Во многих случаях друмлины достаточно четко отделены один от другого, но часто их ограничения условны. В центральных частях друмлиновых полей можно наблюдать слившиеся между собой или разветвляющиеся друмлины, двойные друмлины и более крупные друмлиноподобные плато, на которых можно проследить несколько друмлинов.

РАЗМЕРЫ ДРУМЛИНОВ

В одном и том же друмлиновом поле величина друмлинов колеблется в значительных пределах, но все же не превышает определенных размеров.

В крупном саадъярвском друмлиновом поле встречаются друмлины длиной более 10 км и шириной иногда более 2 км. Высота их при этом часто превышает 20 м, а иногда и более значительна. В ряде междрумлиновых впадин саадъярвского друмлинового поля расположены очень узкие (Райгаствере) и глубокие (оз. Саадъярв — 27 м) озера, которые к настоящему времени в значительной степени уже заросли и их впадины заполнены озерными отложениями: так, в оз. Сойтсъярв мощность сапропеля достигает местами до 16 м. Если считать относительной высотой здешних друмлинов высотную разницу между дном междрумлиновых озерных впадин и гребнями соседних друмлинов, то максимальная относительная высота друмлинов достигает до 66 м (друмлины между озерами Саадъярв и Сойтсъярв).

В мелких друмлиновых полях друмлины значительно меньше: так в колга-яаниском поле длина их обычно 1—2 км при ширине, редко превышающей 0,2—0,4 км. Высота этих друмлинов в большинстве случаев не более 3—4 м, в единичных случаях она достигает до 9 м. Примерно

таковы же размеры друмлинов в ряде других мелких полей. Более высокими являются тюриские друмлины, достигающие иногда 15—20 м.

Таким образом, саадъярвское поле ясно отличается по размерам друмлинов от всех других друмлиновых полей Эстонии.

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ДРУМЛИНОВ

Литологический состав друмлинов Эстонии разнообразен даже в пределах одного поля. Типичными друмлинами считаются те, которые состоят из морены, образовавшейся одновременно с друмлином (Эберс, 1925); однако эстонские друмлины состоят во многих случаях из отложений, образование которых нельзя считать одновременным с образованием друмлинов.

Уже Досс (1896) первый обратил внимание на то, что крупные друмлины состоят в основном из водно-ледниковых слоистых галечников, гравия и песка, мощность которых достигает нескольких десятков метров, покрытых только маломощным покровом морены. Х. Хаузен (1913 б) назвал эстонские друмлины «слоистыми». Позднее было выяснено, что мощность моренного покрова колеблется в больших пределах, достигая местами 20—30 м, а также и то, что некоторые эстонские друмлины состоят только из морены.

В строении целого ряда мелких друмлиновых полей установлено также большое значение водно-ледниковых отложений, широко распространенных в пределах моренных равнин, местами же заполняющих долины древнего рельефа.

При изучении колга-яаниских друмлинов было установлено, что они состоят в основном из неоднородного моренного материала — под покровной желтовато-серой мореной залегает более древняя синевато-серая морена.

В составе друмлинов могут встречаться также межледниковые отложения, как это видно в районе Карукюла, находящемся в пределах одного из друмлинов на юго-западе Эстонии.

На западном побережье Псковского оз. распространены друмлины, которые представляют собою или острова в озере или более высокие участки современного берега озера. Эти друмлины размываются водами озера и, таким образом, хорошо прослеживается их слоистое строение. Уже К. Глинка (1901) обратил внимание на то, что в разрезах здешних друмлинов под мореной прослеживаются слоистые пески и глины; в 1935 г. здесь были установлены ленточные глины с остатками растений, покрытые сверху мореной.

Приведенные данные показывают, что в строении эстонских друмлинов встречаются разновозрастные и различные генетические четвертичные отложения, образующие ядро друмлинов, среди которых количество морены последнего оледенения колеблется в значительных пределах: местами мощность ее незначительна, но немало и таких друмлинов, которые полностью состоят из одной или двух морен. Такие друмлины Х. Хаузен (1913 б) назвал радиальными.

