

P

A-1169-168

TARTU RIIKLIKU ÕLIKOOLI TOIMETISED  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ  
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ALUSTATUD 1893. a.

VIINIK 168 ВЫПУСК

ОСНОВАНЫ в 1893 г.

TÖID GEOLOGIA ALALT  
ТРУДЫ ПО ГЕОЛОГИИ  
III



TARTU 1965

P  
A-1169-168

TARTU RIİKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED

УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ

TARTUSKOГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ALUSTATUD 1893. a.

VIHK 168 ВПЫСК

ОСНОВАНЫ в 1893 г.

---

**TÖID GEOLOGIA ALALT  
ТРУДЫ ПО ГЕОЛОГИИ**

**III**

TARTU 1965

Redaktsioonikolleegium:

A. Rõõmusoks (vastutav toimetaja), H. Viiding ja A. Ogaspõld

Редакционная коллегия:

A. Рыбусокс (ответств. редактор), X. Вийдинг и A. Ораспыльд

SP1

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu  
49283

## Предисловие

В последние годы значительно возрос размах литолого-минералогических исследований терригенных пород Советской Прибалтики. Изучением вещественного состава обломочных отложений занимается довольно много специалистов, и к настоящему времени накоплен большой фактический материал. Но, к сожалению, сравнение и обобщение полученных в разных республиках и геологических учреждениях результатов затрудняется из-за различной методики, применяемой различными исследователями. Поэтому решающее значение для успеха дальнейших исследований имеет выработка и внедрение единой согласованной методики.

Для обсуждения вопросов методики исследования был организован кафедрой геологии Тартуского государственного университета по предложению Координационной комиссии по изучению геологии Прибалтики первый методический семинар литологов-минералогов Прибалтики. Этот семинар состоялся 13—15 декабря 1963 г. в Тарту. В работе семинара принимали участие представители 9 учреждений и организаций, проводящих геологические исследования в Прибалтийских республиках. Было заслушано 8 докладов и обсуждено положение литолого-минералогических исследований. Доклады семинара в основном и включены в настоящий выпуск трудов Тартуского государственного университета.

Рациональная методика является основой литолого-минералогических исследований и предопределяет успех этих работ. Поэтому материалы настоящего выпуска трудов, отражающие методический опыт многолетних работ литологов-минералогов Прибалтики, могут в той или иной степени представлять интерес как для работников научно-исследовательских учреждений, так и для работников производственных организаций, занимающихся исследованием терригенных отложений.

Редакционная коллегия

## НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ ПОРОД ПРИБАЛТИКИ

Х. Вийдинг

Расширяющиеся и углубляющиеся с каждым годом литолого-минералогические исследования терригенных пород, широко развитых среди палеозойских, а также четвертичных отложений Прибалтики, заставляют нас серьезно заниматься вопросами методики исследования. Мы знаем, что именно успешное развитие методических работ предопределяет быстрое решение наиболее актуальных проблем любой науки. В региональных литолого-минералогических исследованиях, где объектами изучения часто служат одни и те же геологические тела — стратиграфические горизонты или свиты, нередко прослеживаемые во всех наших соседних республиках, — огромное значение для сравнения и корреляции полученных данных, а также для необходимых обобщений, имеет согласованность методики.

На необходимость выработки единой методики минералогических исследований терригенных пород не раз указывалось в литературе (Преображенский, 1946; Рухин, 1948; Калинин, 1948; Логвиненко, 1948; Коперица, 1951 и др.). Но, к сожалению, в настоящий момент в методике анализа еще господствует разнобой между отдельными геологическими учреждениями, организациями и даже исследователями. Такое ненормальное положение в Прибалтике неоднократно подчеркивалось на региональных совещаниях геологов, но этот вопрос не получил еще широкого обсуждения и конкретного решения.

В чем же кроются трудности, препятствующие согласованию методики хотя бы при изучении одних и тех же отложений?

Разработка и введение методики, удовлетворяющей всех исследователей-минералогов, осложняется многими обстоятельствами. Наиболее существенные из них:

1. разная цель исследования;
2. сложность сочетаний геологических и геохимических

процессов, обуславливающих формирование и эволюцию минералогических ассоциаций терригенных пород разного генезиса, возраста, разной фациальной, климатической и геоструктурной обстановки;

3. существующие технические возможности и лабораторное оборудование, предопределяющие приемы лабораторной методики.

Прежде чем перейти к некоторым частным вопросам методики исследования, попытаемся кратко проанализировать, в какой мере отмеченные выше причины могут препятствовать выработке и внедрению единой методики среди литологов-минералогов Прибалтийских республик.

### **Зависимость методики литолого-минералогических анализов от цели исследования**

Минералогическое изучение осадочных пород может преследовать разные цели.

Нередко терригенные осадочные породы подвергаются анализам с технологической целью для оценки качества их как минерального сырья. При этом имеется в виду или количество полезных или вредных, нежелательных минеральных компонентов, или же представляет интерес весь минералогический состав. Такие минералогические анализы, обычно сопровождающиеся химическими, спектральными и др. анализами, несомненно должны быть полными, охватывающими все гранулометрические фракции. Результаты соответствующих анализов дают валовой минералогический состав породы, используемой в прикладных целях (стекольные или формовочные пески, россыпи титанистых минералов, монацита, циркона и др.).

Подсчет минералов обломочных пород без предварительного разделения пробы на размерные фракции, как известно, дает из-за различной зернистости минеральных видов явно искаженные результаты. Анализ минералогического состава по всем выделенным гранулометрическим фракциям (обычно не меньше 3), в частности при отдельном подсчете минералов легкой и тяжелой фракций, требует значительной затраты времени. К тому же, нужно учитывать сложную вычислительную процедуру для получения средних валовых процентов с учетом весового содержания каждой фракции (Дистанов, 1956; Васильев, 1959).

Однако такая методика неизбежна для установления точного валового состава не только в технологических целях, но и при решении некоторых специальных геологических или методических вопросов.

Иногда может быть поставлена перед исследованием задача более узкая — специально-минералогическая,

при которой исследуются не все присутствующие компоненты. К таким исследованиям можно отнести, например, подробное изучение характера или распределения определенных редких или в каком-то отношении интересных минералов в разных типах осадочных пород, исследование условий образования и изменения аутигенных минералов в разновозрастных или разных литологических типах пород, исследование морфологии, окатанности, формы роста или растворения, типоморфных особенностей обломочных минералов и т. д. Во многих случаях все такие исследования проводятся совместно и поэтому сливаются с петрографическими.

Задача собственно петрографических исследований более широкая: исследование всех минералов, составляющих осадочную породу, установление их генезиса и эволюции на разных стадиях породообразования. Обычно изучаются отдельно обломочные и аутигенные минералы. Анализ аутигенных минералов дает ключ к пониманию сложных процессов диа- и эпигенеза и помогает выяснить условия образования осадочных пород. Выводы по результатам минералогических данных могут быть сделаны несомненно с учетом и литологических признаков пород (структура, текстура, окраска и т. д.). Наряду с исследованием минералов в иммерсии необходимо изучение взаимоотношений минералов и структур цементированных пород в шлифах.

Таким образом, задача петрографического исследования охватывает уже большой круг вопросов. Тем не менее возможности использования данных литолого-минералогических анализов этим не исчерпываются.

Уже работами В. П. Батурина (1939, 1947) доказано значение и применяемость минералогических анализов для палеогеографических реконструкций. Исследования, в которых по т. н. терригенно-минералогическим провинциям устанавливаются области сноса древних терригенных отложений или по циклическому характеру ассоциаций минералов в разрезах расшифровываются изменения характера тектонических движений и палеоклиматических условий, особенно широко развернулись в последние годы.

Кроме того, с каждым годом минералогические исследования все шире внедряются в практику для решения стратиграфических вопросов. Особенно большое значение имеет минералогический метод в расчленении и корреляции немых или палеонтологически плохо охарактеризованных толщ, к которым и принадлежат терригенные отложения палеозоя в Прибалтике. Роль этого метода еще увеличивается по мере расширения геолого-съёмочных работ со связанной с ними проработкой kernового материала. Поэтому эти работы в настоящее время имеют большое прикладное значение.

Названные разные аспекты минералогических исследований не исключают, но, наоборот, дополняют друг друга. Поэтому они должны быть учтены комплексно, в теснейшей взаимосвязи. Из этого положения вытекает и первое основное требование к методике — она должна способствовать по возможности полному и яркому раскрытию всех существенных признаков минералогического состава, служащих основой для решения выдвинутых вопросов. Этому условию, несомненно, наиболее полно соответствует валовой минералогический анализ. Но рекомендовать этот громоздкий способ для массовых работ — значит лишиться минералогического метода как прекрасного метода для массовых анализов.

Необходимость широкого применения минералогических анализов для обработки огромного количества проб влечет за собой второе основное требование для единой методики минералогических исследований. Это — условие несложности и негромоздкости аналитических работ.

Какой выбрать путь выхода из таких противоречивых положений?

По-видимому, валовому минералогическому анализу как методу наиболее точного установления вещественного состава всей породы и необходимому как для производственных, так и для некоторых специальных сравнительно-аналитических и методических исследований, нужно противопоставить единую методику массовых минералогических анализов. При разработке такой методики необходимо учитывать комплексность решаемых вопросов.

### **Теоретические основы интерпретации минералогического состава терригенных пород**

Другим обстоятельством, оказывающим несомненное влияние на методический подход, в частности, на интерпретацию и способы изображения полученных результатов, является сложность сочетания физико-географических, физико-химических условий и геолого-геохимических процессов, контролирующих и направляющих формирование ассоциаций минералов обломочных пород. Сложные взаимосвязи условий и процессов осадочной дифференциации затрудняют оценку конкретной роли каждого фактора в отдельности и расшифровку генетического смысла колебаний минералогического состава породы как конечного результата.

Раскрытие этих сложных связей и установление конкретного влияния каждого фактора удастся нам благодаря пониманию общих закономерностей осадочной дифференциации.

Наши знания о закономерностях механической дифференциации осадочного материала в последние годы значительно про-

двинулись вперед благодаря основательным исследованиям условий образования разных осадочных пород советскими авторами. Эти материалы обобщены в трудах Н. М. Страхова (1960—1963 гг.).

Н. М. Страховым дан довольно глубокий анализ процессов формирования минералогических ассоциаций терригенных пород в рамках выдвинутых им основных типов литогенеза. Хотя некоторые положения Н. М. Страхова на наш взгляд требуют дальнейшего уточнения или проверки на основе более широкого аналитического материала древних отложений, все же основные выдвинутые им закономерности могут служить теоретической основой при интерпретации минералогического состава терригенных пород.

Нужно отметить, что существенная роль выветривания минералов в областях сноса многими исследователями до недавнего времени явно недооценивалась. Вследствие этого минералогический состав обломочных пород нередко рассматривался как функция дальности переноса и степени переотложения, обуславливающих основные изменения минералогических ассоциаций исходных обломочных пород. Такой подход недостаточно учитывает палеоклиматические условия как важный фактор в формировании минералогического состава осадков. Особенно существенное значение имеет климат в платформенных областях с относительно вялым тектоническим режимом.

Терригенные породы палеозоя ( $С_{т1}$ ,  $С_{т2}$ ,  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  и др.) Прибалтики представлены в основном олигомиктовыми кварцевыми песками-песчаниками и алевролитами. Среди минералов тяжелой фракции всегда господствуют устойчивые минералы (рудные минералы, циркон, турмалин, иногда гранат, ставролит, апатит). Минералогический состав этих пород в разрезе снизу вверх отражает не столько различный состав материнских кристаллических пород Фенноскандии по мере углубления в разные эпохи эрозионного среза, сколько различную их степень выветривания (гумидный тип литогенеза) или же степень переотложения кластического материала (аридный тип литогенеза). Среди терригенных пород в Прибалтике представлены отложения, относящиеся как к гумидному, так и к аридному и ледовому типам (моренам) литогенеза. Хотя формирование минералогического состава разновозрастных отложений даже в рамках одних и тех же основных типов литогенеза имеет специфические черты, представляется целесообразным изобразить ход их осадочной дифференциации по указанным типам литогенеза в виде следующей схемы (рис. 1).

Единственной питающей провинцией во время накопления терригенных пород в Прибалтике являлся Фенноскандинавский кристаллический массив. Исходный минералогический состав фенноскандинавских кристаллических пород на схеме изобра-



жен в виде кружков, условно разделенных на три равных сегмента, соответствующих устойчивым, малоустойчивым (средней устойчивости) и неустойчивым минералам.

Последующие изменения минералогического состава терригенного материала рассматриваются в трех стадиях. Изменения количественных соотношений вышеуказанных групп минералов при этом изображают размеры соответствующих сегментов.

В первой стадии происходят изменения и процессы, преобразующие материнские породы *in situ* до их эрозии и денудации. Это главным образом процессы выветривания, подготовляющие древние породы щита путем дезинтеграции для сноса и переноса. Степень изменения исходного терригенного материала по сравнению с материнской породой зависит от характера, интенсивности и длительности процессов выветривания. Последние в свою очередь являются функцией климатических условий и тектонических движений. При благоприятном сочетании этих условий — вялого тектонического режима и теплого гумидного климата — может в течение продолжительного времени образоваться мощная кора выветривания. При этом эллювиальные породы, из которых выносятся продукты распада неустойчивых минералов в виде глинистых компонентов и растворов, могут по составу сильно отличаться от материнских горных пород. Наименшие изменения претерпевает набор исходных минералов при ледовом типе литогенеза. Примером этого служат четвертичные моренные отложения. В аридном климатическом поясе, к которому по всей вероятности относится подавляющая часть палеозойских терригенных пород Прибалтики (за исключением гдовских песчаников валдайской серии и песчаников верхнего девона, соответствующих времени перестройки зональности климата на Балтийском щите и в Прибалтике), процессы химического выветривания выражены слабо.

Во второй стадии рассматриваются изменения, протекающие в минералогических ассоциациях терригенных осадков от начала сноса до их окончательного отложения и захоронения. Как показано Л. В. Пустоваловым, Н. М. Страховым и др., основным фактором, направляющим изменения минералогического состава обломочных пород, является здесь механическая дифференциация по размеру, удельному весу и форме зерен. Этот фактор влияет одновременно на гранулометрию и минералогию пород, которые между собой тесно парагенетически взаимосвязаны. Степень и характер механической дифференциации зависят от динамики транспортирующей среды, от дальности переноса, степени переотложения, а также от фациальной обстановки осадконакопления.

Распределение терригенных минералов в направлении конечных водоемов стока становится все более сложным по мере нарастания гранулометрической сортировки кластического мате-

риала (Страхов, 1962, I, стр. 79). Например, в алевритовых песках и алевритах, отлагавшихся в мелководных бассейнах, количество мало- и неустойчивых минералов (полевые шпаты и др.) возрастает. За счет этого в прибрежной части водоемов наблюдается часто наиболее высокое содержание кварца, а также устойчивых тяжелых минералов. Кроме того, волновые процессы в береговой полосе могут привести к образованию даже чистых мономинеральных фракций тяжелых минералов, т. е. к естественному шлихованию.

Среди факторов, в той или иной мере влияющих на минералогический состав терригенных пород во время переноса, нельзя игнорировать роли механического истирания. По Страхову (1963) значение последнего в формировании минерального состава терригенных пород так ничтожно, что практически его можно и не учитывать. Это положение для отложений гумидного климатического пояса совершенно правильно. В последнем процессах химического выветривания уничтожены уже в эллювии те минералы, которые легко поддаются механическому истиранию. Поэтому и истирание в ходе переноса или переотложения не может оказать сколько-нибудь заметного влияния. Совершенно по-иному обстоит дело с ледниковыми отложениями, минералы которых незначительно затронуты химическим выветриванием. Здесь относительная роль истирания, которая не затушевывается механической дифференциацией терригенного материала, значительна. Количество устойчивых минералов в четвертичных отложениях, по сравнению с валовым минералогическим составом кристаллических пород, заметно возросло, но никогда не равняется количеству их в древних отложениях. Как показывают многочисленные минералогические анализы мелкозема морен Эстонии, количество неустойчивых минералов в тяжелой фракции их нередко превышает количество устойчивых.

Совсем отрицать роль механического истирания было бы неверно и в случае аридных отложений, где процессы химического выветривания подавлены. При этом в обогащении обломочных пород устойчивыми компонентами нельзя не отметить существенного значения механического истирания в ходе многократных переотложений в течение очень продолжительного времени. Иначе было бы трудно объяснить значительную «зрелость» песков девона Прибалтики как типичной формации аридного типа литогенеза. Предположение о захвате и переработке древних терригенных пород гумидного климатического пояса (Страхов, 1962) не объясняет большие мощности терригенных толщ, а также минералогические ассоциации и характер распределения тяжелых минералов в разрезах терригенных пород девона (табл. I). Другим аналогичным примером являются кембрийские песчаники.

## Ассоциация минералов тяжелой фракции разновозрастных терригенных пород Эстонии (прозрачные минералы)

Терригенные отложения, горизонт, свита, слои		Устойчивые		Средней устойчивости			Неустойчивые
		Циркон	Турмалин	Гранат	Ставролит	Апатит	Пироксены Роговая обманка Эпидот
Q	Четверт. отлож.	++	▪	++	▪		++
D <sub>3</sub>	Швянтыйский гор., аматские слои	+++	+			+	
D <sub>3</sub>	Швянтыйский гор., гаюские слои	+++	+	▪		++	
D <sub>2</sub>	Тартуский гор., буртниецк. сл.	+++	++	+	▪	+	
D <sub>2</sub>	Тартуский гор., арукюласк. сл.	++	+	+++	+	▪	▪
D <sub>2</sub>	Наровский гор.	+	+	++	++		▪
D <sub>2</sub>	Пярнуский гор.	+	+	+++	+		▪
O <sub>3</sub>	Поркуниский гор.	+	+++	+		▪	
O <sub>1</sub>	Пакерортский г.	+++	++	▪			
Ст <sub>2</sub>	Тискреская св.	+++	+++	▪		▪	
Ст <sub>1</sub>	Пиритаская св.	+++	++	+			
Ст <sub>1</sub>	Ломоносовская св.	+++	+	+			
Ст <sub>1</sub>	Гдовская свита	++	++	+			

+++ >40% из аллотигенных прозрачных минералов  
 ++ 20—40% » » » »  
 + 5—20% » » » »  
 ▪ 1—5% » » » »

Увеличение количества кварца, а также устойчивых тяжелых минералов (циркон, турмалин, ильменит) в разрезах песчаников снизу вверх подтверждает вывод о всё нарастающей роли перераспределения осадков (того же климатического периода) по мере увеличения общей массы обломочных осадочных пород.

Наряду с перераспределением раннего материала постепенно вовлекаются в терригенные массы свежие порции из области

сноса. Поступление нового материала при вялом тектоническом режиме незначительное, но заметно усиливается в эпохи тектонической активизации. Увеличение в балансе переносимых материалов роли свежих компонентов сказывается в разрезах терригенных толщ нарастанием количества менее устойчивых минералов (полевые шпаты, апатит, ставролит, отчасти гранат и др.).

Следовательно, ведущим началом, определяющим ход эволюции терригенных пород, является характер колебательных движений земной коры. Изменением характера и интенсивности тектонических движений обусловлена периодичность осадконакопления. Поднятие суши в питающей провинции в начале каждого нового цикла выводило на эрозионный срез новые породы, которые в дальнейшем подвергались денудации. Поэтому начало каждого крупного цикла седиментации характеризуется появлением новой ассоциации терригенных минералов. Нижние части палеозойских терригенных толщ (гдовская свита, пярнуский горизонт), соответствующие началу трансгрессий каледонского и герцинского тектонических циклов, содержат относительно больше неустойчивых и малоустойчивых минералов, чем вышележащие (табл. I).

На фоне циклов наивысшего порядка (каледонского, герцинского), на южном склоне Балтийского щита, вследствие многократных изменений скорости колебательных движений и темпа денудации намечаются и циклы второго и меньшего порядков. Последние отражаются в литолого-минералогическом составе терригенных отложений обычно в виде количественных изменений. Изменения, соответствующие границам стратиграфических горизонтов или свит, нередко выражаются повышением содержания устойчивых минералов (кварца, циркона, турмалина) и окатанности зерен кварца в низах стратиграфических комплексов. Такое явление свидетельствует о значительной роли перемывания древних песков после перерыва в седиментации.

В отличие от четвертичных терригенных пород, не подвергавшихся значительным изменениям, в палеозойских песчано-алевритовых толщах необходимо учитывать возможные изменения минералогического состава в длительные стадии диа- и эпигенеза. Изменения минералогической ассоциации терригенных компонентов без учета глинистой фракции могут проявляться в двух направлениях:

а) растворение (выветривание) неустойчивых обломочных минералов (средние и основные плагиоклазы, пироксены, амфиболы и др.);

б) образование типичных аутигенных минералов (карбонаты, сульфаты, сульфиды, флюорит и др.) и новообразований (альбит, К-полевые шпаты, лейкоксен, анатаз, брукит и др.).

На изложенную схему (рис. 1), нанесены лишь основные

диа- и эпигенетические процессы, которые имеют значение в условиях платформенных областей. В геосинклинальных областях, как убедительно показано исследованиями А. В. Копелиовича, А. Г. Коссовской и В. Д. Шутова (1961), минералогические ассоциации обломочных минералов из-за большой глубины и скорости погружения осадков претерпевают более значительные изменения. Можно сказать, что интерпретация минералогических данных глубоких геосинклинальных зон эпигенеза, приближающихся и переходящих в зоны метаморфизма, сильно осложняется из-за замаскированности критериев различия первично-аллотигенных минералов от аутигенных новообразований. Поэтому минералогические исследования таких пород должны быть направлены на выяснение наложенных эпигенетических изменений первичных минералогических ассоциаций, что влечет за собой необходимость специализации методики.

По А. Б. Ронову, М. С. Михайловской и И. И. Солодковой (1963) в условиях Русской платформы влияние эпигенеза на состав минеральных ассоциаций более скромное, чем полагали до сих пор. Они указывают также, что первичное соотношение породообразующих терригенных минералов остается практически неизменным до глубины в 3000 м от земной поверхности. Прямая зависимость от глубины современного залегания отмечена только для пироксенов и амфиболов, практически исчезающих из песчаных разрезов ниже 2000 м.

По приведенным выше данным, в разрезе палеозойских обломочных пород Прибалтики, где амфиболы и пироксены среди тяжелых минералов имеют подчиненное значение, влияние эпигенетических изменений можно оценить как ничтожное. Тем не менее заслуживают серьезного внимания установленные факты: более высоких содержаний неустойчивых минералов в прослойках мергеля, глин и карбонатов девона по сравнению с прослаивающимися их терригенными породами (Тамме, 1965), а также данные об обильных новообразованиях полевых шпатов в песчаниках кембрия (Лебедева, 1956). Действительную интенсивность наложенных эпигенетических процессов в терригенных отложениях палеозоя Прибалтики должна выявить точная количественная оценка вторичных изменений по конкретным разрезам.

Как видно из вышеизложенного, далеко не исчерпывающего проблему обзора, многие частные и конкретные вопросы литогенеза терригенных отложений, несмотря на установление общих закономерностей его, являются еще дискуссионными. К числу последних можно еще отнести, например, следующие:

— устойчивость различных минеральных видов в разных условиях,

— распределение различных минералов в отложениях в зависимости от текстурных и структурных признаков,

- корреляционная ценность отдельных минералов,
- объективность корреляции разрезов по кривым содержаний отдельных тяжелых минералов (без учета выхода тяжелой фракции, с учетом последнего, вычислением соответствующих процентов на основе массы тяжелых минералов, всей исследуемой гранулометрической фракции или всей породы),
- выдержанность минералогических ассоциаций определенных стратиграфических комплексов по простирацию, и др.

Окончательному решению многих этих вопросов способствует широкое внедрение в литолого-минералогические анализы методов современной математики.

Известная доля неопределенности в расшифровке указанных выше вопросов является не только причиной расцвета различных методических подходов, но и источником, питающим консерватизм и инертность исследователей, следующих раз уже принятой методике.

На данном этапе развития минералогический метод исследования при решении стратиграфических и палеогеографических задач в отношении теоретических основ уступает, например, палинологическому методу. Но тем не менее круг вопросов, потенциально или реально решаемых минералогическим методом, несравнимо шире, чем у палинологического метода. Кроме того, минералогический метод может быть применен принципиально с одинаковым успехом в исследованиях терригенных толщ всех геологических систем и периодов.

