

ФАЦИАЛЬНЫЙ ФАКТОР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЛЛОТИГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ В ЛОНТОВАСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЭСТОНИИ

К. А. МЕНС

Распределение кластогенного материала в отложениях определяется еще в процессе седиментации и во многом зависит от типа и размеров среды осадконакопления, как и от динамической обстановки накопления осадков (Аксенов, 1972; Лонгинов, 1973; Невесский, 1967 и др.). Однако первичный минеральный состав осадков в ходе литификации сильной степени может быть изменен в зависимости от строения разреза и интенсивности постседиментационных преобразований (Анатольева, 1972).

Ниже рассмотрим влияние фациального фактора на распределение аллотигенных минералов в древних терригенных породах на примере лонтоваских отложений Эстонии. При этом под лонтоваскими в данной статье будем подразумевать как отложения одноименной, так и воозиской свит (Решения ..., 1978).

Лонтоваские отложения на территории республики имеют широкое площадное развитие, они обнажаются во многих местах Северной Эстонии и вскрыты многочисленными скважинами. На сегодняшний день по сравнению с остальными нижнекембрийскими отложениями они более надежно стратиграфически расчленены и литологически лучше изучены. Сказанное позволяет наметить латеральную фациальность в лонтоваских отложениях и на этой основе рассматривать связь между фациальностью и распределением аллотигенных минералов.

В лонтоваское время, после продолжительного перерыва в осадконакоплении, на что указывает незначительное и пятнистое развитие отложений ровенского возраста на рассматриваемой территории, началась новая трансгрессия морского бассейна. В первое время в этом бассейне отлагались преимущественно пески и глины, а по ходу трансгрессии последние стали господствующими (Менс, Пиррус, 1977). Роль алевролитов в строении горизонта небольшая, чаще всего они в виде прослоев пелитовых алевролитов мощностью до 1 м приурочены к северо-западной части республики и верхам горизонта. Мощность горизонта максимальная на севере республики превышает в некоторых разрезах 80 м. Большие колебания в мощностях лонтоваских отложений главным образом обусловлены их постседиментационной денудацией, определяющей и разную стратиграфическую полноту горизонта (Менс, Пиррус, 1979). Последнее обстоятельство отражается не только в соотношениях типов пород, но и искажает схему латеральной фациальности и распределения минералов по площади.

В силу тектонического строения рассматриваемой территории, расположенной на окраине платформы, не все фации лонтоваского осадконакопления сохранились до настоящего времени полностью. Особенно

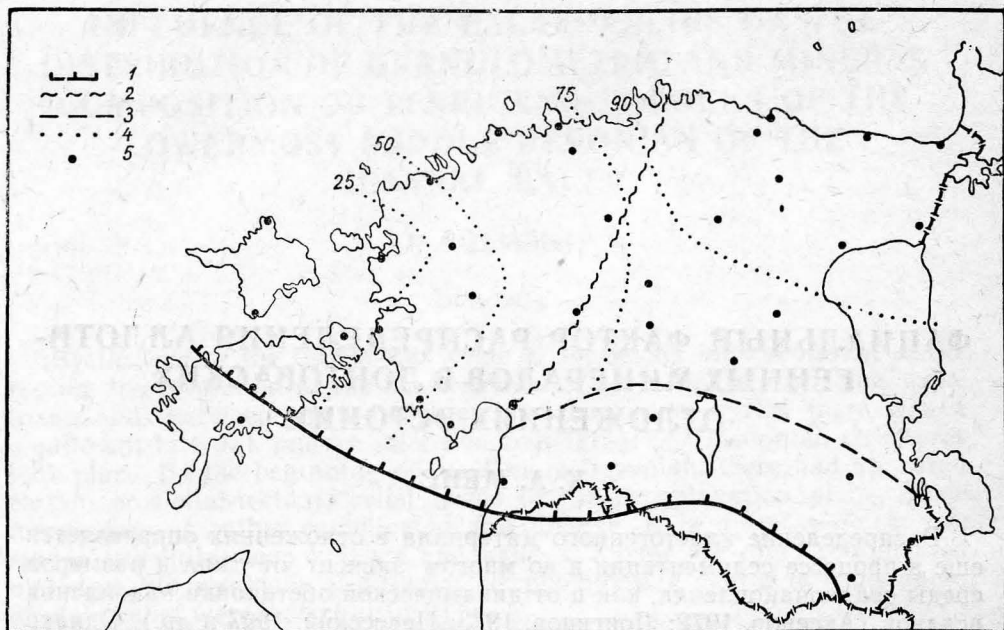


Рис. 1. Глинистость разреза и стратиграфическая полнота лонтоваского горизонта.

1 — южная граница современного распространения лонтоваского горизонта; 2 — восточная граница слоев с *Platysolenites spiralis* (= верхней зоны лонтоваского горизонта); 3 — южная граница распространения тонкодисперсных глин кестлаской пачки; 4 — изолинии глинистости; 5 — минералогически изученные разрезы.