Во многих случаях ядро друмлинов представлено коренными породами. Впервые на это обратил внимание Л. Мюлен (1918), описывая раннугские друмлины и называя их типичными скалистыми друмлинами. Под этим же названием выделяет группу друмлинов и Х. Хаузен (1913 б). Эти друмлины имеют высоту не более 10 м. Местами они подвергаются действию озерных волн (оз. Вуртсъярв), и на склонах их видны абразионные уступы (Тамме, Вехенди), где хорошо прослеживается строение этих друмлинов. Они состоят главным образом из пестроцветных песчаников тартуского горизонта

(средний девон) и покрыты маломощным покровом (1—3 м) красно-бурой морены последнего оледенения.

При изучении колга-яаниских друмлинов выяснилось также, что ядром мелких друмлинов в периферийной юго-западной части этого поля являются породы среднего девона, но уже наровского горизонта. Друмлины с ядром из девонских пород встречаются и в некоторых местах в пределах друмлиновых полей, расположенных на склонах возвышенности Сакала.

Одним из более типичных в морфологическом отношении друмлиновых полей Эстонии является тюриское поле на южном склоне северо-эстонского плато. В строении ядра этих друмлинов значительная доля падает на силурийские известняки и доломиты (Barkla, 1935).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДРУМЛИНОВ

Уже Х. Хаузен (1913 б) обратил внимание, что на направление движения ледника имел значительное влияние древний рельеф. Простирающиеся друмлины, например, указывает на направление движения ледника — ледник, двигаясь, приспосабливался к контурам возвышенности Сакала: в северной части возвышенности друмлины имеют юго-западное и юго-восточное направление, в ее южной части — общее южное направление.

В северной Эстонии наблюдается веерообразное расположение друмлиновых полей — на западе их простирает юго-западное, на востоке — юго-восточное (Hausep, 1913 б).

На связь между расположением друмлиновых полей и древним рельефом в пределах возвышенности Сакала указывал позже и А. Таммеканн (Pätmäa, 1930).

При описании друмлинов Колга-яани автор обратил внимание на то, что друмлиновое поле является частью системы друмлиновых полей, возникших в условиях, когда на направление движения ледника оказывали влияние возвышенности Сакала и Уганди.

Еще раз к тому же вопросу возвращался А. Таммеканн («Viljandimaa», 1939) при характеристике геологического развития Вильяндимаа.

Однако во всех этих описаниях не рассматривалось влияние древнего рельефа на характер движения ледника в более широком объеме, и поэтому закономерности распространения друмлинов в Эстонии недостаточно выяснены.

В последние годы автор обратил внимание на связь древнего рельефа с направлением движения ледника, а также на характер деятельности ледника.

Как показывает схема (см. рис. 1), в пределах зоны друмлиновых полей расположены возвышенности: на севере Пандиверская, на юге — в западной части — возвышенность Сакала, в восточной части — Уганди. Сравнивая расположение друмлиновых полей с расположением этих возвышенностей, мы видим особое положение Саадъярвского друмлинового поля. Оно расположено на юго-восточном склоне возвышенности Пандивере; простирается друмлинов — юго-восточное. Это доказывает, что они были образованы ледником, двигавшимся в юго-восточном направлении, т. е. через возвышенность Пандивере. Другими словами, эти крупные друмлины образованы ледником, который был настолько мощным и его продвижение было настолько интенсивным, что он мог преодолеть на своем пути такое препятствие, как возвышенность. Нижние части двигающегося ледника перед возвышенностью отклонились в стороны; миновав это препятствие, они снова начали двигаться в юго-восточном направлении. Однако вследствие того, что

в дистальной части Пандиверской возвышенности, где сейчас имеются крупные друмлины, ледник двигался тремя потоками, скорость которых была, вероятно, разной, возникли условия для ледниковой эрозии и частичного отложения моренного материала. В результате этого уже ранее отложившиеся ледниково-аллювиальные пески и гравий были преобразованы в друмлины, покрытые после таяния ледника чехлом основной морены.

Образование мелких друмлиновых полей должно было произойти после формирования крупных друмлинов, когда древний рельеф оказывал значительно большее влияние на продвижение ледника. Наличие крупных друмлинов показывает, что в условиях, существовавших при их образовании, в пределах среднедевонских возвышенностей возникли бы друмлины юго-восточного направления.

Друмлиновые поля подобного направления имеются в Колга-яани, Пылтсамаа, Ания. Расположение маленьких друмлиновых полей по отношению к крупным формам древнего рельефа показывает, что простирающиеся друмлины здесь в большой мере приспособлены к общим контурам возвышенностей.