Нет сомнения в том, что минералогический метод заслуживает большого внимания и методические вопросы его, связанные с теоретическими основами литогенеза, будут основательно разработаны.

### **Обусловленность методики анализа существующим лабораторным оборудованием**

Нередко некоторые приемы применяемой в разных учреждениях методики изучения минералогического состава predeterminedются лабораторным оборудованием, имеющимся в распоряжении исследователя.

К числу таких приемов относится прежде всего гранулометрический анализ песков. Не говоря уже о разных наборах сит и различной технике метода отмучивания в разных лабораториях, иногда фракция песков и алевроитов разделяется путем комбинации ситового анализа с методом отмучивания. При этом фракции меньше 0,25 мм (или 0,10 мм) разделяют гидравлическим методом анализа, но более крупные фракции подвергают ситовому анализу (Логвиненко, 1948). Так как ситовым анализом минералы разделяются по величине зерен, а гидравлическим по весу, объему и форме, то полученные данные

различных анализов между собой несравнимы. Зерна тяжелых минералов при гидравлическом анализе осаждаются значительно скорее зерен кварца того же размера и попадают в более крупные гранулометрические фракции, чем их действительный размер, в то же время листочки слюд и хлоритов алевритовой размерности накапливаются в глинистой фракции. Самые значительные отклонения намечаются при этом в количествах и соотношениях минералов тяжелой фракции. Общий выход тяжелой фракции в интервале 0,25—0,05 мм получается за счет тяжелых минералов  $< 0,05$  мм несколько преувеличенным, а соотношения отдельных минералов за счет зерен мелкоалевритовой фракции искажены.

Для исследования минералогического состава, например, фракции 0,25—0,05 мм, при отсутствии сита 0,05 мм поневоле приходится применять и гидравлический анализ в комбинации с ситовым. Но следует отметить, что указанный интервал с большим отношением конечных размеров недостаточно детален как для гранулометрического, так и для минералогического анализа.

Детальность гранулометрического анализа является необходимым условием для изучения механической дифференциации терригенных пород. Широкие интервалы размерной фракции, подвергающейся минералогическому анализу, из-за неравномерного распределения минералов в гранулометрическом спектре пород дают искаженные соотношения отдельных минералов. Кроме того, установить закономерности распределения тяжелых минералов в разных гранулометрических интервалах породы можно лишь при условии их выделения одним и тем же способом.

Поэтому представляется наиболее целесообразным разделить исследуемые образцы при помощи набора сит до 0,05 мм в поперечнике. Фракция  $< 0,01$  мм отделяется гидравлическим методом. Небольшие отношения конечных размеров полученных ситовым анализом фракций (2 или  $\sqrt{2}$ ) обеспечивают детальность гранулометрического анализа и возможность выбора более узкого интервала для исследования тяжелых минералов иммерсионным методом.

Кроме способов гранулометрического анализа, существенное влияние на результаты анализов тяжелых минералов оказывает способ фракционирования самих тяжелых минералов, в частности, удельный вес применяемой тяжелой жидкости. От последнего зависит и содержание понятия «тяжелых» минералов. Различными исследователями рекомендуются разные тяжелые жидкости (или даже несколько отдельных жидкостей) с удельным весом от 2,75 до 3,3. При этом большинством исследователей апробированы жидкости с удельным весом бромформа (2,89 г/см<sup>3</sup>). С этой рекомендацией желательно согласоваться.

## Некоторые рекомендации к разработке единой методики литолого-минералогических анализов

Необходимость внедрения единой методики в массовое изучение минералогического состава терригенных пород совершенно очевидна. В ходе разработки ее мы должны учесть все то рациональное и полезное, что создано опытами различных исследователей. Но, кроме того, для выяснения наиболее подходящего варианта того или другого методического приема из множества рекомендованных способов, по-видимому, нередко необходимо проведение специальных сравнительно-аналитических работ.

Не принимая здесь на себя ответственную задачу нарисовать подробный проект методики, опираясь на многолетний опыт при исследовании минералогии разновозрастных терригенных пород Эстонии, а также на некоторые сравнительные анализы, хочется затронуть еще некоторые частные вопросы методики.

Во-первых, несколько слов о рациональной методике минералогического опробования.

Для отбора проб можно выбирать один из вариантов литолого-минералогического опробования обнажений или кернового материала. Более распространенные из них — штуфной (точечный) и бороздовой методы. Нередко способ минералогического опробования предопределяется обстановкой или характером объекта исследования. Например, при опробовании в кернах маломощных прослоек песчаников среди глин или карбонатов штуфной отбор является единственным вариантом опробования. В случаях, когда терригенные осадки представлены в керновом материале в виде шлама, приходится прибегать к отбору поинтервальных проб, усредненных по рейсам.

Данные о минералогическом составе песчаников девона и кембрия, полученные разными способами опробования, показывают, что при штуфном методе опробования, по сравнению с бороздовым, обнаруживаются значительно большие отличия минералогического состава соседних проб. Эти колебания обусловлены как структурными, так и текстурными особенностями породы, а также вторичными изменениями локального характера. Поэтому для исследований взаимосвязи минералогического состава и указанных черт строения терригенных толщ, что представляет интерес не только с методической, но и генетической точки зрения, штуфное опробование окажется довольно целесообразным. В некоторых случаях, с целью получения более достоверных результатов, желательно его заменить методом горизонтальных борозд (по простиранию слоев). Последний применен при изучении распределения тяжелых минералов внутри отдельных серий косослоистых песчаников девона Эстонии (Паап, 1965).

Для решения стратиграфических и палеогеографических вопросов можно рекомендовать только бороздовое опробование накрест простиранию слоев. Вес проб должен составлять не менее 200—300 г. Интервалы отбора проб, т. е. длины борозд могут быть различными, в зависимости от мощности и однородности пачек терригенных пород. Нами отобраны бороздовые пробы в обнажениях и в кернах с интервалами в среднем в 2—3 м на каждую пробу. При этом желательно проследить не столько за предписанными интервалами, сколько за текстурно-структурными особенностями пород. Цель опробования — дать минералогическую характеристику определенных слоистых единиц — серии или групп серий косых слоев, пачек и т. д., характеризующихся макролитологически одинаковыми признаками.

Итак, результаты минералогического анализа проб, отобранных бороздовым методом накрест простиранию седиментационных единиц, характеризуют средний минералогический состав этих единиц и хорошо сравниваются с результатами анализов выше- и нижележащих отложений.

Резкие пики, обычно характерные для кривых содержаний отдельных минералов в штучных пробах, состав которых не обязательно характеризует слой в целом, в случае бороздовых проб заменяются более плавными колебаниями. Понятно, что такие кривые лучше поддаются и палеогеографической интерпретации и стратиграфической корреляции.

Ниже мы хотели бы высказать некоторые соображения о выборе наиболее целесообразной гранулометрической фракции.

Известно, что минералогический состав терригенных пород в значительной степени зависит от гранулометрической фракции, подвергавшейся анализу. Каждый минерал имеет в породе свой собственный гранулометрический состав, в общем не совпадающий с гранулометрическим спектром всей породы. Кроме того, максимум гранулометрической кривой для тяжелых минералов по сравнению с легкой фракцией сдвинут всегда в сторону мелких фракций.

Поэтому правильно высказанное И. А. Преображенским (1946) положение, что процентуальные содержания минералов, полученные различными авторами для различных фракций, без учета минералогического состава всей породы, между собой не сравнимы и не могут быть применены для корреляции.

Но, с другой стороны, мы ясно представляем нарастание объема работ при валовой минералогической характеристике пород. Для этого требуется не только 3—5-кратное увеличение аналитических работ, но и сложные пересчеты.

Следовательно, выбор одной фракции, опорной для анализов, вытекает из необходимости избавиться в массовых минералогических



ческих анализах от серьезнейшего недостатка минералогического метода — трудоемкости. И действительно, тот или иной исследователь, проделав некоторую опытную стадию, выбирает в дальнейшей работе определенный гранулометрический интервал.

Некоторый, далеко не исчерпывающий обзор рекомендованных или примененных различными советскими исследователями гранулометрических фракций приведен на рис. 2.

Рекомендованные диапазоны размерностей весьма различны, и выбор наиболее целесообразного из них — нелегкая задача. Тем более, что выбор исследуемой фракции — это одна из ответственных задач в методике минералогических исследований. От этого в значительной степени зависит результативность работы минералога.

Требования, которые предъявляются к опорной фракции, следующие:

1. Исследуемая фракция должна наилучшим образом отражать средний минералогический состав породы, т. е. быть господствующей по количеству фракцией в породе.

2. Она должна широко применяться при исследованиях как песков-песчаников, так и алевроитов-алевролитов.

3. Она должна содержать достаточное для анализа количество тяжелых минералов и отражать качественное разнообразие последних.

4. Оптимальность размера зерен для исследования иммерсионным методом.

5. Обеспеченность полного фракционирования тяжелой фракции в тяжелой жидкости без центрифугирования.

6. Исследуемая фракция должна соответствовать определенному подразделению общепринятой классификации обломочных пород по гранулометрическому составу.

7. Диапазон фракции не должен быть слишком широким, чтобы гранулометрическая селекция различных минералов в породе не искажала истинные объемные (или весовые) соотношения минералов.

Последнее обстоятельство, на наш взгляд, иногда совершенно недостаточно учитывается при выборе исследуемой фракции. Для объяснения существенного значения этого положения приведем следующий пример.

Предполагаем, что минерал А, характерный для следующих более крупных фракций, в исследуемом гранулометрическом интервале представлен редко и то всегда максимальной величины. Наоборот, минерал Б, присутствующий в массовом количестве в более мелкой фракции, в данном интервале встречается зернами с крайне малыми размерами. При сравнении объемных соотношений зерен минералов А и Б, в случае широких фракций обнаруживаем колоссальную разницу. Например, во

фракции 0,25—0,01 мм это соотношение составляет 16.625, во фракции 0,10—0,01 мм — 1000 и т. д. Соответствующие данные по разным рекомендованным фракциям показаны на рис. 2 в кружках.

Хотя указанные объемные эквиваленты являются экстремальными значениями и в действительности не выступают так резко, все же они, безусловно, снижают объективность количественных (объемных) соотношений различных минералов.

При минералогических исследованиях палеозойских (кембрийских и девонских) терригенных пород нами исследована в основном фракция крупного алеврита (0,10—0,05 мм). Последняя наилучшим образом отвечает всем указанным выше требованиям, и ее можно рекомендовать в дальнейших исследованиях палеозойских терригенных пород в Прибалтике.

В пользу выбора указанной фракции в качестве опорной надо привести еще следующие соображения. Как девонские, так и кембрийские песчаники Эстонии мелкозернистые, алевритистые или алевритовые. Широко распространены в разрезах терригенных толщ и алевролиты (Х. Вийдинг, 1962). В южном направлении размерность обломочных пород палеозоя, как правило, еще уменьшается. Таким образом, преобладающими фракциями этих пород обычно являются мелкопесчаная или крупно-алевритовая. Последняя нередко отражает состав господствующей гранулометрической фракции и поэтому близка к валовому составу породы. Как выяснено многочисленными анализами, в более крупной (0,25—0,10 мм) и более мелкой (0,05—0,01 мм) фракциях зачастую наблюдается повышенное или пониженное, по сравнению со средним, количество кварца и полевых шпатов, граната и циркона, ильменита и турмалина и других минералов. Противоположные тенденции процентуальных содержаний этих минералов в крайних фракциях нередко уравниваются на уровне количеств тех же минералов в рамках этого интервала. Исключением являются лишь легкие минералы в песчаниках, где среднее процентуальное содержание их ближе к мелкопесчаной фракции.

Поэтому в песчаниках, наряду с обязательным анализом всех минералов в крупно-алевритовой фракции, желательны и изучение минералогического состава, в частности легких минералов во фракции 0,25—0,10 мм.

Мелкопесчаную фракцию, по-видимому, следовало бы предпочитать при изучении минералогии некоторых более крупнозернистых четвертичных обломочных пород (флювиогляциальные пески, морены).

## Заключение

Заканчивая на этом рассмотрение некоторых вопросов методики литолого-минералогического анализа, следует отметить, что, создавая единую методику для массовых исследований, необходимость в которой давно назрела, нужно учитывать установленные закономерности осадочной дифференциации и процессы литогенеза, проверяя эффективность самой методики в практике для раскрытия этих закономерностей. Для этого требуются дополнительные, часто довольно трудоемкие методические работы, сравнительные анализы одних и тех же проб разными способами, а иногда также экспериментальные работы. Только такой подход к исследованию является необходимой предпосылкой для разработки наиболее целесообразной методики.

Такая работа не под силу одному исследователю и даже небольшому коллективу исследователей.

Поэтому для организации этой работы, в которой приняли бы участие многие квалифицированные минералоги из разных учреждений и республик, необходимо создание Методической комиссии по литологии и минералогии терригенных пород Прибалтики. В задачи такой комиссии нужно включить составление тематики необходимых методических исследований, координацию этих работ, созыв регулярных методических совещаний для обсуждения полученных результатов и внедрение наиболее целесообразных приемов методики в практику исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

- Батури́н В. П., Палеогеография по терригенным компонентам. Баку, Аз. ОНТИ, 1937.
- Батури́н В. П., Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. Изд. АН СССР, 1947.
- Васильев В. С., К методике пересчетов минералогического состава рыхлых осадочных пород. Уч. зап. Сар. гос. ун-та, т. 65, 1959.
- Вийдинг Х. А., Некоторые данные о минералогическом составе песчаников среднего девона Эстонии. Тр. Инст. геол. АН ЭССР X, Таллин 1962.
- Дистанов У. Г., О некоторых вопросах методики иммерсионных исследований терригенной части осадочных горных пород. Зап. Мин. о-ва, № 2, 1956.
- Кали́нко М. К., Распределение «тяжелых» минералов во фракциях различного диаметра и влияние этого фактора на точность минералогических анализов. ДАН СССР, т. 62, № 5, 1948.
- Копелиович А. В., Коссовская А. Г. и Шутов В. Д., О некоторых особенностях эпигенеза терригенных отложений платформенных и геосинклинальных областей. Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1961.
- Коперина В. В., К вопросу о единой методике минералогического анализа терригенной части осадочных пород. Сб. К вопросу о состоянии науки об осадочных породах. АН СССР, М. 1951.

- Логвиненко Н. В., Некоторые вопросы минералогии и петрографии осадочных пород. Зап. Мин. о-ва, № 3, 1948.
- Лебедева А. И., О новообразовании полевых шпатов в кембрийских песках. Уч. зап. ЛГУ, сер. геол. наук, вып. 7, 1956.
- Наап Ю., Колебания литолого-минералогического состава песчаников девона Эстонии на фоне косослоистой текстуры. Уч. зап. Тарт. гос. ун-та, вып. 168, Труды по геологии, III, Тарту 1965.
- Преображенский И. А., О подсчетах минералого-петрографического состава обломочных осадочных пород. Сб., посвящ. ак. Д. С. Белянкину, 1946.
- Ронов А. Б., Михайловская М. С., Солодкова И. И., Эволюция химического и минералогического состава песчаных пород. Сб. Химия земной коры, т. I. Изд. АН СССР, 1963.
- Рухин Л. Б., Корреляция песков по минералогическому составу. Научн. бюлл. ЛГУ, № 20, 1948.
- Страхов Н. М., Основы теории литогенеза. Изд. АН СССР, т. I, 1960, II и III, 1962.
- Страхов Н. М., Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Госгеолтехиздат, М. 1963.
- Тамме А., О некоторых диа- и эпигенетических явлениях в среднедевонских отложениях Эстонии. Уч. зап. Тарт. гос. ун-та (вып. 168, Труды по геологии, III, Тарту 1965.

## LIIVADE JA ALEÜRIITIDE LITOLOOGILIS-MINERALOOGILISE ANALÜÜSI METOODILISI KÜSIMUSI BALTIMAADEL

H. Viiding

Resümee

Terrigeensete setete litoloogilis-mineraloogiliste uurimiste meetodika ühtlustamise vajadust on rõhutatud erialases kirjanduses korduvalt. Kahjuks ei ole konkreetsete sammudeni jõutud ka Baltimaadel, mistõttu isegi samade lademetete või kihistute regionalsetel uurimistel saadud tulemused ei ole tihti omavahel võrreldavad ega võimalda vajalike üldistuste tegemist.

Olulisemateks raskusteks ühtse uurimismetoodika väljatöötamisel ja juurutamisel on:

1. Uurimistööde erinev eesmärk. Silmas pidades mineraloogilise analüüside mitmekesiseid ülesandeid (ainelise koostise uurimine, petrograafia, paleogeograafia, stratigraafia jm.), peab ühtne uurimismetoodika võimaldama kõikide küsimuste kompleksset ja võimalikult igakülgset selgitamist. Meetodi juurutamine massanalüüside praktikasse eeldab üksikanalüüside väiksemat töömahtu võrreldes proovide koguanalüüsiga. Viimast rakendatakse peamiselt tehnoloogilistel eesmärkidel või detailsetel teaduslik-meetodilistel uurimistel.

2. Terrigeensete setete mitmekesisus ja nende mineraloogilise koostise keerukas kujunemislugu, mis raskendab analüüsi tulemuste üksmeelset interpreteerimist. Terrigeensete setete minera-

loogiline koostis on rea füüsilis-geograafiliste, geoloogiliste ja füüsikalise-keemiliste tingimuste ja tegurite koosmõju kajastajaks. Seetõttu peab mineraloogilise uurimise meetodika tuginema kaas-aegsele litogeneesi teooriale. Lähtudes kõikuvate liikumiste juhtivast osast setete ja settekivimite kujunemisel, on vaja diferentseeritult selgitada erinevate tegurite osa settekivimite evolutsiooni kõikidel staadiumidel (joon. 1.). Mitmed mineraloogilise koostise interpreteerimise seisukohalt olulised küsimused (terrigeensete mineraalide püsivus erinevates tingimustes, nende jaotus setetes sõltuvalt tekstuuri- ja struktuurilistest jt. omadustest, mineraalide assotsiatsioonide püsivus jt.) vajavad veel täpsustamist.

3. Analüütiliste tööde erinevad laboratoorsed võimalused. Analüüsimeetodite valik sõltub laboratooriumi seadistest, näiteks granulomeetrilisel analüüsil, raskete mineraalide separeerimisel jm. Sageli kasutatakse näiteks liivafraktsioonide eraldamisel sõel- ja uhtanalüüsi kombineeritult, mis aga setete granulomeetrilise koostise määramisel ei anna õigeid tulemusi. Ühtlustatud uurimismetoodikas võib soovitada uhtanalüüsi kasutada vaid fraktsiooni  $< 0,01$  mm eraldamiseks, kuna liiva- ja aleuriidifraktsioonide eraldamine peaks toimuma sõelumisel.

Ühtse litoloogilis-mineraloogilise uurimismetoodika väljatöötamisel on vaja arvestada seniste uurimistööde käigus omandatud kogemusi. Vajeldavate küsimuste lahendamiseks tuleb aga teostada täiendavaid võrdlev-analüütilisi uurimisi. Nii sellesuunaliste tööde kui ka Eesti paleosoikumi terrigeensete setete mineraloogilise analüüsi kogemuste põhjal võib teha mitmeid konkreetseid meetodika-alaseid ettepanekuid.

On selgitatud, et proovide võtmisel massilisteks mineraloogilisteks analüüsideks annab kõige paremaid tulemusi vaomeetodi rakendamine kindlate sedimentatsiooniuksuste kaupa, kusjuures vaod on orienteeritud kihipindadele risti. Punktmeetodit ja horisontaalvaomeetodit võib soovitada vaid erieesmärgilistel uurimistel.

Paleosoikumi valdavalt peeneteraliste liivakivide ja aleuroliitide mineraloogilise koostise (eriti raske fraktsiooni) analüüsil on soovitatav põhifraktsioonina kasutada jämeda aleuriidi (0,10—0,05 mm) fraktsiooni. Võrreldes teiste kasutamist leidnud fraktsioonidega (joon. 2) on tal rida eeliseid.

Kõikides detailides läbikaalutud, teoreetiliselt põhjendatud ja praktikas kontrollitud ühtse uurimismetoodika loomisel tuleb ühendada Balti liiduvabariikide mineraloogide jõupingutused ning organiseerida edaspidi tihe meetodika-alane koostöö.

# PROBLEMS OF METHODS IN THE LITHOLOGICO-MINERALOGICAL ANALYSIS OF SANDS AND SILTS IN THE BALTIC AREA

H. Viiding

## Summary

The need for unification of lithologico-mineralogical research methods has been repeatedly stressed in the special literature, but unfortunately little has been done to achieve it in practice. Such is also the case in the Baltic area, with the result that it is often difficult to correlate regional studies of even one and the same stage or formation, and the necessary generalisations cannot be formulated.

The chief obstacles in the path of creating and introducing a unified methodology are the following:

1. Divergent aims: In view of the various functions of mineralogical analysis (determination of the composition, petrography, paleogeography, stratigraphy, etc.), only a unified research methodology can make it possible to achieve an adequate complex solution of all the problems involved. The application of such a method to the practice of mass analyses means that less time and labour must be devoted to the examination of individual samples than to the examination of the bulk of samples. The latter approach has hitherto been mainly confined to technological aspects, or to specialised research of a methodological character.

2. The wide variety of terrigene sediments and the complicated evolution of their mineralogical composition, which hinder achievement of a unanimous interpretation of the results of analysis: The mineralogical composition of terrigene sediments reflects the combined action of various physiogeographical, geological and physico-chemical factors and conditions. For this reason the methodology of mineralogical research must be founded on modern lithogenetic theory. Accepting the principle of the decisive role played by epirogenetic movements in the formation of deposits and sedimentary rocks, we must be careful to differentiate the influence of each individual factor at each stage of development (fig. 1). A number of problems of fundamental importance for the interpretation of the mineralogical composition (the stability of terrigene minerals in different conditions, their distribution in the sediments according to structural, textural and other properties, the stability of mineral associations, etc.) need further clarification.

3. The unequal opportunities for analytical work in the laboratory. The choice of method depends to a large extent on the equipment of the laboratory, e. g. in the case of granulometric

analysis, the separation of the heavy minerals, etc. To take a typical example, the combination of sifting and elutriation, so frequently used to isolate sand fraction, does not yield dependable results for the determination of the granulometric composition. In a unified methodology, elutriation analysis may be recommended only for isolation of the  $< 0.01$  mm fraction, and the sand and silt fractions should be separated by sifting.

In creating a unified methodology for lithologico-mineralogical research, we must take into account our preceding experience. In all debatable cases additional comparative analyses must be carried out. Both here and in the mineralogical analysis of the terrigene sediments of the Estonian Paleozoic a number of concrete methodological suggestions might be made.

It is already evident that the best results in sampling for mass mineralogical analysis are obtained from the application of the furrow method to certain definite sedimentation units, on condition that the furrows traverse the bedding planes at right angles. The analysis of single lump specimens and the cutting of horizontal furrows can only be recommended in certain special cases.

When analysing the mineralogical composition of the Paleozoic (particularly the heavy fraction), which is mostly made up of fine-grained sandstones and siltstones, the coarser silt fraction (0.10—0.05 mm) should be taken as the ground, as it enjoys a number of advantages over the other fractions used (fig. 2).

In order to create a unified research methodology, carefully elaborated in every detail, both founded in theory and verified in practice, we must combine the efforts of all the mineralogists in the Baltic republics and ensure their close methodological collaboration.

## К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИГЕННОЙ ЧАСТИ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПОЛЬСКО-ЛИТОВСКОЙ ВПАДИНЫ

Э. Лауенкрапча

Данные минералогических анализов в настоящее время широко используются не только для характеристики состава терригенных осадочных пород, но и при решении важнейших вопросов палеогеографии и стратиграфической корреляции осадочных толщ.

До сих пор не разработана единая методика исследований терригенных осадочных пород. Большие разногласия возникают при выборе определенной фракции для минералогического анализа иммерсионным методом.

Ряд авторов — Л. В. Пустовалов, М. А. Кашкай, А. Д. Султанов, В. В. Коперина и др. — предпочитают алевритовую фракцию полностью или ее крупную часть использовать для получения достаточно полной и точной характеристики состава терригенной части пород. В. П. Батулин, Н. В. Логвиненко, С. Г. Саркисян и др. для иммерсионных исследований объединяют фракции мелкозернистого песка и алеврита. У. Г. Дистанов и др. рекомендуют выделять две или три фракции в пределах 0,25—0,01 мм для изучения минералогического состава попор и, применяя математические методы, определять состав пород.

В настоящей статье рассматривается вопрос о выборе размерных фракций; подвергаемых минералогическому анализу в каменноугольных отложениях северо-западной части Польско-Литовской впадины для характеристики минералогического состава терригенной части пород. Кроме того, установлен количественный и качественный состав минералов в зависимости от изменений гранулометрического состава пород. Обоснованы преимущества исследования фракции 0,1—0,05 мм для решения вопросов стратиграфии и определения состава терригенной части пород.

Для изучения каменноугольных отложений обработан, главным образом, керновый материал из скважин, пробуренных Управлением геологии Латвийской ССР, и каменный материал из некоторых обнажений в бассейне р. Вента (рис. 1).

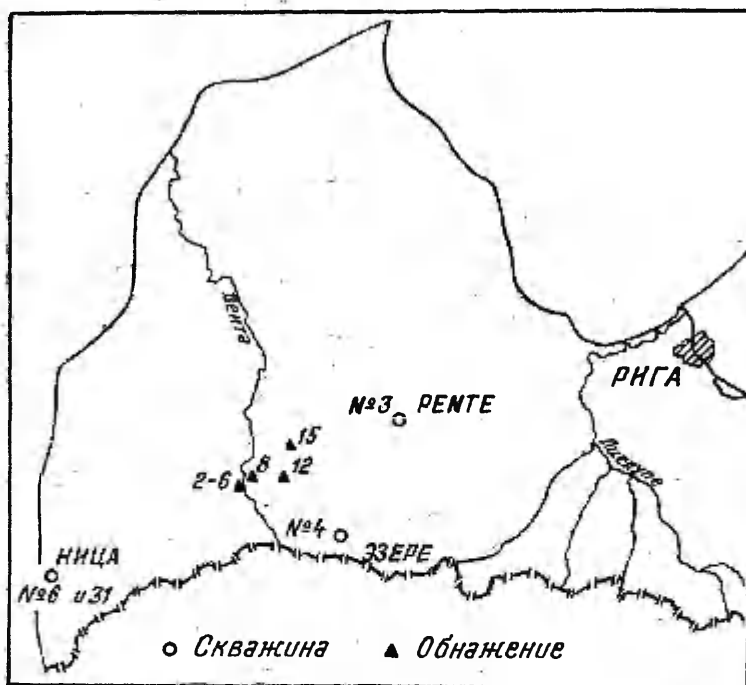


Рис. 1. Схема размещения разрезов, изученных в западной части Латвийской ССР.

Образцы для анализов отбирались точечным методом из песчаных и алевритовых пород, а также из песчанистых и алевритовых карбонатных пород и глин. Иммерсионным методом в разрезе изучен минералогический состав 57 образцов пород.

Гранулометрический состав пород определен методом Авдусина и Батурина (1930) с некоторыми изменениями, заключающимися в увеличении веса образца до 50—100 гр. Минералогический анализ произведен иммерсионным методом для фракций 0,25—0,1 мм, 0,1—0,05 мм и 0,05—0,01 мм. Содержание каждого минерала легкой фракции и группы аксессуарных минералов фракции 0,25—0,01 мм вычислено средневзвешенным

методом.<sup>1</sup> Для разделения минералов на группу тяжелых и легких минералов применялся бромформ с удельным весом 2,9. Количество отдельных минералов в легкой и тяжелой фракциях выражено в процентах по отношению к сумме подсчитанных зерен (400—500) в образце.

Каменноугольные отложения (руцавский комплекс) распространены на небольшой площади в юго-западной части республики, в пределах северо-западной части Польско-Литовской впадины. Мощность этих отложений в среднем 137 м. Руцавский комплекс представлен отложениями кетлерской, шкервельской, летыжской, паплакской и ницаской свит [Лиепиньш, 1964].

На территории Латвии значительное место в отложениях кетлерской, шкервельской, летыжской свит занимают терригенные породы. Терригенный материал присутствует также в виде примеси в глинах, доломитовых мергелях и доломитах. Паплакская свита представлена доломитами, доломитовыми мергелями с прослойками глин. Терригенный материал в этих отложениях почти отсутствует. Ницаская свита сложена в основном терригенным материалом.

Кластические породы карбона всегда мелкозернистые. Размеры зерен, слагающих породу, редко превышают 0,25 мм. Исключением являются отдельные пластинки слюд, реже зерна кварца, остатки ихтиофауны, более или менее окатанные обломки карбонатных пород, кремь и вторично сцементированный терригенный материал в виде шаровидных образований. По данным минералогических анализов песчаные породы олигомиктовые с преобладанием кварца (73%—90%). В песчаниках обычно присутствует значительная примесь полевых шпатов (6%—18%). Количество слюды в песчаниках редко превышает 10%, а в ницаской свите обычно меньше 5%. Довольно часто, но в незначительных количествах в кетлерской и летыжской свитах встречаются хлориты, в отложениях шкервельской и ницаской свит они встречаются редко.

Карбонатность в слабосцементированных песчаниках незначительная, обычно менее 5%. Исключения составляют отдельные прослойки песчаников ницаской свиты, где содержание кальцита достигает 33%. В кетлерской-летыжской свитах карбонатную часть составляет доломит. Местами, чаще всего в отложениях шкервельской свиты, реже в кетлерской и летыж-

---

<sup>1</sup> Средневзвешенное содержание минералов вычислено без учета веса отдельных минералов по формуле:  $q = \frac{V_1 p_1 + V_2 p_2 + V_3 p_3}{P}$ , где  $q$  — средневзвешенное содержание минерала,  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$  — процентное содержание минералов во фракции соответственно 0,25—0,1 мм, 0,1—0,05 мм и 0,05—0,01 мм,  $p_1$ ,  $p_2$  и  $p_3$  — вес фракций размером соответственно 0,25—0,1 мм, 0,1—0,05 мм и 0,05—0,01 мм,  $P$  — суммарный вес фракции (размером 0,25—0,01 мм).

ской свитах, доломит в виде цементирующего вещества присутствует в количествах, равных с терригенным материалом. В алевролитах и неотсортированных кластолитах кварца меньше, чем в песчаниках, и в них наблюдается больше полевых шпатов и слюд. Во фракции 0,05—0,01 часто присутствуют карбонаты. В терригенном материале некоторых глин кетлерской и летыжской свит полевые шпаты (до 45%) преобладают над кварцем.

Если допустить, что количество отдельных минералов фракции 0,25—0,01 мм характеризует средний состав легких минералов песчано-алевритовых пород, и сравнить соответствующие процентные содержания с составом фракций 0,25—0,1 мм, 0,1—0,05 мм, 0,05—0,01 мм. (рис. 2), то видно, что процентные содержания, наиболее полно характеризующие соотношения господствующих минералов песчаников, наблюдаются во фракции 0,25—0,1 мм. Минералогический состав фракции 0,1—0,05 мм песчаных пород каменноугольного возраста значительно больше отклоняется от среднего. Во фракции 0,25—0,1 мм алевроитовой группы пород состав легкой фракции значительно отличается (рис. 2) от состава фракции 0,25—0,01 мм и не может быть применен для характеристики состава этих пород. Ближе к среднему процентное содержание минералов во фракции 0,1—0,05 мм.

В группе неотсортированных кластолитов, в противоположность группе песчаных и алевроитовых пород, где выделяются фракции (0,25—0,1 мм или 0,1—0,05 мм) с минералогическим составом, близким к фракции 0,25—0,01 мм, такой фракции выделить нельзя. Минералогический состав фракции 0,25—0,01 мм неотсортированных кластолитов значительно отличается от состава выделенных в этом интервале всех трех фракций (рис. 2).

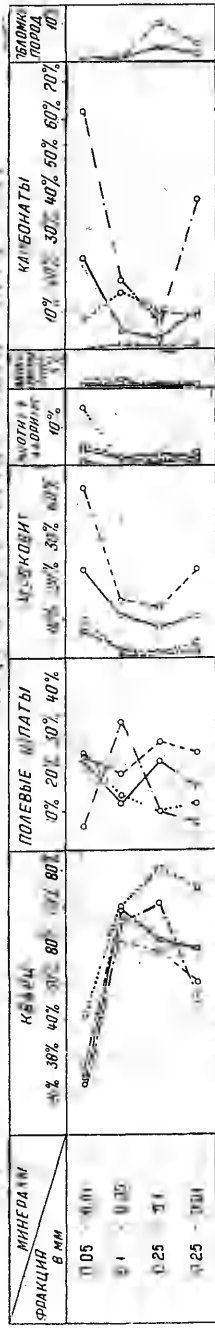
Следовательно, для определения соотношений господствующих минералов в песчаниках можно ограничиться анализом фракции 0,25—0,10 мм, а в алевролитах фракции 0,10—0,05 мм.<sup>2</sup> В случае неотсортированных кластолитов лучше всего определить отдельно состав всех трех фракций и вычислить средневзвешенным методом процентные содержания. Если содержание какой-либо фракции в породе составляет меньше 5%, минералогический состав ее не отражается в среднем составе породы.

Среди тяжелых минералов обломочного материала каменноугольных отложений встречаются аллотигенные и аутигенные минералы. Средние числа, характеризующие количества этих групп минералов (табл. 1), показывают, что в тяжелой части отложений свит преобладают аллотигенные минералы. В разных фракциях терригенного материала наблюдаются значительные

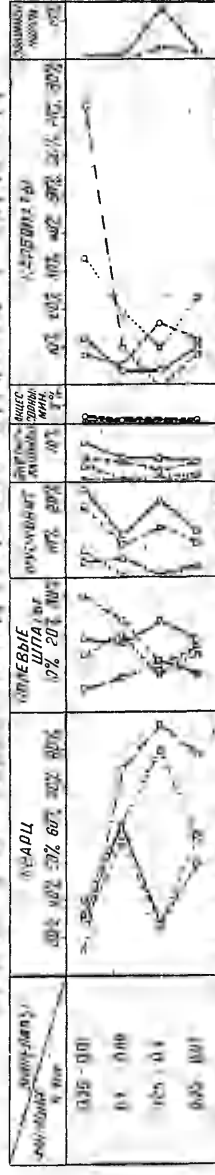
---

<sup>2</sup> Ошибка, допускаемая при характеристике минералогического состава фракции 0,1—0,05 мм алевроитовой и песчаной группы пород, колеблется в одних и тех же пределах (рис. 2).

**ГРУППА НЕОТСОРТИРОВАННЫХ ПОРОД** (в % от массы порош. фракции: 0,1-0,25-0,5-1-2-5-10-20-40-60-80-100)



**ГРУППА ДАБРИТОВЫХ ПОРОД** (в % от массы порош. фракции: 0,1-0,25-0,5-1-2-5-10-20-40-60-80-100)



**ГРУППА ПЕСЧАНЫХ ПОРОД** (в % от массы порош. фракции: 0,1-0,25-0,5-1-2-5-10-20-30-40-60-80-100)

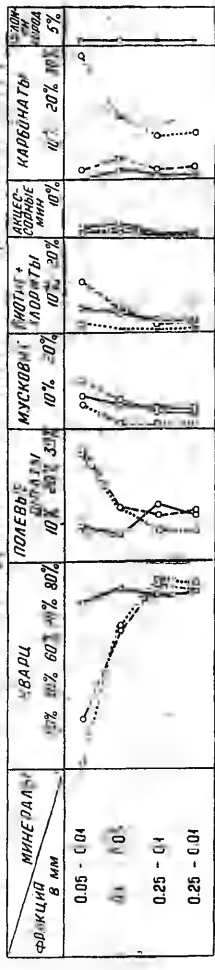


Рис. 2. Процентное содержание минералов в отдельных типах пород каменноугольного периода территории Ленинградской ССР во фракциях различной размерности: ———— кварцевая свита; - - - - - известняковая свита; ..... известняковая свита; ..... известняковая свита; на линии 1% указано содержание минералов меньше 1%.

Минералогический состав тяжелой части отложенной рудавского комплекса  
по фракциям различной размерности (среднее содержание в %%)

Сытты

Минералы	Кюлерсит			Шкеринитская			Пестиковая			Нилевка		
	0,25- 0,1 мм	0,05- 0,01 мм	0,05- 0,01 мм	0,25- 0,1 мм	0,05- 0,01 мм	0,05- 0,01 мм	0,25- 0,1 мм	0,05- 0,01 мм	0,05- 0,01 мм	0,25- 0,1 мм	0,05- 0,01 мм	0,05- 0,01 мм
Ильменит	19,4	59,5	45,1	22,1	11,7	44,6	17,8	29,6	44,8	14,3	64,3	80,4
Монит	0,7	0,5	0,1	1,8	0,4	0,8	0,2	3,9	1,6	5,7	12,7	0,5
Пирит	55,8	14,3	2,0	12,7	8,2	0,3	6,5	2,1	2,2	0,1	0,1	—
Орталы и тетраэдромислы железа	4,8	0,9	0,3	10,2	9,2	7,8	0,3	0,3	0,1	3,0	3,1	—
Сидерит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Лейкоксин	4,8	5,5	4,4	3,8	5,9	2,2	2,6	7,4	6,1	9,6	5,7	3,8
Рухит	0,9	2,6	4,5	0,6	1,9	4,2	0,8	2,0	3,5	0,2	0,1	0,3
Аночя	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Брукит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Барит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Апатит	1,8	2,7	1,4	1,0	1,9	0,5	4,7	1,1	0,3	0,1	0,4	0,5
Далиты	12,3	2,8	—	13,9	5,2	—	16,4	1,2	—	—	—	—
Циркон	2,0	11,9	28,8	3,2	6,5	26,2	1,1	3,7	18,0	1,5	5,8	6,0
Малакон	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дистен	0,4	0,2	0,1	0,9	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	—
Стяролит	4,1	1,5	1,1	3,1	1,6	1,5	3,2	3,3	1,9	9,6	2,8	2,0
Гривит	14,8	12,4	10,1	30,2	13,8	9,8	19,6	31,3	18,8	28,6	11,5	5,7
Сфен	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Турмалин	4,7	3,4	1,0	4,6	2,7	0,6	2,2	2,4	2,2	5,8	2,2	0,5
Пироксен	0,4	0,2	0,4	0,4	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	—	0,4	—
Амфиболы	2,5	1,0	0,2	1,0	0,4	0,2	2,5	0,6	0,3	1,0	0,5	0,3
Группа эпидотов	0,6	0,6	0,4	0,5	0,1	1,0	0,6	0,1	—	0,1	0,5	—
Моноклин	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Зунгеровые эпидоты	42,0	18,0	2,5	30,8	22,0	8,1	34,3	13,4	2,3	3,1	3,3	—
Алгопсит-милерит	57,1	82,0	97,7	53,2	77,4	91,5	50,3	85,1	97,7	96,9	94,7	100,0

колебания содержащий этих минералов (от 57% до 100%): Во фракции тонкозернистого алеврита количество аллотигенных минералов наивысшее и колеблется от 91,9% (шкервельская свита) до 100% (ницаская свита), во фракции крупнозернистого алеврита количество аллотигенных минералов составляет от 77,4% (шкервельская свита) до 96,7% (ницаская свита), а во фракции тонкозернистого песка от 57,1% (кетлерская свита) до 96,9% (ницаская свита).

Уменьшение количества аллотигенных минералов (< 50%) в тяжелой фракции сопровождается увеличением содержания пирита или даллита в отдельных прослоях пород. Например, в составе тяжелой фракции отдельных прослоев глин и неотсортированных класталитов летыжской и кетлерской свит очень много (до 99%) пирита. Аналогично, в прослоях песчаника нижней части кетлерской свиты содержится до 95% даллита. По материалам исследований, больше пирита, даллита, окислов и гидроокислов железа наблюдается во фракции тонкозернистого песка, что отображено в расчетах средних чисел (табл. 1). Однако высокие содержания вышеназванных аутигенных минералов в отложениях карбона наблюдаются редко. Минералогические анализы с большим содержанием пирита или даллита (> 80%) из отдельных прослоев глин, неотсортированных класталитов или песчаников в расчетах не принимались во внимание.

По изменениям содержания минералов в различных фракциях все встреченные в отложениях карбона тяжелые минералы могут быть разделены на 4 группы.<sup>3</sup>

I группа — минералы (ильменит, циркон, рутил), увеличение содержания которых совпадает с уменьшением размера зерен обломочных пород. Ильменит, циркон и рутил больше всего встречаются во фракции тонкозернистого алеврита, причем среднее процентное содержание их одинаково в кетлерской, шкервельской и летыжской свитах. Значительно колеблется содержание ильменита во фракциях 0,1—0,05 мм (28—54%) и 0,25—0,1 мм (18—34%). Средние содержания рутила и циркона в кетлерской, шкервельской и летыжской свитах отличаются незначительно (табл. 1).

За небольшими исключениями, максимальное содержание минералов I группы в разных типах пород наблюдается во фракции 0,05—0,01 мм. Как исключение максимальное содержание этих минералов отмечается во фракции 0,1—0,05 мм (рис. 3) в основном в отложениях определенных свит. Например, отклонения чисел, характеризующих максимальные содержания циркона, наблюдаются в основном в отложениях кетлерской свиты (песчаниках, алевритах, терригенной части глин).

<sup>3</sup> В первых трех группах минералов иногда наблюдаются отклонения

Отклонения максимального содержания ильменита отмечаются в основном в породах шкервельской свиты. Наиболее равномерно в отложениях руцавского комплекса распределен рутил. Исключение составляют породы ницаской свиты, для которых рутил не характерен.

2 группа — минералы (дистен, ставролит, турмалин, амфиболы, пирит, окислы и гидроокислы железа, даллит), увеличение содержаний которых совпадает с увеличением размера зерен или количества которых во фракциях тонко- и крупнозернистых алевритов значительно не отличаются, например, дистен. Количество турмалина во фракциях тонкозернистого песка и крупнозернистого алеврита летыжской свиты также меняются незначительно. Содержания ставролита, турмалина, дистена в разрезе не имеют значительных отличий.

Амфиболы во всех типах пород и отложениях руцавского комплекса обычно содержатся больше во фракции 0,25—0,1 мм, а состав фракции крупно- и мелкозернистого алеврита не претерпевает значительных изменений. В сравнении с отложениями руцавского комплекса, породы кетлерской свиты отличаются незначительным увеличением содержания минералов группы амфиболов.

Максимальное содержание аутигенных минералов (в этой работе выделенных во 2-ую группу минералов) в различных породах всех стратиграфических подразделений приурочено к фракции тонкозернистого песка. С уменьшением размеров зерен содержание соответствующих минералов уменьшается. Аутигенные минералы распределены в отложениях разных свит очень неравномерно и в отдельных образцах преобладают по сравнению с другими минералами тяжелой фракции. Максимальные содержания даллита наблюдаются в песчано-алевритистых породах, пирита — в глинах и сильно глинистых породах (в тяжелой фракции до 99%).

3 группа — апатит. Максимальные содержания апатита в отложениях руцавского комплекса обычно приурочены к крупноалевритовой фракции. В то же время в отложениях кетлерской свиты нередко максимальные содержания отмечаются во фракции мелкозернистого алеврита.

4 группа — минералы (гранат, лейкоксен, магнетит и другие редко встречающиеся минералы), которые не включаются в вышеназванные группы и не подчиняются или частично подчиняются зависимости содержания минералов от размеров зерен.

Гранаты являются характерными минералами для каменноугольных отложений и преобладают среди прозрачных минералов. В отдельных образцах летыжской свиты они содержатся в больших количествах, чем ильменит. Уменьшение количеств граната обычно наблюдается в образцах песчаников, содержа-

щих много даллита. Меньше гранатов также в глинах и неотсортированных кластолитах, обогащенных пиритом.

Максимальное содержание гранатов в песчано-алевритистых породах кетлерской свиты (за исключением глинистых доломитовых алевролитов) наблюдается чаще всего во фракции мелкозернистого алеврита, что не отмечается в отложениях вышележащих свит. В породах шкервельской-летьжской свит максимальное содержание граната наблюдается в основном во фракции крупнозернистого алеврита, реже — мелкозернистого песка, а в песчано-алевритистых отложениях ницаской свиты — во фракции мелкозернистого песка.

Таким образом, подавляющая часть тяжелых минеральных видов обнаруживает тенденцию к закономерному изменению их количества в рассмотренных выше трех гранулометрических фракциях. Противоположные тенденции минералов 1-ой и 2-ой групп выравниваются в интервале крупноалевритовой фракции, состав которой наиболее близок к среднему составу всей тяжелой фракции. Кроме того, во фракции 0,10—0,05 мм обычно наблюдается и максимальная концентрация тяжелых минералов.

Содержание минералов тяжелой фракции в отложениях различных свит рудавского комплекса показано на таблице II.

Таблица II

Содержание минералов тяжелой фракции в отложениях различных свит рудавского комплекса (среднее содержание в весовых %%).

Свита	Размеры фракции в мм		
	0,25—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01
Ницаская	0,059	1,180	0,680
Летьжская	0,105	0,259	0,129
Шкервельская	0,302	0,395	0,308
Кетлерская	0,117	0,498	0,149

По данным минералогических анализов, увеличение или уменьшение содержаний отдельных аксессуарных минералов, например, циркона, ильменита и др., совпадает не с определенным типом пород, а с отдельными фракциями этих пород. Принимая во внимание вышесказанное, для решения различных вопросов стратиграфии может анализироваться фракция, присутствующая во всех породах. Поскольку исследование фракции 0,1—0,05 мм имеет ряд преимуществ по сравнению с фракциями 0,25—0,1 мм и 0,05—0,01 мм, для стратиграфических целей рекомендуется проводить исследования фракции 0,1—0,05 мм. За

редким исключением, она наиболее полно представлена различными минералами и может быть получена в достаточном объеме как из песчано-глинистых, так и из терригенной части карбонатных пород. Фракция 0,25—0,1 мм, наоборот, часто отсутствует в глинах и карбонатных породах или встречается в незначительных количествах.

Из 3 фракций в пределах 0,25—0,01 мм наиболее пригодной для массовых минералогических исследований мелкопесчаных и алевритовых пород является крупноалевритовая фракция (0,10—0,05 мм). Наряду с ней для характеристики состава легких минералов песков и песчаников желательнее анализировать и мелкопесчаную (0,25—0,10 мм) фракцию.

Рижский институт геологии  
Геологического Комитета СССР

### ЛИТЕРАТУРА

- Авдусин П. П., Батурин В. П., Опыт методики исследования механических осадков. Труды Азерб. НИИ, 1930.
- Батурин В. П., Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам, 1947.
- Дистанов У. Г., О некоторых вопросах методики иммерсионных исследований терригенной части осадочных горных пород. Записки Всес. мин. о-ва, ч. LXXXV, № 2, 1956.
- Дистанов У. Г., К вопросу о выборе размерных фракций для минералогических анализов. ДАН, том. 91, № 3, 1953.
- Коперина В. В., К вопросу о единой методике минералогического анализа терригенной части осадочных пород. Сб. «К вопросу о состоянии науки об осадочных породах», 1951.
- Лиепиньш П. П., Об унифицированной субрегиональной схеме стратиграфии девона и карбона северо-запада Русской платформы. Изв. АН Латв. ССР, 1964.
- Логвиненко Н. В., Некоторые вопросы минералогии и петрографии осадочных пород. Записки Всес. мин. о-ва, ч. 77, в. 3, 1948.
- Пустовалов Л. В., Кашкай М. А. и др., О методике лабораторного исследования и о классификации и номенклатуре осадочных пород. Изв. Азерб. фил. АН СССР, № 11, 1944.
- Пустовалов Л. В., Султанов А. Д., О распределении тяжелых минералов по типам пород продуктивной толщи Прикуринской низменности. ДАН СССР, т. 52, № 2, 1946.
- Пустовалов Л. В., Султанов А. Д., О сопряженности гранулометрического, минералогического и химического состава пород продуктивной толщи Прикуринской низменности. ДАН СССР, т. 52, № 3, 1946.
- Саркисян С. Г., Петрографо-минералогические исследования верхнепермских и триасовых пестроцветных отложений Приуралья, 1949.

# KARBONI SETETE TERRIGEENSE KOMPONENDI UURIMISE METOODIKAST POOLA-LEEDU NÕO LOODEOSAS

E. Lauenkraptša

## Resümee

Karboni terrigeensete setete mineraloogilise koostise iseloomustamiseks sobiva granulomeetrilise fraktsiooni määramiseks analüüsiti karboni setteid Poola-Leedu nõo loodeosas (Läti NSV territooriumil). Karboni terrigeensed setted on siin peeneteralised. Mineraloogiliselt koostiselt valdavad oligomiktised kvartslüüvad vähesel hulgal päevakivide ja vilkudega. Lüüvakas-aleuriitsed kivimid sisaldavad suuremal või vähemal hulgal karbonaate — dolomiiti, harvem kaltsiiti ja sideriiti.