Можно сделать вывод, что маленькие друмлиновые поля образовались во время значительного уменьшения покрова ледника, когда на продвижение его оказывали существенное влияние возвышенности древнего рельефа и ледниковые языки изменяли свое направление соответственно с их контурами.

Таким образом, мы приходим к выводу, что образование крупных друмлинов предшествовало образованию мелких полей; последние также не одновозрастны: более южные образовались ранее, чем северные (учитывая, что местом образования друмлиновых полей обыкновенно являются краевые части ледника).

Друмлиновые поля на склонах среднедевонских плато и в низине оз. Вьртсъярв образовались тогда, когда край ледника уже успел отступить на северо-западный склон Пандивереской возвышенности. На этой возвышенности в пределах крупных друмлинов образовались крупные массы мертвого льда; крупные ледниковые языки огибали возвышенность: один из них спускался во впадину Чудского оз., другой — во впадину Вьртсъярв. В то же время вся низменная часть западной Эстонии была под покровом сплошного активного льда, продвигавшегося в южном направлении. Край этого ледникового языка находился на западном склоне возвышенности Сакала, в центральной части которой уже в то время образовались массы мертвого льда. Нет сомнения, что аниясские друмлины, расположенные к северо-западу от Пандивере, а также мелкие друмлиновые поля в северо-западной Эстонии образовались значительно позже.

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ДРУМЛИНОВ

Об условиях образования друмлинов существует много гипотез, но до сих пор еще нет единой точки зрения. Спорным является вопрос, представляют ли эти друмлины формы ледниковой аккумуляции или же ледниковой эрозии.

Х. Хаузен, описывая друмлины, ядро которых состоит из водно-ледниковых отложений, считает, что они представляют собой накопления гравия и песка в трещинах того же ледника, т. е. образование их сходно с образованием озоз; при отступании ледника эти массы гравия и песка покрывались уже чехлом морены. Он считал крупные эстонские друмлины типичными аккумулятивными формами (1913 б). Упоминая о друмлинах, состоящих только из морены, Хаузен считал, что это морена, отложенная последним ледником в условиях, когда мощность льда уже уменьшилась

и нижние части льда, которые содержали много моренного материала, продвигались медленнее. Были образованы нагромождения морены, впоследствии сглаженные остаточным тонким покровом льда (19136).

Вероятно, высказывания Хаузена, а также И. Гранэ (1922) об аккумулятивном образовании друмлинов послужили основой господствовавшего в Эстонии в 20-х и отчасти в 30-х годах взгляда, что друмлины образовались примерно таким же путем, что и озы. Но в дальнейшем, под влиянием накопляющегося нового материала, ученые постепенно начали отказываться от этой точки зрения.

Б. Досс еще в 1896 г. отнес друмлины к скульптурным формам, выработанным ледниковой эрозией в более древних отложениях. В 1906 г. эту точку зрения Б. Досс высказал уже вполне четко после изучения саадъярвских крупных друмлинов, в строении которых он установил большие массы гравия и песка. Эти массы Досс считал отложениями крупных потоков ледниковых талых вод — зандровыми полями с неровной поверхностью, покрытыми позже ледником при его новом наступлении. Досс сравнивал деятельность ледника при образовании этих друмлинов с громадным плугом, вспахивающим массы гравия и песка. При окончательном таянии ледника эти скульптурные формы покрывались мореной. Взглядов Б. Досса придерживался, в общем, и Л. Мюлен (1910, 1912, 1918), хотя он мало останавливался на вопросах генезиса друмлинов.

Уже отмечалось, что в строении друмлинов большое значение имеют древние отложения, рельеф которых ледник изменял, образуя друмлины. При этом в большей или меньшей мере имело место также и отложение морены. Причиной заложения друмлинов в определенных участках могли служить незначительные неровности ложа ледника. Новые факты о друмлинах Эстонии все более убеждают нас в правильности такого взгляда. Скальные друмлины представляют одну из разновидностей ледниковой эрозии, обусловленную характером породы. Нет принципиального различия, например, между друмлинами, ядро которых слагают ленточные глины, девонские песчаники, силурийские известняки, и между скальными друмлинами, описанными в западной Эстонии Х. Хаузенем. Все они выработаны (моделированы) ледником и покрыты мореной различной мощности. При этом не исключена возможность во время накопления морены одновременного формирования из нее друмлины ледниковой эрозией (ваянием).