Kolmest fraktsioonist vahemiku 0,25—0,01 mm piires osutus aleuriitide ja peeneteraliste lüüvade mineraloogilisel analüüsil kõige sobivamaks jämeda aleuriidi (0,1—0,05 mm) fraktsioon. Kergete mineraalide keskmise koostise iseloomustamisel lüüvades ja lüüvakivides on soovitatav analüüsida ka peene lüüva fraktsiooni (0,25—0,10 mm), mis annab sette keskmisele koostisele kõige lähedasema tulemuse.

Stratigraafiliste ülesannete lahendamisel tuleb eelistada fraktsiooni 0,1—0,05 mm, mis on rikkaim aktseessorsete mineraalide hulgal ja erimeilt ja mida on võimalik saada analüüsiks vajalikul hulgal ka lüüvakas-savikatest ja karbonaatsetest kivimitest.

NSVL Geoloogia Komitee  
Geoloogia Instituut (Riia).

# METHODS OF INVESTIGATING THE TERRIGENE CARBONIFEROUS DEPOSITS IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE POLISH-LITHUANIAN DEPRESSION

E. Lauenkrapcha

## Summary

Investigations of the carboniferous rocks in the north-western part of the Polish-Lithuanian depression (on Latvian territory) were carried out with the object of determining the most appropriate grain size for characterising the mineral content of the terrigene deposits.

The clastic rocks of this system are fine-grained and of mixed mineral content, more or less carbonate in type. Oligomikt

quartz sands predominate, with a slight admixture of feldspar and mica. The rock formations of sandy siltstone consist mainly of dolomite, to a lesser extent of calcite (mostly in the upper part of the profile) and, still more rarely, of siderite.

Of the three grain sizes between 0.25 and 0.01 mm, the 0.1—0.05 mm fraction may be regarded as being the most suitable for large-scale mineral investigations. In order to determine the average content of light minerals in the sands and sandstones, the 0.25—0.1 mm fraction, which gives the best approximates for the average composition of the deposit, should also be subjected to analysis.

For stratigraphical purposes, analysis of the 0.1—0.05 mm grain size must be preferred, as this fraction is the richest in accessory minerals, both in quantity and variety, while at the same time it is present in sufficient quantities in both the sandy-argillaceous and the carbonate rocks.

Riga Institute of Geology,  
Geological Committee of the U.S.S.R.

## К ВОПРОСУ ВЫЯВЛЕНИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ШВЯНТОЙСКОЙ И ТАРТУСКОЙ СВИТ ДЕВОНА ЛИТВЫ

В. Василяускас

В Литве, как и в других районах так называемого Главного девонского поля, границу между средним и верхним девонem приводят на основании изменения состава остатков панцирных рыб в средней части толщи пород типа древнего красного песчаника Великобритании и Гренландии. Соответственно эту толщу разделяют на две свиты: нижнюю (среднедевонскую) — тартускую и верхнюю (верхнедевонскую) — швянтойскую.

Разграничение швянтойской и тартуской свит и соответственно проведение границы между средним и верхним отделами девона связаны со значительными затруднениями. Остатки ихтиофауны в них встречаются довольно редко. Породы обеих свит внешне весьма сходны. Однако в последнее время выявилась некоторая возможность различения пород указанных свит по составам аксессуарных («тяжелых») минералов (В. Т. Белоусова, 1948; Х. Вийдинг, 1962; Э. Лауэнкрапча, 1960; В. Василяускас, 1962).

Мы попытались выяснить различия в составах породобразующих («легких») терригенных минералов швянтойской и тартуской свит. Качественные различия не были обнаружены. В обеих свитах преобладают: кварц, обломки кварцитов, ортоклаз, мусковит, биотит, гидрослюда. В виде единичных зерен встречаются микроклин, альбит, обломки панцирных рыб и лингул, сложенные фосфатами типа коллофана и даллита, а также другие минералы, преимущественно аксессуарные.

Количество основных породобразующих минералов, которые подсчитываются в иммерсионных препаратах в процентах от 200—300 зерен, колеблется по разрезам обеих свит довольно закономерно и в широких пределах. Однако при сравнении минеральных составов узкой гранулометрической фракции —

0,25—0,1 мм,<sup>1</sup> которая выделялась из пород различного гранулометрического состава, выявились некоторые закономерности.

Минералогический состав мелкопесчаных фракций пород зависит от гранулометрии. Первоначально мы это обнаружили в отношении слюд. В системе координат на оси абсцисс отложили суммарные количества частиц размером  $> 0,1$  мм в породах. На оси ординат — количество слюд в % от суммарного количества аллотигенных минералов в мелкопесчаной фракции (0,25—0,1 мм).

По графику (рис. 1.) видно, что количество слюд увеличивается от пород, в которых зерна размером  $> 0,1$  мм преобладают, к породам, в которых они составляют ничтожную часть. Гравелиты и другие породы, в составе которых в значительном количестве имеются зерна размером  $> 1$  мм, среди рассматриваемых пород отсутствуют. Поэтому график отображает увеличение количества слюд в переходе от песков и песчаников к глинам и мергелям.

Это изменение в швантойской свите проявляется в меньшей степени, чем в тартуской. Таким образом, наряду с зависимостью количества слюд от гранулометрического состава пород, также наблюдается и их зависимость от положения породы в разрезе (возраста). Последняя может служить для минералогической характеристики свит. Однако эта закономерность отразится не на обычных кривых выражения минералогического состава пород по разрезам, в которых на оси абсцисс отлагаются количества минералов в %, а на оси ординат глубины взятия проб. Колебания количества слюд от гранулометрии имеют большую амплитуду и ее затушевывают.

Мы попытались выяснить, насколько зависит от гранулометрического состава пород содержание в их мелкопесчаной фракции других пороодообразующих минералов: устойчивых к химическому выветриванию (кварца и обломков кварцитов) и полевых шпатов (ортоклаза, микроклина и альбита). Для этого распределили исследованные образцы на 10 групп по содержанию в них терригенных зерен размером  $> 0,1$  мм. В первую группу были включены пробы, содержащие упомянутые зерна в количестве 100—87,5% от веса образцов. В следующие — соответственно, породы с содержанием зерен  $> 0,1$  мм: 87,5—77,5; 77,5—64,0; 64,0—47,5; 47,5—32,5; 32,5—17,5; 17,5—10,5;

---

<sup>1</sup> Мелкопесчаная фракция для сравнения минералогического состава пород была выбрана по следующим соображениям: 1) Она присутствует в преобладающем числе пород швантойской и тартуской свит. 2) В ней встречается больше терригенных пороодообразующих минералов по сравнению с более крупными размерными фракциями. 3) Минералогический состав этой фракции более близок к первоначальному по сравнению с более мелкими размерными фракциями (благодаря меньшей удельной поверхности зерен они менее подвергались внутрислойному растворению в эпигенезе).

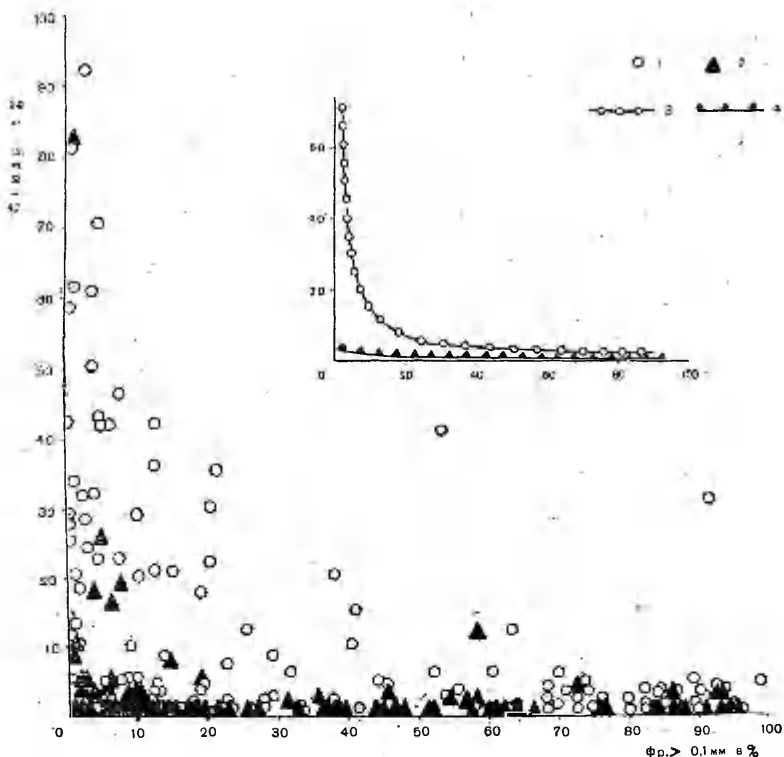


Рис. 1. Изменение количества слюд мелкопесчаных фракций (0,25—0,1 мм) пород швянтуйской и тартуской свит девона Литвы в зависимости от содержания в них терригенных зерен размером  $>0,1$  мм (песчаных): 1 — образцы пород тартуской свиты, 2 — образцы пород швянтуйской свиты, 3 — изменение средних содержаний слюд в тартуской свите в зависимости от гранулометрии пород, 4 — изменение средних содержаний слюд в швянтуйской свите, в зависимости от гранулометрии пород.

10,5—5,5; 5,5—1,25 и 1,25—0,0%. Основанием для такого распределения проб послужила их естественная группировка (рис. 1). Каждую группу составили 15—25 проб.

В последующем мы отдельно для каждой группы высчитали средние содержания основных терригенных породообразующих минералов (таблица 1). В них выявилась явная зависимость минералогического состава от гранулометрии. Однако последняя в некоторой степени может быть обусловлена зависимостью количества слюд от гранулометрии, поскольку, как известно, при выражении количеств компонентов в % от их суммы эти количества связываются между собой.

Желая избежать влияния колебаний количеств слюд, мы

Таблица I  
Средние содержания терригенных породобразующих минералов мелкопесчаных фракций (0,25-0,1 мм) и гранулометрических групп пород швянгойской и таргуской свит девона Литвы

	Группы пород с содержанием песчаных фракций (>0,1 мм) в									
	Пески и песчанки					Глины и мергели				
Минералы	100— 87,5%	87,5— 77,5%	77,5— 64,0%	64,0— 47,5%	47,5— 32,5%	32,5— 17,5%	17,5— 10,5%	10,5— 5,5%	5,5— 1,25%	1,25— 0,0%
Кварц и обломки кварцита	90,3	87,3	85,4	84,6	81,5	71,3	68,2	69,4	57,2	53,1
Полевые шпаты	8,4	9,7	12,9	12,2	15,6	22,6	17,5	17,0	17,6	18,9
Слюды	1,3	2,4	1,7	3,2	3,4	6,1	14,3	13,6	25,2	28,0

Таблица II

Средние содержания устойчивых минералов (кварца, обломков кварцитов) и полевых шпатов мелкопесчаных фракций (0,25—0,1 мм) в гранулометрических группах пород швантойской и гаргуской свит девона Литвы (выявлены из количеств этих минералов, подсчитанных в % от их суммы)

Минералы	Пески и песчанники									
	Группы пород, г. содержания полевых фракций (> 0,1 мм) в									
	100— 87,5%	87,5— 77,5%	77,5— 64,0%	64,0— 47,5%	47,5— 32,5%	32,5— 17,5%	17,5— 10,5%	10,5— 5,5%	5,5— 1,25%	1,25— 0,0%
Кварц и обломки кварцита	91,3	89,7	87,1	84,6	74,2	76,0	79,1	73,1	71,4	
Полевые шпаты	8,7	10,3	12,9	15,0	25,8	24,0	20,8	26,9	28,6	

высчитали в каждой пробе содержания устойчивых минералов и полевых шпатов от их суммы, затем подсчитали средние содержания этих минералов в тех же группах пород, как и в предыдущем подсчете. Изменения количеств этих минералов от гранулометрии получились примерно такие же, как и в первом случае (таблица II). Выяснилось, что подсчет терригенных минералов легких фракций без учета слюд дает также результаты, зависящие от гранулометрического состава.

Вычисление так называемого коэффициента мономинеральности не освобождает результаты исследования от влияния гранулометрии. Этот коэффициент является соотношением суммарных количеств устойчивых и неустойчивых к химическому выветриванию минералов, содержания которых зависят от гранулометрического состава.

Для выявления изменений количеств терригенных породообразующих минералов независимо от гранулометрии (в том числе в корреляционном и палеогеографическом отношении важных изменений от климата и тектонического режима областей сноса швянтойского и тартуского времен), можно пользоваться отклонениями количеств этих минералов от их средних содержаний. Для этого первоначально следует высчитать средние содержания минералов в группах пород, имеющих близкий гранулометрический состав. Затем — высчитать величины отклонений количеств минералов в каждой отдельно взятой пробе от средних их содержаний в группе, к которой рассматриваемая порода приближается по своему гранулометрическому составу.

Мы высчитали отклонения от средних содержаний минералов в породах тартуской и швянтойской свит. Проанализированные пробы были разделены по гранулометрическим группам согласно I таблице. Результаты этих вычислений сведены на рисунке 2 в виде кривых, которые строились обычным способом, применяемым для корреляции. На графике выяснились некоторые особенности минералогического состава свит, которые могут применяться для корреляции разрезов и палеогеографических реконструкций.

В швянтойской свите почти повсеместно были обнаружены положительные отклонения от средних содержаний устойчивых минералов и отрицательные от средних содержаний полевых шпатов и слюд. Повышенные содержания слюд и полевых шпатов характерны для некоторых частей разреза тартуской свиты, что выражено в отрицательных отклонениях кварца в них. Эти участки разрезов, по всей вероятности, могут быть параллелизованы по возрасту.

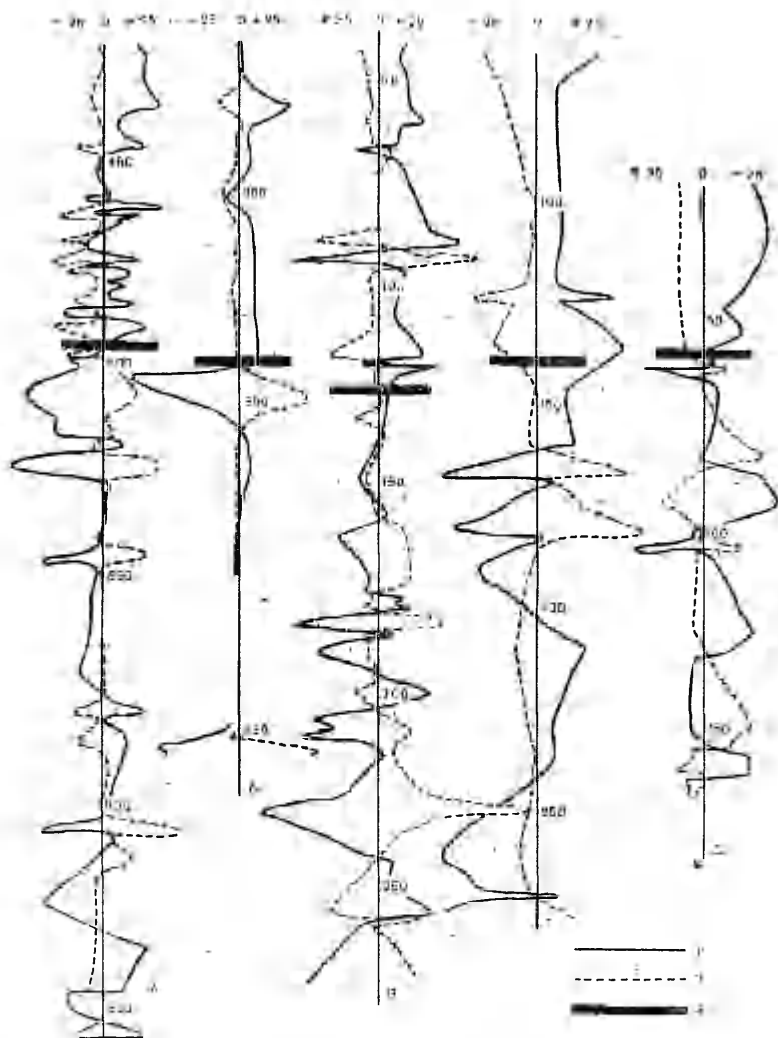


Рис. 2. Кривые изменения отклонений от средних содержаний устойчивых минералов (кварца и обломков кварцита) и слюд по разрезам швянтюйской и тартуской свит девона Литвы. А — Скуодас; Б — Стацюнай; В — Паровея; Г — Крякянава; Д — Укмярге. 1 — отклонения от средних содержаний устойчивых минералов, 2 — слюд, 3 — предполагаемая граница швянтюйской и тартуской свит.

## Выводы

1. Минералогический состав мелкопесчаных фракций (0,25—0,1 мм) пород швянтойской и тартуской свит девона Литвы зависит от их гранулометрического состава.

2. Кривые отклонения от средних содержаний минералов целесообразно использовать для корреляции разрезов этих свит и выявления их минералогического состава.

Вильнюсский государственный  
научно-исследовательский инсти-  
тут строительных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Белюсова В. Т., Стратиграфия и литология среднедевонских отложений Ленинградской области и Прибалтики. Рукопись. Фонды ВНИГРИ. Ленинград, 1948.
- Василяускас В. М., О возможности сопоставления разрезов среднего и нижнего девона Литвы по минеральным компонентам. Доклад на совещании по стратиграфии и палеогеографии девона Прибалтики, состоявшемся в г. Вильнюс 15 мая 1962 г.
- Вийдинг Х., О литологии и минералогии песчано-алевритовых отложений девона в Эстонской ССР. Доклад на совещании по стратиграфии и палеогеографии девона Прибалтики, состоявшемся в г. Вильнюс 15 мая 1962 г.
- Лауэнкрапча Э., Петрографически-минералогическая характеристика гауйской и аматской свит верхнего девона в западной части Латвийской ССР. Труды Института геологии и полезных ископаемых Академии Наук Латвийской ССР, т. V, 1960.

## ŠVĀNTOI JA TARTU KIHISTU MINERALOOGILISE KOOSSEISU MÄÄRAMISEST LEEDU DEVONIS

V. Vasiliauskas

Resümee

Leedu devoni švāntoi ja tartu kihistu mineraloogilises koostises on kindlaks tehtud olulised muutused, mis sõltuvad sette granulomeetriast.

Päevakivide ja vilgu hulk peene liiva fraktsioonis (0,25—0,10 mm) suureneb liivade üleminekul savideks. Vastavalt sellele väheneb porumise suhtes püsivate mineraalide — kvartsi ja kvartsiiditerakeste hulk.

Kihistute mineraloogilise koostise erinevused ilmnevad märgitud mineraalide sisalduste kõrvalekalletes keskmistest sisaldustest.

Vilniuse Riiklik Ehitusmaterjalide  
Teadusliku Uurimise Instituut.

# ZUR FRAGE DER BESTIMMUNG DER MINERALISCHEN ZUSAMMENSETZUNG DER TARTU-UND ŠVENTOJI-SUITEN DES DEVONISCHEN OLD-REDS LITAUENS

V. Vasiliauskas

## Zusammenfassung

Der Verfasser stellte in den Tartu — und Šventoji — Suiten des devonischen Old-Reds Litauens in der mineralischen Zusammensetzung der Gesteine eine wesentliche Veränderung fest, die von ihrem granulometrischen Bestand abhängt. Die Quantität der Feldspate und der Mikas im dünnsandigen Teile (0,25—0,10 mm) der Gesteine nimmt mit dem Übergang vom Sand zum Ton zu. Dementsprechend vermindert sich die Menge der gegen chemische Verwitterung widerstandsfähigen Minerale — Quarz und Quarzitkörner.

Der Unterschied in der mineralischen Zusammensetzung der beide Suiten tritt in der Abweichung der durchschnittlichen Quantität der erwähnten Minerale hervor.

Staatliches Institut zur  
wissenschaftlicher Erforschung  
von Baumaterialien zu Wilnius

## КОЛЕБАНИЯ ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕСЧАНИКОВ ДЕВОНА ЭСТОНИИ НА ФОНЕ КОСОСЛОИСТОЙ ТЕКСТУРЫ

Ю. Паап

Терригенные отложения девона Эстонии представлены в основном косослоистыми песчаниками. Косая слоистость является наиболее общим текстурным признаком всех песчано-алевритовых пород девона. В косослоистой текстуре отражаются неравномерность и прерывистость осадконакопления, обуславливающие в отложениях неравномерное распределение обломочного материала разной крупности и разного минералогического состава. Неравномерности эти обнаруживаются уже при макроскопическом изучении пород в обнажениях. Различаются между собой косослоистые серии, а также отмечаются некоторые различия гранулометрического и минералогического состава внутри косослоистых серий.

Специальных исследований, выясняющих степень и характер дифференциации терригенного материала внутри серии косослоистых песчаников разных генетических типов, к сожалению, еще не проведено.

Соответствующие исследования представляют несомненный интерес не только с теоретической (условия и динамика среды осадконакопления), но и с методической точки зрения (выбор способа отбора проб).

Цель настоящей статьи — на основе скромного конкретного материала дать предварительную количественную и качественную оценку колебаниям гранулометрического и минералогического состава на фоне косослоистой текстуры средне- и верхнедевонских песчаников Эстонии.

Материал для сравнительного анализа собран из 14 обнажений среднего и верхнего девона в Южной и Восточной Эстонии. Всего отобрано 84 пробы из 28 косослоистых серий. В арукюласких слоях ( $D_{2ag}$ ) опробовано 7 серий, в буртниеких слоях ( $D_{2br}$ ) 9 серий, в гауяских слоях ( $D_{3gj}$ ) 9 серий и в аматских слоях ( $D_{3am}$ ) 3 серии. Из каждой опробованной серии взято

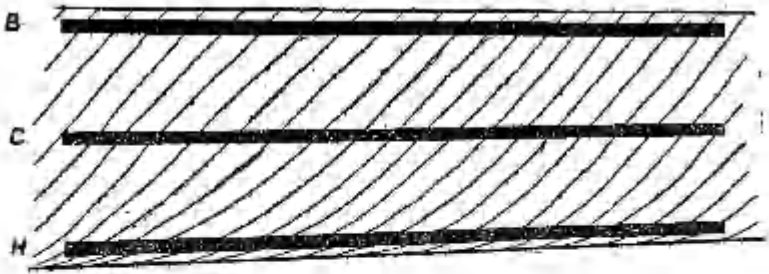


Рис. 1. Расположение борозд опробования относительно серийных швов. Длина борозд 100 см, ширина 1,5—2 см. Верхняя и нижняя борозды расположены на 1 см от серийного шва.

по 3 пробы горизонтальным бороздовым способом (рис. 1). Метод параллельных борозд применен с целью избежать случайностей и получить среднюю для определенного уровня в серии пробу. При принятой длине борозд различия в составах разных слоев сглаживаются, из-за чего не обязательно выдерживать принцип опробования одних и тех же слоев.

Гранулометрически проанализированы с выделением тяжелой фракции все пробы. Минералогически проанализировано 45 проб, т. е. 15 серий. В статье приводятся данные об анализах тяжелых минералов, представляющих наибольший интерес как с теоретической, так и практической точек зрения.

Гранулометрическому анализу подвергнута навеска весом 50 г. Фракция диаметром зерна ниже 0,01 мм, которая дальнейшему анализу не подвергалась, выделена отмучиванием. Дальше выделены на ситах фракции 0,01—0,1 мм, 0,1—0,25 мм, 0,25—0,5 мм, 0,5—1,0 мм, 1,0—2,0 мм и > 2,0 мм. Тяжелые минералы выделены из алевритовой и частично из мелкопесчаной фракции в тяжелой жидкости с удельным весом 2,89.

Гранулометрический состав исследованных песков колеблется в весьма широких пределах. Но все же для каждого горизонта можно наметить свое поле (Х. Вийдинг, 1962). Как видно на графиках среднего гранулометрического состава (рис. 2), терригенные отложения среднего и верхнего девона между собой отличаются более существенно, чем породы отдельных горизонтов и слоев в пределах отдела.

Во всех слоях в нижней части серии увеличивается содержание глинистого и мелкозернистого материала. Внизу наблюдается также максимум зерен с диаметром более 0,5 мм, т. е. крупно- и грубозернистого материала.

Разница между верхней и нижней частью серии для глинистых фракций порядка 1—1,2%, для алевритной от 1—1,5%

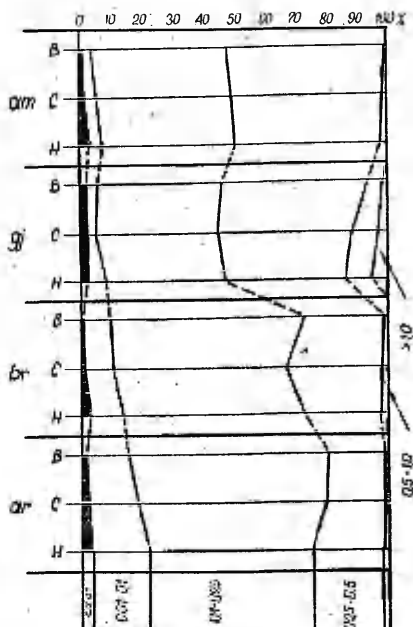


Рис. 2. Средний гранулометрический состав косослоистых песчаников по горизонтам (слоям) и уровням серий. н — нижняя, с — средняя, в — верхняя часть серии.

( $D_{3gj}$  и  $D_{3am}$ ) до 3,3% ( $D_{2ar}$ ). Вышеприведенные цифры не являются результатом каких-нибудь экстремальных отклонений от среднего, но характерны для большинства проб. Только 9% из анализированных проб показали повышенное содержание глинистой и мелкозернистой фракции в середине или наверху, и то в пределах лабораторной ошибки.

Вышеизложенные данные не согласуются полностью с положениями общей теории турбулентного течения (Имшенетский, 1959, и др.), а также с данными экспериментальных работ, проведенных в лабораторных условиях (Вейхер, 1948; Разумихин, 1959). Глинистый материал, поднятый турбулентными потоками, должен концентрироваться в средней или даже ближе к верхней части серии. Дать ясное объяснение вышеотмеченного отклонения в косослоистых сериях девонских песчаников по исследованным материалам затруднительно. Можно лишь предполагать, что мельчайшие частицы, поднятые при отложении турбулентными потоками и осажденные в верхней части серии, после выпадения в осадок некоторое время продолжают движение по интергранулярным пустотам.

Накопление крупной фракции в подошве серии согласуется с теоретическими соображениями и не требует подробного обоснования. Отметим лишь, что эта закономерность весьма отчет-

ливо выступает в гауяских слоях, где песчаники иногда содержат значительную примесь крупно- и грубозернистого песка.

Различия в распределении обломочного материала в пределах косослоистых серий выявляются и в относительном содержании тяжелых минералов. Естественно думать, что изменению гранулометрического состава сопутствуют определенные изменения минералогического состава, в том числе и содержания тяжелой фракции. Однако эти взаимосвязи оказываются на деле более сложными и далеко не всегда отчетливыми.

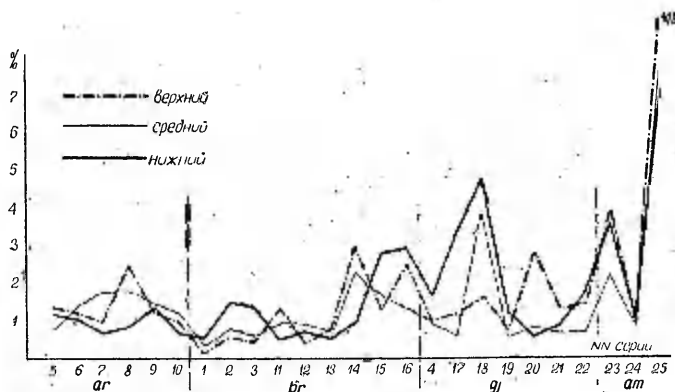


Рис. 3. Содержание тяжелых минералов в сериях.

Приведенные ниже данные о выходе тяжелой фракции относятся только к алевритовой фракции, которая подвергалась разделению в тяжелой жидкости. Выход тяжелой фракции в отдельных сериях изображен на графике рис. 3. На рис. 4 иллюстрируется среднее содержание тяжелых минералов по отдельным слоям. В общем выявляется тенденция возрастания среднего содержания тяжелой фракции в алевритовой фракции вверх по разрезу, что согласуется с соответствующим увеличением средней зернистости (за исключением песчаников D<sub>3</sub>at). Такая же зависимость наблюдается в отдельных слоях. Например, в буртниекских слоях в сериях 14, 15 и 16 (рис. 3), где песчаник более крупнозернистый, выход тяжелой фракции доходит до 3% при среднем выходе в других сериях этого горизонта около 1%. При дешифровке полученных данных выхода тяжелых минералов нельзя не учесть в них разную роль аутигенных минералов. Относительное содержание последних в песчаниках верхнего девона в 1,5—2 раза меньше, чем в среднедевонских песчаниках. Кроме того, до 40% тяжелой фракции некоторых проб арукюласких слоев составляют зерна кварца,

покрытые густой пленкой гидроокислов железа. Если в тяжелой фракции учитывать только аллотигенные минералы, то в более крупнозернистых песчаниках больший выход тяжелой фракции окажется закономерным.

Количество тяжелых минералов на разных уровнях одной и той же серии подвергается значительным колебаниям (рис. 3).

Различия в содержании тяжелых минералов между разными уровнями серии иногда довольно значительны, достигая значений до 340% (напр. серия 14, рис. 3).

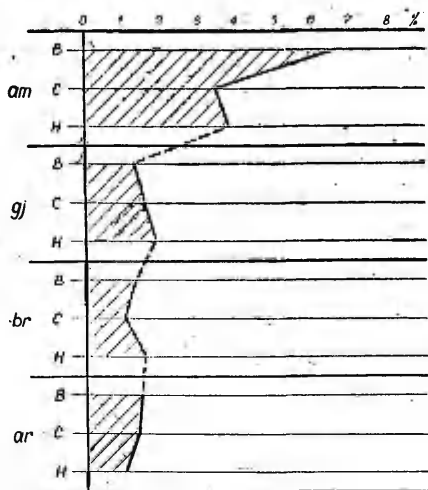


Рис. 4. Среднее содержание тяжелых минералов в сериях различных слоев девона.

Вопреки теоретическим предположениям, максимум тяжелой фракции далеко не всегда приурочен к нижней части серии. Значительное скопление тяжелых минералов в кровле серии во многих случаях объясняется здесь более интенсивным аутигенным минералообразованием (напр. гидроокислы железа в арукюласких песчаниках). Но кроме того, по-видимому, немаловажную роль играет и динамика среды осадконакопления, оформляющая разные типы косої слоистости. В пользу этого говорят максимумы выхода тяжелой фракции в верхней части косо-слоистых серий в аматских песчаниках, в которых содержание аутигенных минералов незначительное.

Нужно отметить, что наряду с колебаниями содержания тяжелой фракции внутри серии отмечаются такие же отклонения и между смежными, макролитологически ни в чем не различающимися сериями.

Наряду с анализом выхода тяжелых минералов из алевритовой фракции проб из двух серий была выделена тяжелая

фракция в интервале 0,1—0,25 мм. В этом гранулометрическом интервале содержание тяжелых минералов резко убывает. Общее относительное количество тяжелых минералов в 6—10 раз меньше, чем в алевритовой фракции, и не превышает 0,15%. Различия в среднем содержании между разными уровнями серии или не отмечаются, или находятся в пределах лабораторной ошибки.

Тяжелые минералы исследовались и определялись в 15 сериях ( $D_{2ar}$  — 3 серии;  $D_{2br}$  — 5;  $D_{3gj}$  — 4 и  $D_{3am}$  — 3 серии).

Хотя алевритовая фракция наиболее богата минеральными видами, все же круг встречаемых минералов в исследованных пробах ограничен и однообразен. Из аллотигенных минералов встречаются ильменит и магнетит, циркон, турмалин, ставролит, гранаты, апатит, рутил, дистен, реже монацит, ксенотим, сфен, брукит, анатаз, андалузит, силлиманит, корунд и др. Аутигенные минералы представлены гидроокислами железа, лейкоксеном, хлоритом, редко встречаются анатаз и карбонаты. Иногда в значительном количестве присутствуют слюды.

Соотношение аутигенных и аллотигенных минералов в исследованных пробах колеблется в значительных пределах как по разрезу, так и внутри серии. Наименьшее содержание аутигенных минералов — 18,7%, наибольшее — 70,8%.

Средние соотношения аутигенных и аллотигенных минералов по исследованным горизонтам и по уровням косослоистых серий иллюстрирует рис. 5. Выход слюд, накопление и поведение которых подчиняется особым закономерностям, показан отдельно. Распределение аутигенных минералов в сериях показано на графике рис. 6. Оказывается, что в интенсивно окрашенных песчаниках арукюласких и буртниекских слоев среднее относитель-

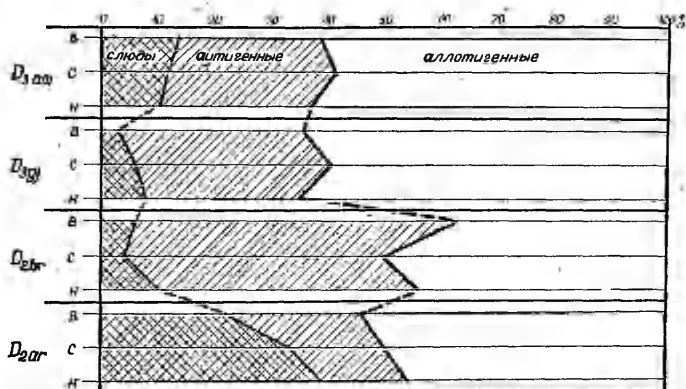


Рис. 5. Соотношение аутигенных и аллотигенных минералов в косослоистых сериях девона.

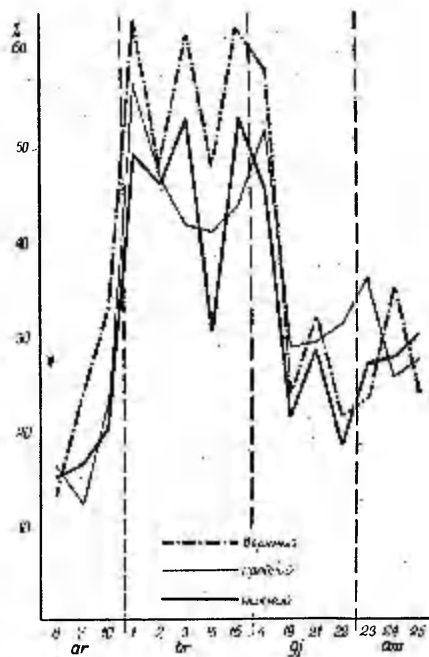


Рис. 6. Содержание аутигенных минералов по косослойным сериям.

ное содержание аутигенных минералов значительно больше, чем в слабо окрашенных породах верхнего девона. В среднедевонских песчаниках среднее количество аутигенных минералов превышает 50%. В верхнем девоне оно не достигает 30%. Слюды локализируются в большинстве случаев, как это видно на сводной диаграмме (рис. 5), в нижней части серии. Зато в кровле серии всегда намечается возрастание количества гидроокислов железа и лейкоксена. Относительное количество слюд в подошве серии, по сравнению с кровлей, может многократно, редко до 10-кратно увеличиваться. Соответствующие разницы в количествах гидроокислов железа и лейкоксена несколько меньше.

Определенным изменениям и колебаниям подвергается и ассоциация аллотигенных минералов.

Селективная приуроченность аллотигенных минералов с определенными свойствами (удельный вес, форма) к разным уровням косослойной серии представляет для нас первостепенный интерес, так как она функционально связана с условиями образования косослойных песчаников.

Сводные данные о соотношении аллотигенных минералов приведены на графике рис. 7. Во всех пробах преобладают руд-

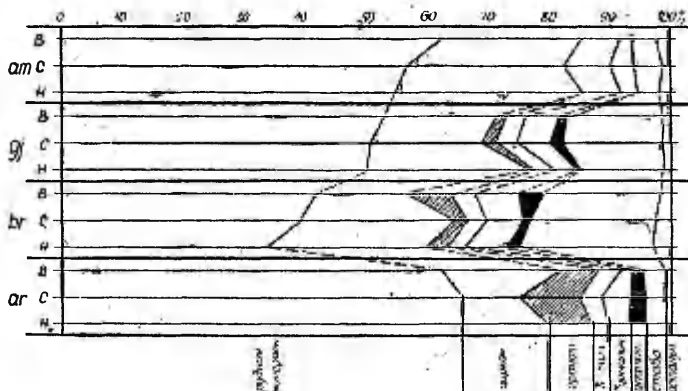


Рис. 7. Средний состав аллотигенных минералов по косо-  
слоистым сериям.

ные минералы — ильменит и магнетит, содержание которых обычно превышает 50%. Во всех слоях, кроме арукюласких, количество рудных минералов достигает максимума в верхней части серии.

Большой интерес представляет и поведение циркона, который присутствует в значительном количестве во всех опробованных нами горизонтах.

Как видно на графике (рис. 7), изменение процентуального содержания циркона противоположно рудным минералам. Исключение составляют опять арукюлаские слои, в косо-слоистых сериях которых наверху относительное количество циркона немного больше, чем внизу. Рис. 8, где нанесены процентуальные содержания циркона по разным уровням опробованных косо-слоистых серий, иллюстрирует довольно резкие колебания. Оказывается, что процентуальные цифры, полученные для циркона по анализам проб песчаника из разных уровней одной и той же серии, могут между собой до 2—3-кратно отличаться.

Селективное распределение других аллотигенных минералов в сериях не выступает так отчетливо, хотя колебания их содержаний внутри серий по амплитуде не уступают проанализированным выше.

Ассоциация тяжелых минералов в следующем гранулометрическом интервале — 0,1—0,25 мм — значительно беднее и однообразнее. Многие типичные аллотигенные минералы (рутил, иногда и циркон) представлены здесь лишь несколькими зернами или же отсутствуют вовсе. Увеличивается роль аутигенных минералов, а также слюд. Вышеизложенные закономерности в этой фракции не прослеживаются с достаточной чет-

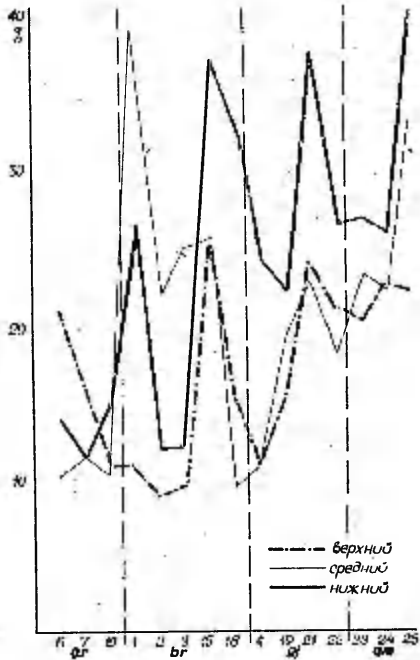


Рис. 8. Содержание циркона в сериях (проценты из общего количества аллотигенных минералов).

костью. Тем не менее, для получения полного представления об изменениях и колебаниях минералогического состава, сопровождающих текстурные особенности породы, в дальнейшем необходимо подвергать тщательному минералогическому анализу все выделенные гранулометрические интервалы и определять валовой минералогический состав песчаников.

Нужно подчеркнуть, что колебания относительных количеств отдельных тяжелых минералов, служащих обычно минералогическими критериями для стратификации и корреляции разрезов, при сильной изменчивости выхода тяжелой фракции не могут дать правильного представления об изменениях абсолютных количеств соответствующих минералов. Можно предполагать, что при учете количеств отдельных тяжелых минералов, выраженных в процентах ко всей породе или гранулометрической фракции, закономерности распределения минералов, охарактеризованных выше, выступают более отчетливо.

Изложенные выше результаты, полученные на односторонней проработке скромного фактического материала, все же позволяют дать некоторый ответ на выдвинутый вопрос о степени и характере колебаний гранулометрического и минералогического состава внутри косослоистой текстуры девонских песчаников Эстонии.

Из полученных результатов вытекает существенный вывод для методики минералогических исследований косослоистых терригенных пород. Оказывается, что пробы, взятые в обнажении или в керне точечным (штуфным) методом, не могут достоверно охарактеризовать весь комплекс, хотя и имеющий макролитологически одинаковый облик. Точечная проба не дает правильного представления ни о составе породы, ни серии, а отклоняется от некоторого среднего, действительно характерного для данного комплекса отложений. Эти неоднородности, как уже отмечено, обусловлены сложностью дифференциации терригенных компонентов при накоплении косослоистых отложений. Можно предполагать, что селективная приуроченность отдельных аллотигенных минералов к определенным уровням осложняется в ходе диа- и эпигенетических процессов.

Диagenетические процессы, вызывающие изменение терригенных минералов и образование аутигенных, текут по различным уровням серии с различной интенсивностью. Отражением этих процессов являются колебания в распределении аутигенных минералов, и, возможно, также некоторые сдвиги в гранулометрическом спектре.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Вейхер А. А. Опыт изучения осадкообразования в турбулентном потоке. Литол. сб., I, 1948.
- Вейхер А. А. Предварительное сообщение о результатах наблюдения осадкообразования в речном русле. Литол. сб., II, 1948.
- Вийдинг Х. А. Некоторые данные о минералогическом составе песчаников среднего девона Эстонии. Труды Инст. геол. АН Эст. ССР, X, 1962.
- Имшенетский А. И. О концентрации тяжелых минералов в аллювии по данным экспериментальных работ. Сов. геол., № 7, 1959.
- Разумихин Н. В. Экспериментальные данные о распределении тяжелых минералов в русловом аллювии. Вестник Ленингр. ун-та, № 12, 1959.

### EESTI DEVONI LIIVAKIVIDE LITOLOOGILIS-MINERALOOGILISE KOOSTISE KÕIKUMISED PÕMKIHILISE TEKSTUURI FOONIL

U. Paap

Resümee

Devoni liivakivide põimkihiliste seeriaste piires võib täheldada kõikumisi nii granulomeetrilises kui ka mineraloogilises koostises. Aruküla ( $D_{2ar}$ ), burtnieki ( $D_{2br}$ ), gauja ( $D_{3gj}$ ) ja amata ( $D_{3am}$ ) kihtide põimkihilistest seeriastest koguti proovid horisontaalsete vagude meetodil. Igast seeriast võeti 3 proovi: ülemisest,

keskmisest ja alumisest tasemest. Analüüside andmed näitavad, et seeria alumises osas on savika ja aleuriidilise materjali sisaldus suurim. Samuti asub all üle 0,5 mm läbimõõduga terade maksimum. Aleuriidilise fraktsiooni rasked mineraalid jaotuvad seeria eri tasemetel ebaühtlaselt, kusjuures raskete mineraalide sisalduse erinevus võib ulatuda 340%-ni.

Samuti muutub seeria piires mineraloogiline koostis. Vilgud koonduvad enamasti seeria alumisse ossa, ületades sisalduse ülemisel tasemel üksikjuhtudel kuni kümnekordselt. Seeria ülemises osas asub tavaliselt autigeensete mineraalide (Fe-hüdroksiidid, leukokseen) maksimum. Muutlik on seeria piires ka allotigeensete raskete mineraalide suhteline sisaldus. Näiteks kõigub tsirkooni suhteline hulk seeria eri tasemetel 2—3 korda, granaadil kuni 10 korda, apatiidil 10—15 korda jne.

Nendest andmetest järeldub, et põimkihilistest terrigeensetest setetest punktmeetodil võetud üksikud proovid ei iseloomusta kogu seeriat, veel vähem kogu settekompleksi. Mineraloogilistel analüüsidel, mida teostatakse settekomplekside korreleerimise ja stratifitseerimise eesmärgil, on otstarbekam vertikaalne vaoline proovimine.

## FLUCTUATIONS IN THE LITHOLOGICO-MINERALOGICAL COMPOSITION OF DEVONIAN SANDSTONES IN ESTONIA WITH REFERENCE TO THE OBLIQUE LAMINATION OF THE TEXTURE

U. Paap

### Summary

Fluctuations in both the granulometric and the mineralogical composition of the Devonian sandstones may be observed within the limits of each obliquely laminated series. Samples from obliquely laminated series of the Aruküla (D<sub>2ar</sub>), Burtniek (D<sub>2br</sub>), Gauja (D<sub>3gj</sub>) and Amata (D<sub>3am</sub>) strata were gathered by the horizontal-furrow method. Three samples were taken from the upper, middle and lower levels of each series. Analysis showed that the content of clayey and aleuritic material is greatest in the lower part of the series. Maximum counts for coarse grains exceeding 0.5 mm in diameter also belong to this region. The heavy minerals of the silt fraction are distributed unevenly through the different levels, and fluctuations in the proportion of heavy minerals may attain an amplitude of 340 per cent.

The mineralogical composition also varies within the limits of each series. The micas are mainly concentrated at the lower

levels, where the content may in certain cases be as much as ten times greater than that of the upper level. On the other hand, the maximum for the authigenous minerals (the ferrous hydroxides and leucoxene) usually falls in the upper level. The comparative proportion of the allothigenous heavy minerals may also fluctuate sharply within the limits of a given series. For example the zircon content may vary at different levels by 2—3 times, the garnet content by up to 10 times, and apatite by 10—15 times, etc.

These results make it clear that the method of taking lump samples from obliquely laminated terrigene deposits can yield no adequate characterisation of the series as a whole, still less of the entire sedimentary complex. For this reason vertical-bore samples should always be preferred when mineralogical analysis is carried out with the object of determining the correlation and stratification of complex alluvial deposits.

## О НЕКОТОРЫХ ДИА- И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЯХ В СРЕДНЕДЕВОНСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЭСТОНИИ

А. Тамме

Минералогический состав является одним из показателей, позволяющих сделать для древних осадков важные палеогеографические и стратиграфические выводы. При этом нужно учитывать, что материал, образующий терригенные обломочные породы, проходит длинную и сложную историю, начиная с выветривания исходных пород с последующей селективной сортировкой и изменениями во время транспортировки и осаднения, и кончая процессами диа- и эпигенеза. Многие исследователи пытались установить, какое влияние оказывает на конечный состав породы каждый из этих процессов и в какой мере минералогический состав терригенных отложений отражает характер материнских пород. Меньше всего изучена роль постседиментационных изменений.

Аутигенное минералообразование и факты растворения минералов при диа- и эпигенезе известны уже давно, но до последнего времени на эти явления смотрели как на исключения, которые существенно не влияют на вещественный состав терригенных отложений. В сороковых годах настоящего столетия многие зарубежные исследователи высказали мысль, что минералогический состав терригенных осадочных пород после седиментации подвергается глубокому преобразованию. Изменяется даже количественный и качественный состав тяжелой фракции. В 1941 году Ф. Петтиджон создал теорию о процессах выветривания при эпигенезе. Этот процесс, который он назвал «межпластовым растворением», может в некоторых случаях влиять на конечный состав больше, чем другие факторы (Pettijohn, 1957). М. Хиалд (Heald, 1955) вычислил, что из палеозойских терригенных отложений растворено в среднем 15% тяжелых минералов. Дальнейшее развитие эта теория нашла в работах А. Г. Коссовской и В. Д. Шутова (Коссовская, 1951, 1962; Коссовская и Шутов, 1956 (1), 1956 (2)), А. С. Запорожцевой (Запорожцева, 1960 (1), 1960 (2), 1960), А. Бевериджа (Beveridge,

1960), Л. Якобсена (Jacobseп, 1959) и других исследователей. Ими собран огромный материал и выяснены некоторые закономерности растворения и новообразования. Установлено, что эти процессы имеют влияние на исходный состав терригенных минералов не только в геосинклинальных, но и в платформенных областях. Но, к сожалению, условия происхождения и размах этих процессов не выяснены еще до конца. Нужно отметить, что в последнее время некоторые авторы придают постседиментационным явлениям крайне ничтожное значение (Andel, 1959; Ронов и др., 1963). В этой области предстоит большая работа. Чтобы выяснить сущность диа- и эпигенетических изменений, надо тщательно изучить связь их с другими геологическими явлениями и оценить эти явления точно, численно. До сих пор материал по этим вопросам часто представлен в чисто констатирующем виде. Этот недостаток относится и к наблюдениям в Эстонских среднедевонских породах.

Сравнительно детальным изучением подвергнулся в последнее время наравский горизонт. По литологическому составу этот горизонт очень разнообразен. Чередуются прослойки доломитов, домеритов,<sup>1</sup> алевролитов, песчаников и глин. Пестрым литологическим составом обусловлено и сложное протекание вторичных процессов. Последние отражаются как в составе цемента, так и в характере минералов легкой и тяжелой фракций. В общем минералогический состав терригенной части зависит от литологического типа пород (рис. 1). Но, кроме того, нередко изменения минералогического состава связаны с другими факторами. Закономерно, что во многих случаях более крупнозернистые песчаные породы содержат больше граната, а более мелкозернистые больше апатита. Это является результатом селективной сортировки при транспортировке. Но никак нельзя связать с сортировкой пониженное содержание апатита в терригенном остатке домеритов и доломитов. По законам сортировки ожидалось бы обратное явление.