Таким образом, образование друмлинов является своеобразным ледниковым процессом, происходящим в условиях изменения внешними влияниями скорости движения ледника, в частности, влиянием древнего рельефа. Формы, которые при этом образуются, являются формами наименьшего сопротивления рельефа движению и давлению льда, вырабатывающего эти формы в породах своего ложа. Размеры вновь возникающих форм связаны с продолжительностью и интенсивностью влияния ледника на различные породы, имеющие разную степень сопротивляемости (кристаллические породы, пески, гравий). Процесс образования друмлинов можно сравнивать с ваянием: случайная форма может быть создана из имеющегося материала, но чтобы получить необходимую форму, нужна добавка нового материала.

ЛИТЕРАТУРА

- О р в и к у К. Основные черты геологического развития территории Эстонской ССР в антропогенном периоде.
Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised, IV kd., nr. 2, 1955.
Ш м и д т Ф. Предварительный отчет о геологических исследованиях, произведенных летом 1884 г. по поручению Геологического Комитета. «Изв. Геолкома», 1884, т. III.

- Шмидт Ф. Предварительный отчет о геологических исследованиях по линии узкоколейной железной дороги от Ревеля до г. Феллина. «Изв. Геолкома», 1902, т. XXI.
- Варкла Н. The Drumlins of Türi (Estonia). Tartu Ülikooli j. o. Loodusuurijate Seltsi aruan ded, 42, 1935.
- Doss B. Über das Vorkommen von Drumlins in Livland. Zeitschrift d. Deutschen Geol. Gesellschaft, 48, B. 2, 1896.
- Doss B. Gutachten über das Projekt einer Grundwasserversorgung der Stadt Dorpat. Müllersche Buchdruckerei, Riga, 1906.
- Ebers E. Die bisherigen Ergebnisse der Drumlinforschung. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., Beilageband LIII, Abt. B., 1925.
- Engelhardt M. Umriss der Felsstructur Ehistlands und Livlands. Karstens Archiv für Mineralogie, B. 2, 1830.
- Granö J. Eesti maastikulisel üksused. Loodus, 1922.
- Glinka K. Einige Beobachtungen im Gebiete der posttertiären Ablagerungen des nordwestlichen Russlands. Annuaire Géologique et Mineralogique de la Russie, Vol. IV, livr. 10, 1901.
- Grewingk K. Über die Eisschiebungen am Wirzjärvsee in Livland. Archiv f. d. Naturk. Liv-, Ehst- und Kurlands, I Serie, Bd. V, 1869.
- Hausen H. Materialien zur Kenntnis der pleistozänen Bildungen in den russischen Ostseeländern. Fennia 34, 2, 1913 (1913a).
- Hausen H. Über die Entwicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und angrenzenden Gouvernements in der Quartärzeit. Fennia 34, 3, 1913 (1913a).
- Koguteos «Eesti» Maateaduslik, majanduslik ja ajalooline kirjeldus. Eesti Kirjanduse Seltsi Kirjastus, Tartu. Köide I — Tartumaa, 1925; köide IV — Pärnumaa, 1930, köide VII — Viljandimaa (üldosa) 1939.
- Orviku K. Viljandimaa aluspõhi ja pinnakate. Geologische Übersicht des Bezirks Viljandimaa. Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetised, nr. 45..., 1935.
- Schmidt F. Untersuchungen über die silurische Formation von Ehistland, Nord — Livland und Oesel. Archiv f. d. Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, I Serie, Dorpat, 1857.
- Mühlen L. Der Soitz — See, seine Entstehung und heutige Ausbildung. Sitzungsber der Naturf. Gesellschaft bei der Kais. Univ. Jurjeff, 18, 1910.
- Mühlen L. Der geologische Aufbau Dorpats und seiner nächsten Umgebung. Sitzungsber der Naturf. Gesellschaft bei der Kais. Univ. Jurjeff, 21, 1912.
- Mühlen L. Zur Geologie und Hydrologie des Wirzjärvsees. Abhandlungen der Königl. Preuss. Geolog. Landesanstalt, Neue Folge. H. 83, 1918.