Интересно отметить, что песчаники, содержащие мало граната, как правило, подстилаются карбонатными прослойками. При этом разведенные зерна граната (табл. I, фото 1—4) приурочены к песчаникам, связанным с карбонатными породами. В самих карбонатах такие зерна встречаются реже. Этот факт может служить критерием, позволяющим предполагать частичное растворение граната в вышеописанных песчаниках. Он подтверждается и тем, что в нерастворимом остатке доломитов и домеритов общее количество тяжелой фракции больше, чем в песчаниках; больше встречается и таких неустойчивых минералов как дистен, эпидот, цизит, амфиболы и пироксены. Алевролиты с карбонатным цементом и сходным гранулометриче-

<sup>1</sup> домерит — доломитовый мергель. Прим. редактора.

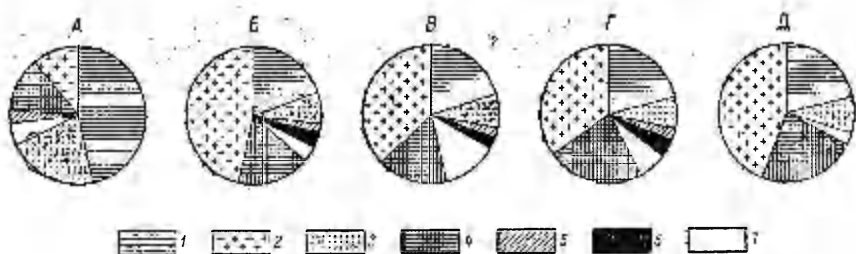


Рис. 1. Минералогический состав тяжелой фракции. А — алевролиты, Б — алевролиты с карбонатным цементом, В — домериты, Г — доломиты, Д — песчаники с карбонатным цементом; 1 — апатит, 2 — гранат, 3 — турмалин, 4 — циркон, 5 — рутил, 6 — корунд, 7 — остальные минералы.

ским составом занимают промежуточное положение. Из них некоторые по составу близки к домеритам, некоторые к алевролитам с глинистым цементом. Это позволяет предполагать, что явления растворения происходили, в основном, в стадии, когда карбонатные породы и часть алевролитов были уже сцементированы, играя роль водоупорных слоев (Шварц, 1960). В таком случае процесс цементации алевролитов совершался на различных этапах.

Своеобразные ямчатые и угловатые формы на поверхностях зерен граната были описаны уже давно. Сначала они описывались как формы роста, но в последнее время окончательно доказано их происхождение при растворении (Коссовская, 1962). Растворение гранатов по экспериментальным данным происходит в окислительной среде. В естественных условиях растворение граната сперва установили в терригенных осадках, связанных с угленосными комплексами (Логвиненко, 1957; Запорожцева, 1960). Потом А. Г. Коссовская, Ю. А. Коган, А. Беверидж и другие установили такие явления также среди карбонатных пород. Наблюдалось замещение граната каолинитом, карбонатом и хлоритом. По мнению А. Бевериджа и А. С. Запорожцевой в результате таких замещений породы обедняются гранатами.

Формы растворения гранатов кроме наровского горизонта наблюдаются в Эстонии еще в пярнуском горизонте и в низах арукюласких слоев. Выше по разрезу таких явлений не отмечали. Там нет и карбонатных прослоек. Зато в более высоких горизонтах, например, в гауяских слоях, появляются формы растворения ставролита и дистена (табл. I и II, фото 5—11). Можно предполагать, что растворение последних происходит в иной геохимической среде, чем растворение граната.

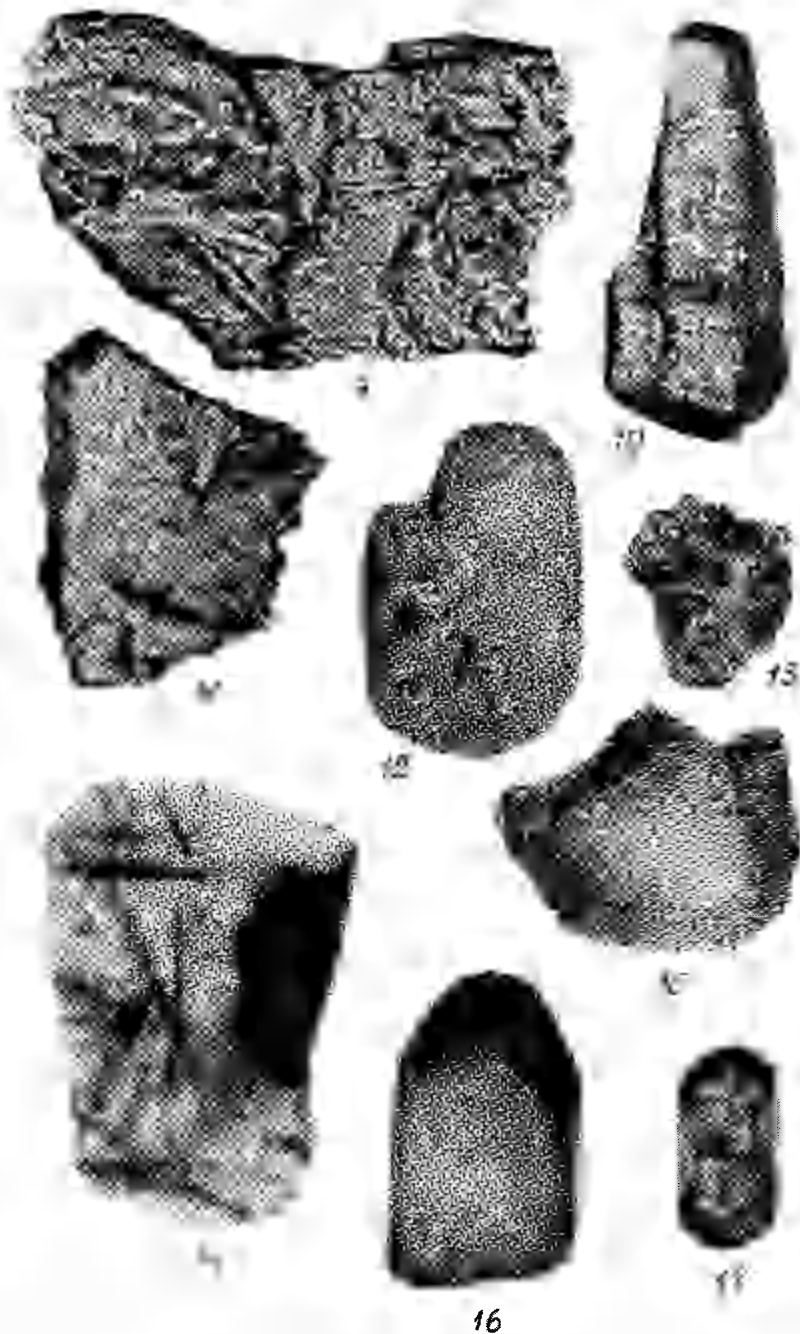
Поведение апатита в разных литологических типах пород не выяснено. Нередко при минералогических исследованиях терригенных компонентов карбонатных пород пробы обрабатываются соляной кислотой, что растворяет зерна апатита. Как показали наши опыты, апатит растворяется уже в обычной 5%-ной соляной кислоте, причем никаких конусов растворения не наблюдалось. Нами для учета апатита обработаны пробы раствором уксусной кислоты, в которой апатит не растворяется. Некоторые образцы вообще не разработаны в кислотах.

Большинство исследователей считают, что апатит в межпластовом растворении менее устойчив, чем гранат. Но как объяснить тогда небольшое количество апатита в карбонатных и обильное присутствие в песчаных породах наровского горизонта? Можно думать, что и в карбонатах происходило растворение апатита в иной, более благоприятной геохимической среде, которая существовала во время раннего диагенеза в карбонатных отложениях. На этот вопрос пока нет удовлетворительного ответа. Конусы растворения апатита наблюдались редко и только в песчаных породах (табл. II, фото 12—13).

Одним из интересных вопросов является сравнительное обогащение карбонатных пород корундом. По теоретическим данным корунд является одним из самых устойчивых минералов. Но, как уже отметил В. П. Батулин (1947), он в песках никогда не встречается вместе с устойчивой ассоциацией циркона, граната, турмалина и рутила, а, наоборот, часто концентрируется вместе с неустойчивыми компонентами. Материал наровского горизонта поддерживает это мнение, которое до сих пор нашло мало внимания. По-видимому, в песчаниках господствуют такие геохимические условия, при которых корунд неустойчив.

Широко развитым вторичным процессом в наровском горизонте является хлоритизация биотита. Можно предполагать, что это преобразование происходило в стадии диагенеза. Доказательством этого служит одновременное выделение кристалликов пирита, встречающихся включениями в новообразованном хлорите. Обычно эти включения позже окисливались. Диагенетический характер хлоритизации подчеркивается еще тем, что в карбонатных породах, где процессы диагенеза более интенсивны, хлорит более развит.

Возможно, что биотит был представлен разновидностями, богатыми титаном, дающим хлориты с сагенитовой структурой (табл. II, фото 14). Интересно, что такие хлориты, как правило, встречаются в песчаных прослойках, чередующихся с карбонатными породами. Обычно возникновение вторичных Ti-содержащих минералов связывается с наличием растительных остатков и окислительной среды (Ренгартен, 1955, 1956). В данном случае титанистые минералы связаны с карбонатами. Этот



16

Таблица II

- 9—11. Разъеденные зерна дистена из гауяского горизонта. Увелич. 200 раз.  
 12—13. Апатит с конусами растворения из нарвовского горизонта.  
 14. Хлорит с сагенитовой структурой из нарвовского горизонта.  
 15. Зерно кварца, окаймленное хлоритом (пярусский горизонт).  
 16—17. Циркон с зональным строением (гауяский горизонт). Увелич. 500 раз.

интересный факт требует еще дальнейшего объяснения. Может быть, здесь мы имеем дело с первичной сагенитовой структурой.

Геохимическая среда при эпигенетических процессах нарвского горизонта, по всей вероятности, была окислительная. Такой вывод подтверждается наличием регенерированных полевых шпатов. Они намечаются как в песчанистых, так и в карбонатных и глинистых карбонатных породах. В последних, по общепринятому мнению, регенерация полевых шпатов — крайне редкое явление.

Из других явлений, связанных с диа- и эпигенетическими процессами, можно отметить окаймление и разъедание кварца хлоритом (табл. II, фото 15), иногда и кальцитом, новообразования анатаза, иногда и рутила и турмалина. Возможно, что к ним следует причислить и лейкоксенизацию ильменита, возникновение зональных цирконов (табл. II, фото 16—17).

Все эти вопросы требуют дальнейшего исследования. Пока ясно только то, что вторичные процессы в какой-то мере влияли на вещественный состав терригенных минералов. Чтобы сделать более существенные выводы, надо заниматься этими вопросами специально и собирать большой и геологически точно установленный материал.

Институт геологии  
Академии наук ЭССР.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Батурин В. П., Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. Изд. АН СССР, Москва—Ленинград 1947.
- Запорожцева А. С., Литология и фациальные условия накопления меловых отложений в районе Чай-Тумусского месторождения угля (Левобережье дельты Лены). Труды ГИИГА, т. 112, 1960 (1).
- Запорожцева А. С., О происхождении ступенчатой поверхности обломочных зерен граната меловых отложений севера Якутии. ДАИ СССР, т. 131, № 2, 1960 (2).
- Запорожцева А. С., О зависимости процессов диагенетических и катагенетических преобразований от фациональной обстановки накопления осадков. Труды НИИГА, т. 121, 1962.
- Коссовская А. Г., Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилуйской впадины и западного Верхоянья. Изд. АН СССР, Москва 1962.
- Коссовская А. Г., О формах диагенетического растворения пироксенов из разрезов продуктивной толщи Азербайджана. ДАН СССР, 1951, т. 79.
- Коссовская А. Г. и Шутов В. Д., Зональность изменения терригенных пород при эпигенезе и начальном метаморфизме в условиях геосинклинальной зоны. Сб. Вопр. мин. осадочных образований. Книги 3-я и 4-я. Изд. Львовского ун-та, 1956 (1).
- Коссовская А. Г. и Шутов В. Д., Характер и распределение минеральных новообразований в разрезе мезо-палеозойских отложений Зап. Верхоянья. Сб. Вторичные изменения осадочных пород, Москва 1956 (2).

- Ренгартен Н. В., Новообразования минералов титана в песчаных породах угленосных свит. ДАН СССР, том 102, 1, 1955.
- Ренгартен Н. В., Минералы титана в угленосных осадочных породах. Сб. Вторичные изменения осадочных пород, Москва 1956.
- Ронов Н. А., Михайловская М. С., Солодкова И. И., Эволюция химического и минералогического состава песчанистых пород. Сб. Химия земной коры, 1963.
- Шварц Г. М., Метазоматизм при гидротермальных изменениях в мезотермальных условиях. Сб. Физико-хим. проблемы формирования горных пород, Москва 1961.
- Andel, T., Reflections on the interpretation of heavy mineral analysis. Journ. of sed. Petrology, vol. 29, No. 2, 1959.
- Beveridge, J., Heavy minerals in lower tertiary formations in the Santa Cruz mountains, California. Journ. of sed. Petrology, vol. 30, No. 4, 1960.
- Jacobsen, L., Petrology of Pensylvanian sandstones and conglomerates of the Ardennic basin. Norman 1959.
- Heald, M., Stylolites in sandstones. The Journ of Geology, vol. 63, No. 2, 1955.
- Pettijohn, F., Sedimentary rocks. New York 1957.

## MÖNINGATEST DIA- JA EPIGENEETILISTEST NÄHTUSTEST EESTI KESK-DEVONI SETETES

A. Tamme

Resümee

Mineviku paleogeograafiliste tingimuste taastamisel on oluline dia- ja epigeneetiliste muutuste arvestamine. Nende mõju on seni nõrgalt uuritud; eriti platvormsete setete puhul. Eesti kesk-devonis on suhteliselt paremini sekundaarseid muutusi uuritud naroova lademes, kus litoloogilise koosseisu varieeruvuse tõttu on sekundaarsete protsesside iseloom keeruline. Naroova, samuti ka pärnu lademe liivakivides on toimunud granaadi söövitamine, võimalik, et ka lahustamine, päevakivide regeneratsioon, biotiidi kloritiseerumine, kvartsi söövitamine kloriidi poolt. Neid nähtusi tuleb arvatavasti siduda karbonaatsete vahekihtide esinemisega. Kõrgemal, kus viimased puuduvad, võib seevastu märkida disteeni ja stauroliidi lahustumisvorme. Sekundaarsete muutustega tuleb tõenäoliselt siduda ka apätiidi hulga vähenemist ja korundi suhtelist rikkust naroova lademe karbonaatsetes kivimites.

ENSV TA Geologia Instituut

# CERTAIN DIA- AND EPIGENETIC PHENOMENA IN THE ESTONIAN MIDDLE DEVONIAN

A. Tamme

## Summary

In reconstructing the paleo-geographical conditions of the past, all dia- and epigenetic changes must be taken into account. Unfortunately little has been done hitherto to investigate their influence, especially in the case of sedimentary rocks of the stable shelf. In the Estonian Middle Devonian, secondary changes have been somewhat better studied in the Narova stage where secondary processes are of a rather complicated nature owing to the variability of the lithological composition. Corrosion, and possibly also dissolution, of the garnet has taken place in the sandstones of the Narova stage, as in those of the Pärnu stage, accompanied by regeneration of the feldspar, chlorification of the biotite and corrosion of the quartz by chloride. These phenomena are probably associated with the presence of carbonaceous interlayers. On the other hand, in the higher levels, where the latter are absent, dissolution forms of disthen and staurolite may be encountered. The secondary changes may probably also be accounted for to a certain extent by the reduced quantity of apatite, and the comparatively rich corundum content of the carbonate rocks of the Narova stage.

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

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЭСТОНИИ

А. Раукас

К изучению минералогического состава четвертичных отложений в нашей республике приступили лишь сравнительно недавно, в начале пятидесятых годов. Так, за период с 1953 по 1956 год появились работы профессора Н. Л. Дилакторского, в которых наряду с другими вопросами освещался также минералогический состав четвертичных глин, в частности озерно-ледниковых ленточных глин Эстонии (Дилакторский, 1953, 1956). Начатые Н. Л. Дилакторским исследования по ленточным глинам продолжают Э. А. Пиррусом, причем часть его материалов опубликована (Пиррус, 1964; Пиррус, Раукас, 1963а, б). Минералогический состав пляжевых песков Эстонии изучался К. К. Орвику и К. К. Орвику-мл. (1960), а морен — в основном автором данного сообщения (Раукас, 1961, 1962, 1963а, Раукас, 1961; Пиррус, Раукас 1963а, б; Эльтерманн, Раукас, 1963). Предварительные данные получены также по минералогическому составу аллювиальных отложений Северной Эстонии (Мийдел, Раукас, 1965).

В настоящее время начаты систематические литолого-минералогические исследования всех главнейших генетических типов четвертичных отложений, с целью получить целостное представление о вещественном составе и формировании четвертичного покрова республики. Выполняются названные работы, главным образом, в секторе четвертичной геологии Института геологии АН ЭССР.

Всякие обобщающие работы и сравнительные исследования разных генетических типов отложений требуют применения хорошо продуманной методики. Многие вопросы методики, как например, выбор размерной фракции для минералогического анализа, методика опробования и ряд других до сих пор остаются весьма спорными. Поэтому ниже мы остановимся на нашем опыте по изучению минералогического состава песчано-

алевритовых фракций отложений четвертичного возраста Эстонии.

Ввиду того, что литолого-минералогический состав четвертичных отложений, в частности морен (Raukas, 1961 и др.), нередко характеризуется значительным непостоянством, мы при отборе проб для анализов применяем, по мере возможности, бороздовый метод опробования. Длина борозд зависит от типа отложений, характера слоистости, мощности отдельных слоев, размеров обнажения, выхода керна и ряда других причин. Если по техническим или каким-нибудь другим причинам применение бороздового способа невозможно, то следует довольствоваться точечным способом опробования. В этом случае, особенно при решении более ответственных задач, как например, при разработке опорных буровых скважин, необходима густая сеть опробования, либо выполнение контрольных анализов.

Немаловажное влияние на результаты анализов оказывает исходный вес образцов. Поскольку минералогические анализы при изучении четвертичных отложений обыкновенно не являются какой-нибудь самоцелью, но лишь составной частью комплексных литологических исследований, мы должны при выборе исходного веса учитывать разные требования. Для получения достоверных данных о содержании песчаной фракции в моренах предлагаются (Раукас, Рейнтам, 1965) исходные навески весом около 0,5 кг, для гравийной фракции — примерно 3 кг (по Орвику, 1958), а для галечной — около 90—250 кг. Примерно такие же навески необходимы также при опробовании других генетических типов четвертичных отложений. Так, при взятии образцов из песчаных отложений мы обычно имеем в виду исходный вес около 0,3—0,5, кг, из песчано-гравийных отложений до 3 кг, из гравийно-галечных — около 10—25 кг. Гранулометрический анализ гравийно-галечных отложений нами производится в полевых условиях, в лаборатории изучается лишь мелкозернистая часть их. После сокращения минимальный вес песков для просеивания на ситах должен составлять не менее 50 г, для песчано-гравийной смеси — не менее 100 г. Во время сокращения выделяются дублетные пробы, которые сохраняются.

Для выполнения гранулометрических анализов и выражения результатов мы используем разработанную в Институте геологии АН ЭССР классификацию, которая составлена в метрической десятичной системе и основой которой служит цифра единица (Raukas, 1964a). При разделении минералов на тяжелую и легкую фракцию нами применяется тяжелая жидкость с удельным весом бромформа (удельный вес 2,89 г/см<sup>3</sup>). Количество подсчитываемых под микроскопом зерен, согласно рекомендациям А. Б. Вистелиуса (1951), составляет 400—500.

Работами многих авторов установлено, что качественно наи-

более богатыми минеральными видами представлены алевритовые фракции. Наши данные подтверждают этот вывод. Максимум весового содержания тяжелых минералов также обычно связан с алевритовыми фракциями. Учитывая вышесказанное, а также хорошую сепарируемость и определяемость под микроскопом зерен крупного алеврита (0,10—0,05 мм), эту фракцию используют часто при изучении терригенных пород.

Но при изучении четвертичных отложений фракцию крупного алеврита нельзя считать опорной, особенно потому, что она во многих генетических типах четвертичных отложений содержится в небольшом количестве. Использование этой размерной фракции при массовых минералогических исследованиях лимитировано еще трудностью ее выделения. Применяемые до сих пор разные методы гранулометрического анализа, к сожалению, не дают по этой фракции сравнимых друг с другом результатов. Еще заметнее выявляются различия при минералогических анализах. При использовании методов отмучивания происходит заметная дифференциация минералов по форме и удельному весу, что приводит к сосредоточиванию более тяжелых и изометрических по форме минералов в более крупных фракциях. Использование сит с диаметром отверстий 0,05 мм затруднено малодоступностью и нестандартностью их, а также трудностями их очистки после каждого анализа.

Наиболее подходящей для изучения минералогического состава четвертичных отложений является фракция мелкозернистого песка (0,1—0,25 мм), которая:

- 1) легко и надежно выделяется рассеиванием на ситах;
- 2) легко и полностью сепарируется в тяжелых жидкостях;
- 3) хорошо поддается оптическому определению;
- 4) всегда содержится в отложениях в достаточных количествах для выполнения анализа, и для большинства генетических типов четвертичных отложений минералогический состав ее наиболее полно характеризует средний минералогический состав всего отложения;
- 5) характеризуется достаточной разнообразностью минералов.

Так как выбор размерной фракции предопределяется прежде всего задачами исследования и типом отложений, то, безусловно, не всегда можно довольствоваться изучением лишь фракции мелкозернистого песка. Например, если мы изучаем минералогический состав отложений с целью определения их качества как минерального сырья, обычно необходимо определить минералогический состав всех основных размерных фракций. Фракция мелкозернистого песка удобна при изучении песчаных и песчано-гравийных (ледниковых, морских, эоловых, аллювиальных и др.) отложений, для решения вопросов стратиграфического и палеогеографического характера, а также при срав-

нении состава большинства генетических типов четвертичных отложений. При изучении алевроитов и глин (озерно-ледниковые ленточные глины, алевроитовые отложения лимногляциальных камов и др.) она является малохарактерной, и в этом случае основное внимание следует уделять изучению более мелких фракций.

В дальнейшем мы коротко остановимся на некоторых выполненных в республике исследованиях, могущих представлять интерес для исследователей соседних районов со своей методической стороны.

Минералогические исследования четвертичных отложений в республике проводятся сейчас в четырех основных направлениях:

1) корреляция разрезов, т. е. решение вопросов стратиграфии;

2) решение вопросов палеогеографии, таких, как установление питающих провинций, характера и путей переноса обломочного материала и т. д.;

3) изучение минералогического состава отложений с целью определения их качества как минерального сырья;

4) определение вещественного состава почвообразующих пород и изменений его в процессах почвообразования, с целью изучения естественного плодородия почв и характера процессов почвообразования.

Наибольшее внимание уделено до сих пор решению вопросов стратиграфии. В этой области особенно важно изучение вещественного состава морен. Формирование минералогического состава морен зависит от ряда причин: от минералогического состава подстилающих пород, динамики движения ледника, характера и места переноса моренного материала в леднике, характера и интенсивности выветривания в ходе переноса отложения и диагенеза породы и т. д. Поэтому решение стратиграфических вопросов на основании данных по минералогии является нелегкой задачей.

Работами последних лет (Гайгалас, 1963; Раукас, 1963б; Тарвидас, 1961 и др.) установлено, что в направлениях движения материкового льда во время различных оледенений или отдельных стадий одного и того же оледенения на территории Прибалтики были определенные различия. Учитывая влияние подстилающих пород на формирование минералогического состава морен, это дает предпосылки для успешного решения вопросов стратиграфии. В ряде случаев нам это удалось осуществить.

Так, в ходе геологической съемки в Северо-Восточной Эстонии близ коренных выходов девона были обнаружены два отличающихся по цвету и вещественному составу залегающих друг на друге моренных горизонта. Верхняя морена обогащена девонским (возможно, отчасти кембрийским) терригенным мате-

риалом и характеризуется соответственно красновато-бурым цветом. По-видимому, движение материкового льда во время образования этой морены происходило с северо-востока через выходы девона. Такое направление движения льда характерно для пандивереской (невской) стадии последнего оледенения (Раукас, 1963б). Залегающая под этой мореной серая морена не содержит девонских пород и обогащена местным карбонатным материалом. Она образовалась во время хааньяской (лужской) стадии, когда ледники наступали с севера или северо-запада, минуя выходы девонских пород. В данном случае разновозрастные морены отличаются уже по внешнему виду, и расчленение таких моренных толщ не представляет особых трудностей. Минералогические анализы лишь подтверждают то, что можно было наблюдать и невооруженным глазом.

Труднее обстоит дело в том случае, если разновозрастные морены в разрезе не обнаруживают столь ясных макроскопических различий и в то же время не разделены отложениями, содержащими органические остатки. В этом случае нельзя обойтись без минералогических исследований. Такие по внешнему виду довольно близкие залегающие друг над другом серые морены были обнаружены в ходе геологической съемки под озерными песками в погребенной долине в Северо-Восточной Эстонии близ Муствэ. Средний из встреченных здесь трех горизонтов характеризовался фиолетовым оттенком. Литологические и минералогические исследования показали, что такой оттенок обусловлен содержанием девонского материала. По сравнению с под- и надлежащими серыми моренами здесь наблюдалось повышенное содержание ряда типичных для девонских пород минералов, таких как слюды и хлориты, зерна гидроокислов железа, циркон и турмалин. В то же время уменьшено содержание кальцита, пирита, амфиболов и пироксенов, которые в девонских породах встречаются в небольшом количестве (Вийдинг, 1962). На основе этого мы могли высказать предположение, что фиолетово-серая морена образовалась во время пандивереской (невской) стадии валдайского оледенения, и стратифицировать моренные горизонты в данном участке (Эльтерманн, Раукас, 1963).

Но необходимо отметить, что указанная закономерность, как и другие выдвинутые нами до сих пор критерии расчленения моренных толщ на основе литологических данных (Раукас, 1963а и др.), имеют узко региональный характер. Они могут быть использованы лишь в небольших районах и для морен близкого генезиса. В литературе имеется немало примеров относительно одновозрастных донных, внутренних и поверхностных морен, значительно отличающихся по вещественному составу. Такие примеры можно привести также на нашей территории. Например, на карбонатных породах ордовика и силура донные

морены обычно обогащены местными карбонатными минералами, в то время как во внутренних моренах эти минералы содержатся в небольших количествах, либо отсутствуют. Не учитывая таких фактов, можно сделать грубые ошибки стратиграфического характера.

При решении вопросов стратиграфии большие перспективы имеют наблюдения над степенью выветрелости минералов и типоморфными особенностями их, а также характером аутигенных минералов. Но на настоящем уровне наших знаний о вещественном составе морен ни одно из названных свойств все же не имеет универсального значения и не может быть использовано для более обширной территории.

Нередко в более древних моренах, по сравнению с моренами последнего оледенения, встречается повышенное количество стойких против выветривания минералов. Но этот факт, по видимому, объясняется не столько выветриванием (разложением) неустойчивых минералов, сколько влиянием подстилающих коренных пород, обогативших эти морены стойкими против выветривания минералами. Иначе были бы трудно объяснимы наблюдаемые местами факты противоположного характера, когда более древние морены содержат легко выветривающиеся минералы хорошей сохранности в большем количестве, чем морены последнего оледенения. Такая картина была нами обнаружена при изучении морен среднего и верхнего плейстоцена в окрестностях Рынгю. По всей вероятности, в течение довольно короткого промежутка времени, истекшего с начала плейстоцена, или на протяжении отдельных этапов его, в моренах, исключая их поверхностные части, не успели совершиться столь заметные вторичные изменения, которые привели бы к полному разложению или замещению минералов. В связи с этим следует сделать одно замечание, существенное для методики. Из более древних морен до наших дней сохраняются чаще всего лишь нижние, менее выветрелые их части, тогда как верхние слои снесены вновь наступающими ледниками. Лишь очень редко устанавливалась древняя кора выветривания морен (Климашаускас, Гайгалас, 1963). В то же время из толщи морен последнего оледенения нередко изучаются в обнажениях затронутые выветриванием или почвообразованием верхние части, которые характеризуются измененными соотношениями минералов. Таким образом, если сравниваются количественные соотношения разных минералов или минеральных групп в моренах механически, без учета условий залегания и выветривания моренных горизонтов, то можно сделать неправильные выводы.

Разновозрастные морены нередко находятся в разных окислительно-восстановительных условиях. В связи с этим создаются разные условия для сохранения аллотигенных и образования аутигенных минералов. Выполненные нами анализы часто ука-

зывают на наличие в нижних моренных горизонтах повышенного количества пирита, для сохранения, возможно и образования которого ниже окислительно-восстановительной границы (особенно под озерно-болотными отложениями) имеются благоприятные условия. Но, с другой стороны, иногда в нижних моренных горизонтах при отсутствии пирита найдены и пропитанные гидроокислами железа конкреции. Поэтому вопрос о диагенетических изменениях и значении последних для корреляции моренных толщ требует еще дальнейшего уточнения.

По второму направлению, т. е. при решении вопросов палеогеографического характера у нас тоже имеются определенные результаты. Например, в результате сравнения с исходными породами нам удалось получить дополнительные сведения о формировании озерно-ледниковых глин (Пиррус, Раукас, 1963а, б), аллювия в долинах рек Северной Эстонии (Мийдел, Раукас, 1965) и т. д. Ввиду того, что соответствующие материалы опубликованы, мы на этом вопросе более подробно не остановимся.

Песчаные отложения четвертичного возраста широко используются в народном хозяйстве. Они используются в промышленном, гражданском и дорожном строительстве для изготовления бетона, силикальцита и железобетонных конструкций, в строительстве шоссейных дорог, при балластировке железнодорожных путей, в производстве строительного и силикатного кирпича и т. д. Влияние минералогического состава на качество строительных материалов в республике до сих пор почти не изучалось. Лишь в последние годы в Институте силикальцита начаты работы по изучению влияния минерального состава песков на качество силикальцита (Хинт, 1959), но и эти данные находятся в стадии разработки.

Немалый интерес для промышленности представляют также повышенные концентрации тяжелых минералов в четвертичных отложениях. До сих пор в республике промышленных концентраций этих минералов не установлено. Содержание тяжелых минералов в отложениях разных генетических типов обычно колеблется в пределах 0,5—1,5%, причем нередко преобладают минералы, не представляющие особого интереса для народного хозяйства (амфиболы и др.). Наибольшие концентрации тяжелых и редких минералов были выявлены в береговых валах литориновой трансгрессии на юго-западном побережье Эстонии, к югу от г. Пярну (Лунц, Майоре, 1960; Raukas, 1964b). Но из-за небольших запасов песка месторождения здесь, по-видимому, все же являются непромышленными или имеют лишь местное значение.

По четвертому направлению нами были изучены изменения минералогического состава морен в процессах подзолообразования. Частично материалы исследований уже освещены в опубли-

ликованных статьяx (Раукас, 1962). Указанные изменения были исследованы на трех различных исходных типах пород: на бескарбонатной красной бурой, на карбонатной красной бурой и на карбонатной желтовато-серой моренах. Были проанализированы слабо-, средне- и сильнооподзоленные профили. Выяснилось, что по сравнению с материнской породой в почвенных горизонтах наблюдается накопление стойких против выветривания минералов (кварца, циркона, турмалина и др.) и уменьшение содержания сравнительно легко выветривающихся минералов (полевых шпатов, карбонатов и др.). Наиболее характерным является исчезновение или значительное уменьшение содержания карбонатов в горизонтах А и В и обволакивание минералов тонкой пленкой красноцветных гидроокислов железа в иллювиальном горизонте (В). Это выражается тем яснее, чем сильнее оподзолена морена. Во всех почвенных горизонтах наблюдается накопление трудноопределимых под микроскопом минеральных агрегатов, причем наибольшее количество их встречается в горизонте А<sub>1</sub>. Количественные соотношения различных групп минералов в исходной почвообразующей породе и разных почвенных горизонтах нередко лишь мало отличаются, но степень выветрелости минералов в них явно неодинакова. Это помогает проведению границ между разными почвенными горизонтами. Наиболее сильно выветрелостью отличаются минералы в горизонте А<sub>1</sub>. На основании минерального состава профиля можно судить также о двучленности почвообразующей породы, т. е. установить, образовалась ли почва на однородной или неоднородной по генезису и составу породе.

Полученные результаты представляют определенный интерес при изучении характера и степени выветрелости четвертичных отложений, а также погребенных почв и межледниковых и межстадиальных кор выветривания. С этой точки зрения небезынтересно коротко остановиться еще на полученных нами результатах относительно стойкости разных минералов к процессам почвообразования (подзолообразования). На основании наблюдений над количественными соотношениями и степенью выветривания минералов в исходной породе и разных почвенных горизонтах мы пришли к заключению, что в группу очень устойчивых и устойчивых минералов следует относить кварц, циркон, турмалин, рутил, брукит, анатаз, топаз, корунд, ильменит, гематит, лейкоксен, титанит, гранат, ставролит, дистен, андалузит и силлиманит, в группу умеренно устойчивых — биотит, мусковит, магнетит, амфиболы и минералы группы эпидота и, наконец, в группу малоустойчивых — пироксены, пирит, кальцит, доломит, гипс, оливин, полевые шпаты и апатит.

Степень выветрелости очень устойчивых и устойчивых минералов в исходной породе и почвенных горизонтах мало отличается. Местами на поверхности минералов этих групп (особен-

но часто на зернах кварца) наблюдаются субмикроскопические каверноподобные мелкие углубления растворения и выщелачивания. Последние особенно характерны для минералов в почвенных горизонтах.

Более заметные различия наблюдаются в группе умеренно устойчивых минералов. Минералы этой группы в почвенных горизонтах часто носят следы интенсивного выветривания. Так, неизменные в исходной породе зерна биотита в почвенных горизонтах характеризуются резорбированными изорванными краями. Вследствие гидратации и уменьшения содержания железа они значительно обесцвечены, что сопровождается понижением показателя преломления и величины двупреломления. Амфиболы в почвенных горизонтах либо хлоритизированы, либо покрыты бурой или темной пелитоморфной каемкой. Наряду с измененными зернами в почвенных горизонтах встречаются также слабыветрелые или неветрелые зерна минералов этой группы.

Слабоустойчивые минералы в почвенных горизонтах либо отсутствуют (гипс, оливин, пирит, обычно и карбонаты), либо встречаются в выветрелом виде (полевые шпаты, пироксены, апатит). Среди полевых шпатов наименее изменены микроклин и кислые плагиоклазы.

Наш опыт показывает, что минералогические исследования могут сыграть весьма существенную роль при решении ряда узловых проблем четвертичной геологии, а использование их требует продуманной методики и специфического подхода к каждому конкретному случаю.

Институт геологии Академии наук  
Эстонской ССР

## ЛИТЕРАТУРА

- Вийдинг Х. А., Некоторые данные о минералогическом составе песчаников среднего девона Эстонии. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, Х. Таллин 1962.
- Вистелиус А. Б., О необходимом числе зерен, подсчитываемых при иммерсии. Зап. Всес. мин. об-ва, 3, 1951.
- Гайгалас А. И., Реконструкция движения плейстоценовых ледников на территории Литовской ССР по петрографическим данным изучения морен. В сб. «Вопросы геологии Литвы». Ин-т геологии и географии АН Литовской ССР. Вильнюс 1963.
- Дилакторский Н. Л., К вопросу о термических свойствах глин Эстонской ССР. Вопросы петрографии и минералогии, т. 2. Москва 1953.
- Дилакторский Н. Л., Физико-химические свойства тонких фракций некоторых глин Эстонской ССР. Изв. АН ЭССР, т. V. Сер. техн. и физ.-мат. наук, 1, 1956.
- Климашаускас А. И., Гайгалас А. И., Минералого-петрографические исследования древней коры выветривания мезоплейстоценовой морены в обнажении реки Алове. Тр. АН Лит. СССР, сер. Б, 2 (33). 1963.

- Лунц А. Я., Майоре Я. Я., Тяжелые минералы в литориновой аккумулятивной террасе на восточном побережье Рижского залива. В сб. «Вопросы накопления и распределения тяжелых минералов в прибрежно-морских песках». Рига 1960.
- Мийдел А. М., Раукас А. В., Литология аллювиальных отложений в некоторых речных долинах Северной Эстонии. В сб. «Вопросы литологии и стратиграфии четвертичных отложений Эстонии». ИГ АН ЭССР. Таллин 1965.
- Орвику К. К., Литологическое исследование морены последнего оледенения Эстонии количественными методами. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, III. Таллин 1958.
- Орвику К. К., Орвику К. К. (мл.), О распространении и литологии современных пляжевых песков Эстонии. В сб. «Вопросы накопления и распределения тяжелых минералов в прибрежно-морских песках». Рига 1960.
- Пиррус Э. А., Карбонаты ленточных глин Эстонии. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, XIV. Таллин 1964.
- Пиррус Э. А., Раукас А. В., О минеральном составе мелких фракций ленточных глин и морен Эстонской ССР. IV пленум Комиссии по изучению глин (Информационный бюллетень). Москва 1963а.
- Пиррус Э. А., Раукас А. В. Сравнительная литолого-минералогическая характеристика мелких фракций морен и ленточных глин Эстонской ССР. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, XII, 1963б.
- Раукас А., Минералогия морен Эстонии. Изв. АН ЭССР, т. X. Сер. физ.-мат. и техн. наук, 3. 1961.
- Раукас А. В., Морены как почвообразующие породы в Эстонской ССР. Сб. научных трудов ЭСХА, 24. Тарту 1962.
- Раукас А. В., Литология разновозрастных морен Эстонской ССР. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, XII. Таллин 1963а.
- Раукас А., Распространение руководящих валунов в моренах последнего оледенения Эстонской ССР. Изв. АН ЭССР, т. XII. Сер. физ.-мат. и техн. наук, 2, 1963б.
- Раукас А. В., Рейнтам Л. Ю., Гранулометрический состав и некоторые физико-химические свойства основной морены последнего оледенения Эстонской ССР. В сб. «Вопросы литологии и стратиграфии четвертичных отложений Эстонии». ИГ АН ЭССР. Таллин 1965.
- Тарвидас Р. И., Кристаллические валуны последнего и предпоследнего оледенений Южной Прибалтики и их минералого-петрографическая характеристика. Автореферат диссертации. Вильнюс 1964.
- Хинт И., О песках, пригодных для производства силикальцитных изделий. Силикальцит, 1/2. Бюллетень научно-технической информации. Таллин 1959.
- Эльтерман Г. Ю., Раукас А. В., Некоторые примеры сопоставления макроскопических сходных разновозрастных морен на основе их литологического изучения. Тр. Ин-та геологии АН ЭССР, XII. Таллин 1963.
- Raukas A., Mineraloogilise meetodi kasutamise võimalusest moreenide uurimisel Eestis. ENSV TA Geoloogia Instituudi uurimused VII, 1961.
- Raukas A., Purdkivimite terasuuruse klassifikatsioon. Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituut, Tallinn 1964a.
- Raukas A., Rasketest mineraalidest Eesti vanades rannikusetetes. VII Eesti Looduseuurijate päeva ettekannete teesid, Tartu 1964b.

# MINERALOOGILISE ANALÜÜSI RAKENDAMISE KOGEMUSI EESTI KVATERNAARI SETETE UURIMISEL

A. Raukas

Resümee

Eesti kvaternaari setete mineraloogiat uuritakse 4 põhisuunas: 1) stratigraafiliste küsimuste lahendamiseks, 2) setete kujunemistingimuste selgitamiseks, 3) setete ainelise koosseisu määramiseks nende kasutamiseks rahvamajanduses, 4) muldade lähtekivimite ainelise koosseisu ja mullatekkeprotsesside uurimiseks. Artiklis esitatakse kõigis märgitud suundades saadud kogemusi.

Setete erinevate tüüpide võrdlus nõuab ühtlustatud ja hoolikalt läbimõeldud uurimismetoodika kasutamist. Töös tuuakse andmeid ENSV TA Geoloogia Instituudis kasutatava analüüsimeetoodika kohta. Proovide võtmiseks soovitatakse kasutada vaomeetodit. Granulomeetriliseks analüüsiks kasutatakse kümnendsüsteemis meetermõõdustikus koostatud terasuuruse klassifikatsiooni, mille aluseks on arv 1. Mineraalide separeerimiseks kasutatakse bromoformi erikaaluga ( $2,89 \text{ g/cm}^3$ ) raskeid vedelikke. Uuritava fraktsiooni valik sõltub sette iseloomust ja uurimisülesannetest. Stratigraafia- ja paleogeograafiaküsimuste lahendamisel kasutatakse põhifraktsioonina peene liiva ( $0,1-0,25 \text{ mm}$ ) fraktsiooni, mis: 1) on granulomeetrilise analüüsi käigus kergesti eraldatav, 2) separeerub hästi rasketes vedelikes, 3) on immersionsvedelikes optiliselt hästi määratav, 4) sisaldub analüüsi jaoks küllaldases hulgas enamikus kvaternaari setete geneetilistes tüüpides ning tema mineraloogiline koostis iseloomustab sageli kõige paremini sette keskmist mineraloogilist koostist, 5) on küllaldase mineraalide mitmekesisusega.

Mineraloogilise meetodi kasutamine setete kujunemistingimuste ja kvaternaari paleogeograafia ning stratigraafia selgitamiseks ei tohi baseeruda ainult ühel või paaril tunnusel. Eri vanuseliste setete (moreenide) erinevused mineraalide suhtevahetades, nende sekundaarse muutuse astmes jt. on peamiselt kohaliku tähendusega.

ENSV Teaduste Akadeemia  
Geoloogia Instituut

# FRESH EXPERIENCE GAINED IN THE APPLICATION OF MINERALOGICAL ANALYSIS TO ESTONIAN QUATERNARY DEPOSITS

A. Raukas

## Summary

The mineralogy of the Estonian Quaternary deposits is being investigated along the following main lines of research: 1) the solution of stratigraphical problems, 2) problems of genesis and evolution, 3) determination of the material content with the object of facilitating its exploitation in the national economy, and 4) the processes of soil formation and the material composition of the initial rock. The foregoing article summarises the experience acquired in all four spheres of activity. The data presented are drawn from the analytical practice of the Institute of Geology of the Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.

The comparative study of different deposits calls for the application of a carefully prepared and fully coordinated research methodology. In taking samples, the furrow method should be preferred. Granulometric analysis is carried out according to a classification of grain sizes based on the decimal metric system, with the figure 1 taken as a basis. The minerals are separated by means of heavy liquids with bromoform specific gravity (2.89 g per cu cm). Selection of the fraction to be investigated depends on the nature of the deposit and the objects of research. In tackling problems of stratigraphy or paleogeography the decisive fraction is the 0.1—0.25 mm fraction, which 1) is readily detachable in the course of granulometric analysis, 2) separates off well in heavy liquids, 3) is clearly discernible to the naked eye when immersed, 4) possesses an adequate variety of mineral content, and 5) is present in sufficient quantities for purposes of analysis in the vast majority of genetic types of Quaternary sediments, while its mineralogical composition is often the best indicator of the average mineral content of the deposit.

In reconstructing the evolution of a deposit, or dealing with problems of the paleogeography and stratigraphy of the Quaternary by the method of mineralogical analysis, conclusions should not be hastily drawn from only one or two indicators. The differences of mineral content between moraines of different ages, the degree of secondary mutation (deuteric alteration), etc., have hitherto proved to possess only local importance.

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

## **ЗАВИСИМОСТЬ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОТ ГРА- НУЛОМЕТРИИ И ФАЦИАЛЬНОГО ТИПА СОВРЕМЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ Р. ВОЛГИ)**

**В. Рясина-Каждан**

Исследование минералогического состава осадочных толщ нередко является основой для расчленения изучаемых осадков, корреляции их, восстановления палеогеографической обстановки времени их накопления, выяснения областей сноса. Знание закономерностей размещения минералов по фациям и литологическим разностям современного аллювия поможет получить представление о характере областей питания, о силе потоков речных систем при изучении древних осадочных толщ.

С целью изучения закономерностей распределения терригенных минералов в различных фациальных и литологических типах аллювиальных отложений, мною под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора Е. В. Шанцера были изучены разрезы поймы левобережья р. Волги в ее среднем течении. Для решения поставленной задачи изучались разрезы поймы потому, что в современной пойме различные фации аллювия выражены наиболее ярко, и за сравнительно короткий период образования поймы область питания обломочным материалом не менялась.

Пойма р. Волги в изучаемом районе имеет нормальный разрез, свойственный равнинным рекам.

В основании поймы обнажается русловой аллювий, представленный средне- и мелкозернистыми, косослоистыми, хорошо отмытыми песками. На русловом аллювии лежит старичный. Старичный аллювий залегает крупными линзами протяженностью до нескольких километров. Сложен он буровато-сизыми илами, часто с вивианитом и обильными растительными остатками. Иногда илы слегка песчанисты или включают мелкие линзы сизого глинистого песка. Верхняя часть поймы сложена пойменным аллювием, состоящим из волнисто-горизонтального переслаивания равномернозернистого песка с супесью.

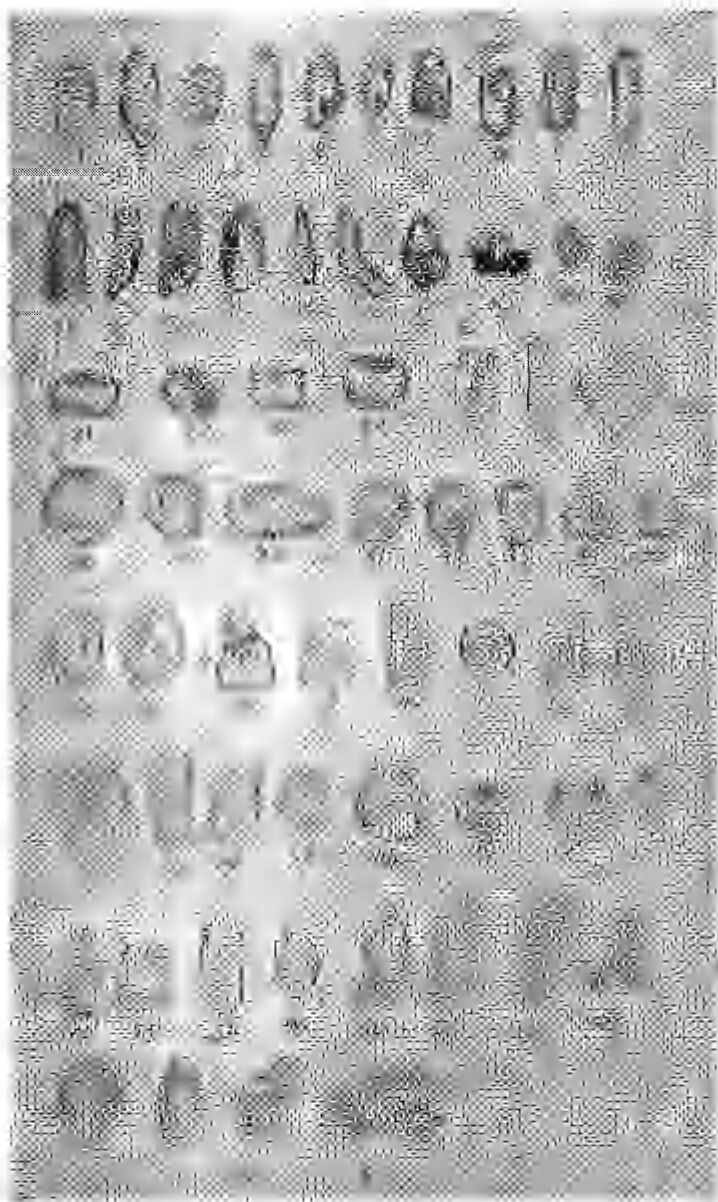


Рис. 1. Форма зерен тяжелых минералов в современном аллювии р. Волги. 1—10 — циркон, 11—20 — рутил, 21—24 — анатаз, 25—27 — апатит, 28—35 — сфен, 36—43 — турмалин, 44—51 — эпидот, 52—59 — роговая обманка, 60—63 — пироксены.

Гранулометрический и минералогический составы этих аллювиальных отложений были изучены на основе 48 образцов. Все анализированные образцы песков руслового аллювия отличаются постоянством механического состава.<sup>1</sup> Они характеризуются максимальным содержанием мелкопесчаных частиц (до 90%), небольшим содержанием (менее 10%) крупноалевритовых, почти полным отсутствием мелкоалевритовых и малым содержанием глинистых (менее 5%). Диаграммы русловых песков говорят о том, что русловые пески накапливаются в условиях хорошего промыва осадков и при довольно постоянных скоростях течения.

По данным механического анализа, в составе пойменного аллювия выделяются два литологических типа отложений: супеси и пески. Диаграммы супесей характеризуются двумя пиками: частицы диаметром 0,1—0,05 мм составляют 40—50% и частицы диаметром менее 0,01 мм — более 25%. В песчаных разностях преобладает фракция 0,25—0,1 мм (более 50%) с небольшим содержанием (до 30%) крупноалевритовых частиц, незначительным — мелкоалевритовых и малым — глинистых. Данные механического анализа говорят о том, что накопление пойменного аллювия происходило в более или менее спокойной водной среде, без сильных течений. Чередование супесчаных и песчаных прослоек свидетельствует о смене условий накопления осадков: накопление песчаных прослоек происходило в момент паводка, в момент же спада воды накапливались супесчаные осадки.

Осадки старичного аллювия по своему механическому составу также делятся на две литологические разности: супесчаная и глинистая. Диаграмма механического состава супесчаной разности имеет два пика: крупноалевритовых частиц — до 40% и глинистых — до 30%; остальные 30% падают на долю тонкого песка и мелкого алеврита. Для глинистой разности характерно преобладание частиц менее 0,01 мм — более 60%. Остальные 40% составляют алевритовые частицы при ничтожно малом содержании тонкого песка.

Механический состав различных фаций аллювия находится в прямой зависимости от скорости потока.

Минералогическому анализу подвергались фракции 0,25—0,1 и 0,1—0,05 мм.<sup>2</sup> Содержание тяжелых минералов в современном аллювии Волги зависит, во-первых, от литологии пород и, во-вторых, от диаметра частиц минералов. Как показали исследования, выход тяжелых минералов увеличивается от более тонких пород — илов старичного аллювия — к более грубым —

<sup>1</sup> Гранулометрический анализ проводился по методу С. И. Малинина, разработанному в Институте океанологии АН СССР с выделением фракции 0,1—0,05, 0,05—0,01 и < 0,01 мм водным путем.

<sup>2</sup> Разделение минералов произведено бромформом с уд. весом 2,89.

к пескам руслового аллювия. Во фракции 0,25—0,1 мм тяжелые минералы составляют доли процента во всех разностях аллювия. В крупноалевритовых же фракциях (0,1—0,05 мм) они составляют от 3 (старичные отложения) до 9%. Наблюдается резкое увеличение концентрации тяжелых минералов во фракции 0,1—0,05 мм во всех литологических разностях современного аллювия. Иначе говоря, фракция 0,1—0,05 мм, выделенная из различных пород современного аллювия, наиболее богата тяжелыми минералами. Это полностью соответствует данным, полученным М. К. Калинко при изучении меловой угленосной толщи от низовьев р. Енисея до Лены (Калинко, 1948), и В. В. Копериной, изучавшей кольчугинскую свиту Кузбасса (Коперина, 1951).

Господствующий размер обломочных частиц в пределах одной фракции зависит от типов пород. Так, например, во фракции 0,1—0,05 мм, выделенной из илов старичного аллювия, преобладают обломки минералов, диаметр которых приближается к нижнему пределу фракции (0,05 мм). В этой же алевритовой фракции, но выделенной из русловых песков, преобладают минералы, диаметр которых тяготеет к верхнему пределу фракции (0,1 мм).

Состав тяжелых минералов аллювия р. Волги довольно разнообразен. Во всех образцах преобладают минералы группы эпидота, амфиболы и ильменит. Постоянно присутствуют лейкоксен, магнетит, лимонит, пироксены, циркон, турмалин, гранат, сфен, дистен, ставролит, силлиманит, апатит, рутил. Зерна минералов хорошо окатаны (рис. 1, 2). Кроме перечисленных терригенных минералов, в илах старичного аллювия присутствуют также и аутигенные образования — гидроокислы железа и вивианит. Как уже выше отмечалось, просматривались с точным подсчетом зерен минералов фракции 0,25—0,1 и 0,1—0,05 мм. Более ясные закономерности в распределении тяжелых минералов намечаются в крупноалевритовой фракции. Однако из этого не следует делать вывод, что определенные закономерности в распределении минералов характеризуют лишь фракцию 0,1—0,05 мм. Они отчетливее проявляются в ней благодаря большему содержанию и разнообразию тяжелых минералов по сравнению с фракцией 0,25—0,1 мм.

По количественным соотношениям обломочных минералов тяжелой фракции (0,1—0,05 мм), выделенных из различных литологических разностей аллювия, намечаются три группы минеральных ассоциаций.

1) В современном волжском аллювии, во всех фациальных и литологических разностях его, значительную долю тяжелых минералов составляют непрозрачные (ильменит, лейкоксен, магнетит). Содержание их уменьшается от песков русловой фации (40%) к илам старичной (до 28%). Содержание метаморфиче-

ских (гранат, дистен силлиманит, ставролит) и устойчивых минералов (циркон, сфен) также уменьшается от песков русловой фации к старичным илам (табл. I).

2) Обратная зависимость, т. е. уменьшение содержания от илов старичной фации к пескам русловой, наблюдается в распределении турмалина, роговой обманки, апатита, минералов группы эпидота и рутила (табл. I).

Таблица I

Распределение некоторых минералов по типам аллювия, в зависимости от их удельного веса (фракция 0,1—0,05 мм)

Минералы	Удельный вес (по А. Г. Бетхину)	Процент содержания по фациям		
		русловая	пойменная	старичная
Ильменит	4,72	21,5	20,0	13,0
Циркон	4,68—4,70	5,0	4,2	3,8
Гранат	3,5—4,2	7,0	3,2	3,2
Пироксены	3,3—3,4	2,6	4,5	1,1
Группа эпидота	3,25—3,38	28,4	28,3	35,8
Роговая обманка	3,1—3,3	10,0	14,0	18,8
Апатит	3,18—3,21	0,7	0,6	1,2
Турмалин	2,9—3,25	1,2	2,3	3,0
Слюды	2,7—3,12	5,8	5,4	6,8
Количество образцов		13	14	14

3) Несколько обособленно от выделенных двух групп минералов стоят пироксены. В распределении их не обнаружено определенной закономерности. Наибольшее количество их обнаружено в супесях пойменного аллювия.

Среди обломочных зерен легкой фракции преобладающими являются кварц и полевые шпаты, главным образом ортоклаз и в меньшей мере плагиоклаз (андезин и альбит-олигоклаз), слюда, кремнь.

Наблюдается прямая связь минералогического состава глинистых минералов с гранулометрическим составом осадка. Изучался минералогический состав глинистых минералов в илах старичной фации (определялись показатели преломления ориентированных агрегатов и проводился термический анализ). В песчаных разностях илов глинистые минералы представлены гидрослюдами, а более тонкие разности илов имеют двухкомпонентный состав — преобладает монтмориллонит и в небольшом количестве присутствует каолинит (Ряпина, 1961).

Итак, в результате изучения минералогического состава современного аллювия р. Волги можно сделать следующие выводы:

1) Наиболее богата тяжелыми минералами фракция 0,1—0,05 мм. В ней наиболее ярко проявляются некоторые закономерности в распределении тяжелых минералов по фациям аллювия.

2) По мере измельчения материала уменьшается относительное содержание ильменита, лейкоксена, магнетита, граната, циркона, дистена, ставролита, силлиманита и увеличивается содержание роговой обманки, турмалина, слюды, апатита, минералов группы эпидота. Такую же закономерность выявила В. В. Коперина (1951).

3) Пески русловой фации аллювия наиболее благоприятны для концентрации ильменита, циркона, граната; тонкие пески и супеси пойменной фации — для ильменита, рутила, пироксенов; старичные илы — для роговой обманки, слюды, турмалина.

Выявленные различия в концентрации минералов в различных фациях аллювия обусловлены различными условиями накопления этих осадков. Условия накопления осадков различных фаций аллювия не одинаковы. В накоплении руслового аллювия главную роль играет динамика речного потока. Аккумуляция осадка на пойме регулируется движением полых вод, где скорость течения их значительно слабее по сравнению со скоростями в русле. Старица во время паводка фактически превращается в боковой рукав русла, где устанавливается режим турбулентного руслового потока. Взвешенные частицы осаждаются только после спада воды. Условия перемещения минералов находятся в тесной зависимости от их удельного веса. Как видно из таблицы I, минералы с удельным весом более 3,5 сосредотачиваются в русловой фации; в старичной фации концентрируются минералы с удельным весом менее 3,3. Значительная часть минералов с удельным весом менее 3,3 находится во взвешенном состоянии в потоке реки; минералы с удельным весом от 3,5 до 3,3 занимают промежуточное положение между русловой и старичной фациями; максимальное их содержание — в пойменной.

Зависимость перемещения тяжелых минералов в речном потоке от их удельного веса в последнее время была доказана экспериментальными работами (Разумихин, Тимашкова, 1960).

Необходимо иметь в виду, что, кроме веса частицы (или удельного веса минерала), немаловажную роль играет и форма зерна: пластинчатые зерна (слюда, роговая обманка, турмалин и др.) будут легче подхватываться потоком и уноситься на более далекие расстояния. В распределении минералов, видимо, существует тесная связь между удельным весом минерала, его формой и силой потока.

Таким образом, изучение закономерностей в распределении минералов показало, что концентрация минералов в фациях современного аллювия полностью зависит от условий накопления осадка. Отсюда следует другой вывод: при корреляции отложе-

ний по данным минералогического анализа нельзя исходить только из различий содержания того или иного минерала; необходимо учитывать и характер осадков. Различные литологические типы пород одного и того же возраста могут иметь одинаковую минералогическую ассоциацию, но соотношение отдельных минеральных компонентов в породе будет определяться конкретными условиями накопления осадка.

Институт геологии и географии  
Госгеолкома СССР  
(г. Вильнюс)

## ЛИТЕРАТУРА

- Калинко М. К., Распределение «тяжелых» минералов во фракциях различного диаметра и влияние этого фактора на точность минералогических анализов. ДАН СССР, 1948, т. 62, № 5.
- Коперина В. В., К вопросу о единой методике минералогического анализа терригенной части осадочных пород. Сб. К вопросу о состоянии науки об осадочных породах. М. 1951.
- Шанцер Е. В., Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Тр. Ин-та геол. наук АН СССР, геол. сер., вып. 135, 1951.
- Разумихин Н. В., Тимашкова З. Н., Экспериментальные данные о распределении тяжелых минералов в россыпи. В кн. Закономерности размещения полезных ископаемых. IV. Россыпи. Изд. АН СССР, 1960.
- Ряпина В. И., О некоторых закономерностях распределения терригенных минералов в различных фациях современного аллювия реки Волги. Булл. М. о-ва исп. природы. отд. геологии, т. XXXVI (I), 1961.

## KAASAEGSETE ALLUVIAALSETE SETETE MINERALOOGILISE KOOSSEISU SEADUSPÄRASUSED JA SÕLTUVUS GRANULOMEETRIAST JA FATSIAALSEST TÜÜBIST (VOLGA JÕE NÄITE VARAL)

V. Rässina-Každan

Resümee

Volga jõe kaasaegsete alluviaalsete setete mineraloogilisel uurimisel selgus, et kõige rikkalikumalt sisaldab raskaid mineraale fraktsioon 0,1—0,05 mm. Raskete mineraalide jaotuse seaduspärasused sõltuvalt alluuviumi faatsiesest ilmnevad selles fraktsioonis kõige selgemini. Setete terajämeduse vähenemisel (sängi-, lammi- ja soodisetted) väheneb ilmeniidi, magnetiidi, granaadi, tsirkooni, disteeni, stauoliidi ja sillimaniidi suhteline hulk; küünekivi, turmaliini, vilgu, apatiidi ja epidoodi rühma

mineraalide sisaldus aga suureneb. Eri mineraalide sisaldus kaasaegsetes jõesetetes sõltub setete kuhjumise tingimustest. Seetõttu on alluviaalsete setete mineraloogilisel korrelatsioonil vaja arvestada ka setete gránulomeetrilist koosseisu.

NSVL Geoloogia Komitee Geoloogia  
ja Geograafia Instituut (Vilnius).

## **BASIG FEATURES OF THE MINERALOGICAL COMPOSITION OF PRESENT-DAY ALLUVIAL DEPOSITS AND THEIR DEPENDENCE ON GRADATION AND THE FACIES TYPE (BASED ON A STUDY OF THE R. VOLGA)**

V. Ryassina-Kazhdan

### **S u m m a r y**

Mineralogical investigations of the present alluvial deposits of the R. Volga showed that the 0.1—0.05 mm fraction is the richest in heavy minerals. Moreover the dependence of the distribution of the heavy minerals on the alluvium facies is most clearly expressed in this fraction. In proportion, as the grains become finer, as in the river-bed, flood-plain and oxbow-lake deposits, the relative content of ilmenite, magnetite, garnet, zircon, disthen, staurolite and sillimanite tends to diminish, while the quantities of hornblende, tourmaline, mica, apatite and the minerals of the epidote group correspondingly increase. The content of different minerals in present-day fluvial sediments is determined by accumulation conditions. For this reason the granulometric composition should be taken into account when estimating the mineralogical correlation of alluvial deposits.

Vilnius Institute of Geology and Geography,  
Geological Committee of the U.S.S.R.

## РЕЗОЛЮЦИЯ ПЕРВОГО СЕМИНАРА МИНЕРАЛОГОВ ПРИБАЛТИКИ

Первый методический семинар минералогов Прибалтики, организованный кафедрой геологии Тартуского государственного университета по предложению Координационной комиссии по изучению геологии палеозоя Прибалтики, состоялся в городе Тарту 13 и 14 декабря 1963 года.

В работе семинара принимали активное участие представители (35 человек) разных геологических учреждений и организаций Прибалтики (Литовский институт геологии и географии Геологического Комитета СССР, Вильнюсский государственный научно-исследовательский институт строительных материалов, Вильнюсский государственный университет им. В. Капсукаса, Управление геологии и охраны недр при Совете министров Литовской ССР, Рижский институт геологии при Геологическом Комитете СССР, Управление геологии и охраны недр при Совете Министров Латвийской ССР, Институт геологии Академии наук Эстонской ССР, Управление геологии и охраны недр при Совете Министров Эстонской ССР и Тартуский государственный университет).

На семинаре были заслушаны информации о состоянии литолого-минералогических исследований терригенных пород в Прибалтийских республиках и 8 докладов по разным актуальным вопросам методики литолого-фациального и минералогического анализов.

На основе обсуждения докладов и сообщений участники семинара приняли следующие решения:

1. Отметить решающее значение методики исследования для результативности массовых аналитических работ, а также необходимость согласования принципиальных методических вопросов для сопоставления результатов литолого-минералогических исследований как палеозойских песчано-алевритовых, так и четвертичных обломочных пород в разных учреждениях и в смежных республиках, и считать необходимым:

а) уделять в исследовательской работе серьезное внимание наибольшей целесообразности и эффективности применяемой методики, для чего предусмотреть дополнительные сравнительные анализы;

б) координировать тематические исследования по проблемам, имеющим существенное значение для методики исследования. Для этого считать нужным создание методической комиссии, состоящей из представителей разных учреждений;

в) в совместной работе выработать единую методику массовых литолого-минералогических анализов терригенных пород, имея в виду комплексность вопросов, решаемых литолого-минералогическими исследованиями.

2. Учитывая актуальность согласования тех методических вопросов, от которых непосредственно зависят результаты минералогических анализов терригенных пород, а вместе с тем и возможность сопоставления полученных разными авторами данных, участники семинара считают наиболее целесообразным:

а) для отбора проб для литолого-минералогических анализов палеозойских пород применять по возможности бороздовый метод с выбором наиболее целесообразной длины борозд, характеризующей определенные слои или косослоистые серии с одинаковыми макролитологическими признаками. При отборе проб из маломощных четвертичных отложений, в частности из морен, рекомендовать точечный метод с густой сетью опробования;

б) в литолого-минералогических исследованиях опираться на 10-системную гранулометрическую классификацию терригенных пород (с обязательным разделением фракций  $> 1$ ;  $1-0,5$ ;  $0,5-0,25$ ;  $0,25-0,10$ ;  $0,10-0,05$ ;  $0,05-0,01$  и  $< 0,01$  мм);

в) относить к тяжелым минералам с удельным весом выше 2,89 (удельный вес бромформа);

г) для массовых минералогических исследований, в основном мелкопесчаных и алевритовых терригенных пород палеозоя, применять в качестве опорной фракции для иммерсионного анализа фракцию крупного алеврита ( $0,10-0,05$  мм). При обязательном исследовании минералов названной фракции желательнее, по возможности, провести параллельные исследования фракции мелкого песка ( $0,25-0,10$  мм). Исследование лишь одной фракции  $0,10-0,01$  или  $0,05-0,01$  мм считать малонадежным.

При исследовании минералогического состава четвертичных обломочных пород (гравия, морен, грубо- и крупнозернистых песков) ориентироваться на фракцию  $0,25-0,10$  мм.

3. Для всестороннего исследования вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, а также для установления закономерностей формирования и эволюции минералогических ассоциаций терригенных пород в разные стадии литогенеза, семинар рекомендует:

а) расширять комплексные исследования пород и мине-

ралов (иммерсионный метод, изучение шлифов, химические и спектральные анализы и др.);

б) проводить минералогические исследования переслаивающихся в терригенных толщах глин (минералогический состав) и карбонатных пород (терригенные компоненты);

в) продолжать работы с целью выяснения влияния диа- и эпигенетических процессов на минералогический состав отложений.

г) при обработке литолого-минералогических данных широко внедрять современные математические методы.

4. Для обмена опытом считать желательным в будущем организовать семинары минералогов регулярно через каждые 2—3 года.

5. Одобрить предложение кафедры геологии Тартуского государственного университета опубликовать материалы настоящего семинара в виде отдельного тематического тома публикаций ТГУ и просить Тартуский государственный университет изыскать возможности издания сборника этих материалов.

Приложение I: Состав избранной на семинаре Методической комиссии литологов-минералогов Прибалтики:

1. Каждан В. Е. — Литовский институт геологии и географии Геологического Комитета СССР
2. Василюскас В. М. — Вильнюсский государственный научно-исследовательский институт строительных материалов
3. Вайтекунас П. — Вильнюсский государственный университет им. В. Капсукаса
4. Журавлева Г. — Управление геологии и охраны недр при Совете Министров Литовской ССР
5. Лауенкрапча Э. К. — Рижский институт геологии Геологического Комитета СССР
6. Ульст В. Г. — »
7. Апините И. — Управление геологии и охраны недр при Совете Министров Латвийской ССР
8. Менс К. А. — Институт геологии АН Эстонской ССР
9. Раукас А. В. — »
10. Гаран Л. Ф. — Управление геологии и охраны недр при Совете Министров Эстонской ССР
11. Вийдинг Х. А. — (председатель комиссии) Тартуский государственный университет.

УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

ТРУДЫ ПО ГЕОЛОГИИ ЭСТОНСКОЙ ССР

I. (Уч. зап. ТГУ № 75). А. Рыбусокс. Академик Ф. Б. Шмидт — основатель геологии Эстонии. — А. Рыбусокс. *Strophomenoidea* ордовика и силура Эстонии I. Род *Sowerbyella* Jones. — А. Ораспыльд. Некоторые представители надсемейства *Orthacea* из верхнего ордовика Эстонии. — Р. Мянниль. Новые представители рода *Horlocrinus* из среднего ордовика Эстонии. — Х. Тедер. О термолюминесценции карбонатных пород верхнего ордовика Эстонии. — Э. Локене. Геоморфология северной части Сакалаской возвышенности. — К. Каяк. Геология долины реки Вяйке-Эмайги.

II. (Уч. зап. ТГУ № 153). А. Рыбусокс. Некоторые брахиоподы из ордовика Эстонии. — А. Ораспыльд. О некоторых текстурах карбонатных пород харьюской серии (верхний ордовик) в Эстонии.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
<b>Х. Вийдинг. Некоторые методические вопросы литолого-минералогического анализа песчано-алевритовых пород Прибалтики . . . . .</b>	5
H. Viiding. Liivade ja aleuriitide litoloogilis-mineraloogilise analüüsi meetoodilisi küsimusi Baltimaadel. <i>Resümees</i> . . . . .	24
H. Viiding. Problems of methods in the lithologico-mineralogical analysis of sands and silts in the Baltic area. <i>Summary</i> . . . . .	26
<b>Э. Лауенкрапча. К вопросу о методике исследования терригенной части каменноугольных отложений в пределах северо-западной части Польско-Литовской впадины . . . . .</b>	28
E. Lauenkraptsa. Karboni setete terrigeense komponendi uurimise meetoodikast Poola-Leedu nõo loodeosas. <i>Resümees</i> . . . . .	38
E. Lauenkraptsa. Methods of investigating the terrigene carboniferous deposits in the north-western part of the Polish-Lithuanian Depression. <i>Summary</i> . . . . .	38
<b>В. Василюскас. — К вопросу выявления минералогического состава швянтской и тартуской свит девона Литвы . . . . .</b>	40
V. Vasiļiūskas. Svāntoju ja tartu kihistu mineraloogilise koosseisu määramisest Leedu devonis. <i>Resümees</i> . . . . .	47
V. Vasiļiūskas. Zur Frage der Bestimmung der mineralischen Zusammensetzung der Tartu- und Svantoju-Suiten des devonischen Old-Reds Litauens. <i>Zusammenfassung</i> . . . . .	48
<b>Ю. Паап. Колебания литолого-минералогического состава песчаников девона Эстонии на фоне косослойной текстуры . . . . .</b>	49
Ü. Paap. Eesti devoni liivakivide litoloogilis-mineraloogilise koostise kõikumised põimkihilise tekstuuri foonil. <i>Resümees</i> . . . . .	58
Ü. Paap. Fluctuations in the lithologico-mineralogical composition of Devonian sandstones in Estonia with reference to the oblique lamination of the texture. <i>Summary</i> . . . . .	59
<b>А. Тамме. О некоторых диа- и эпигенетических явлениях в среднедевонских отложениях Эстонии . . . . .</b>	61
A. Tamme. Mõningatest dia- ja epigeneetilistest nähtustest Eesti keskdevoni setetes. <i>Resümees</i> . . . . .	66
A. Tamme. Certain dia- and epigenetic phenomena in the Estonian Middle Devonian. <i>Summary</i> . . . . .	67
<b>А. Раукс. Опыт применения минералогического анализа при исследовании четвертичных отложений Эстонии . . . . .</b>	68
A. Raukas. Mineraloogilise analüüsi rakendamise kogemusi Eesti kvaternari setete uurimisel. <i>Resümees</i> . . . . .	78
A. Raukas. Fresh experience gained in the application of mineralogical analysis to Estonian Quaternary deposits. <i>Summary</i> . . . . .	79

<b>В. Рясина - Каждан.</b> Зависимость минералогического состава и закономерности его распределения от granulometрии и фациального типа современных аллювиальных отложений (на примере р. Волги).	80
V. Rässina - Každan. Kaasaegsete alluviaalsete setete mineraloogilise koosseisu seaduspärasused ja sõltuvus granulomeetriast ja fatsiaalset tüübist (Volga jõe näite varal). <i>Resüme</i>	85
V. Rya ssina - Ka zhdan. Basic features of the mineralogical composition of present-day alluvial deposits and their dependence on gradation and the facies type (based on a study of the R. Volga). <i>Summary</i>	86
<b>Резолюция первого семинара минералогов Прибалтики</b>	87

### ТРУДЫ ПО ГЕОЛОГИИ III

Тартуский государственный университет  
Тарту, ул. Юликооли, 18

На эстонском, русском и английском языках

Редактор А. Рыбусокс

Корректоры А. Правдин, Э. Оя, О. Мутт и Ф. Кибберманн

---

Сдано в набор 19/XII 1964. Подписано к печати 2/III 1965. 60 × 90, 1/16. Печ. л. 5,75 + 3 вкл.  
Уч.-изд. л. 5,07. Тираж 500 экз. МВ-00259. Заказ 9878.

---

Типография им. Х. Хейдеманна. ЭССР, г. Тарту, ул. Юликооли, 17/19. II

Цена 41 коп.