скромно развиты прибрежные отложения. Тем не менее, обобщив материалы, в пределах Эстонии можно выделить четыре поля, различающиеся между собой не только по соотношениям типов пород, но и по их текстурным особенностям и палеонтологической характеристике. Эти поля зонально обрамляют берега бассейна и замещают друг друга в направлении от берега к открытому морю (рис. 1). Латеральные границы этих зон, судя по гранулометрии, структурным и текстурным показателям пород, характеру и составу палеонтологических остатков, отражают в основном смену гидродинамического режима от приливно-отливной обстановки через мелководную подвижную и переходную зоны в зону мелководной спокойной седиментации. Для каждой зоны характерны свой специфический состав, сортировка и строение отложений. Латеральные границы их по оси времени лонтоваского осадконакопления не были постоянными и колебания уровня бассейна обусловили смещения областей с одинаковыми показателями осадков.

Основным фактическим материалом настоящего сообщения служат данные минералогического анализа с применением иммерсионного метода изучения крупноалевритовых частиц (0,1 — 0,05 мм), сепарированных в бромформе (плотность 2,89 г/см³) на легкие и тяжелые фракции. Методика анализа и обоснование данной фракции для минералогического изучения терригенных палеозойских пород Прибалтики дано Х. Вийдингом (1965).

Песчаники и крупнозернистые алевролиты лонтоваского возраста представлены олигомиктовыми — полевошпатово-кварцевыми разностями, гораздо реже встречаются мономинеральные — кварцевые и особенно редко — аркозовые песчаники (пол. шп. > 30%). В глинистых породах заметно повышается количество полевых шпатов, слюд, а их песчано-алевритовый компонент нередко имеет полиминеральный состав.

Относительно зависимости минерального состава от гранулометрии

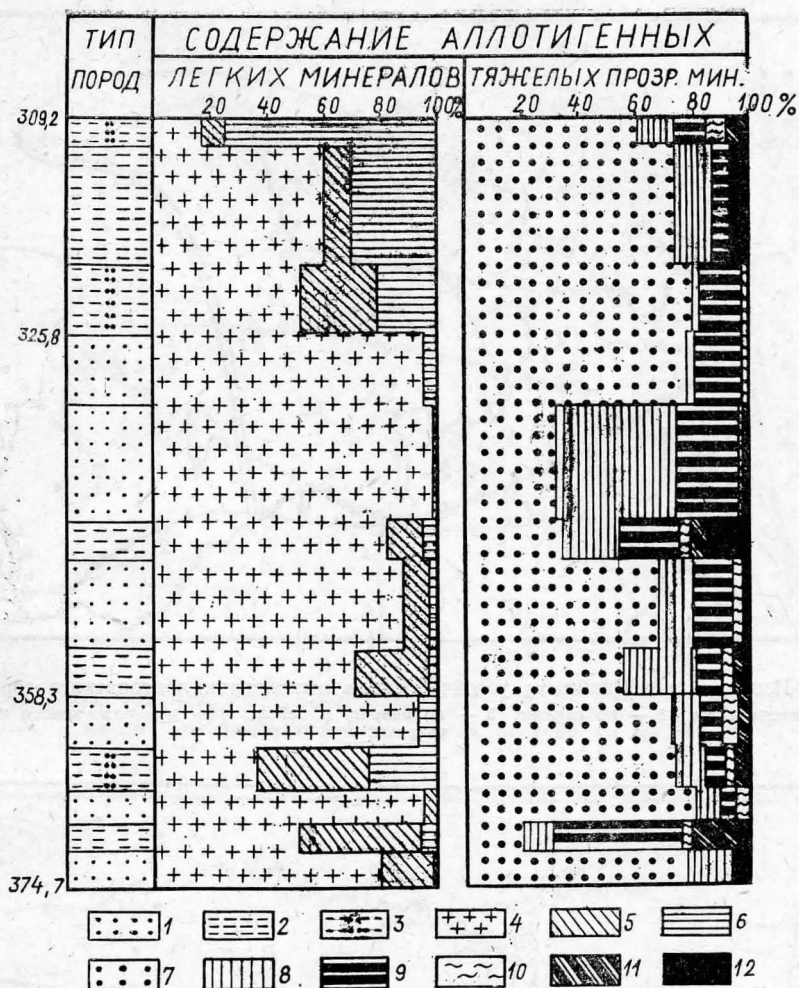


Рис. 2. Соотношения аллотигенных легких и аллотигенных прозрачных тяжелых минералов в лонтоваских отложениях скважин Румба.

1 — песчаник; 2 — глины; 3 — алевроитовые глины; 4 — кварц; 5 — полевые шпаты; 6 — слюды; 7 — циркон; 8 — турмалин; 9 — гранат; 10 — титанистые минералы; 11 — апатит; 12 — остальные минералы.

пород в литературе имеются многочисленные указания (Батурин, 1947; Невеский, 1967; Окнова, 1972 и др.). Как показал материал по нижнекембрийским породам Эстонии, процентные содержания минералов зависят не только от основного типа пород, но нередко также и от их разновидностей. Зависимость соотношений аллотигенных минералов легкой и прозрачной тяжелой фракций от гранулометрического состава пород и их изменения в вертикальном разрезе показаны на примере лонтоваских отложений скважины Румба (рис. 2). Как следует из приведенного примера, влияние гранулометрии на соотношения минералов выражено четко. Чтобы избавиться от нежелательного влияния гранулометрии, схемы распределения минералов по площади составлялись отдельно для песчаников и глин, а также сводные по разрезу в целом с учетом процентного содержания типов пород в этом интервале (рис. 3 — 7).

В легкой фракции явно преобладают аллотигенные минералы, составляющиеся нередко более 95% ее объема. Понижение их относительного содержания связано либо с развитием карбонатного цемента, либо с

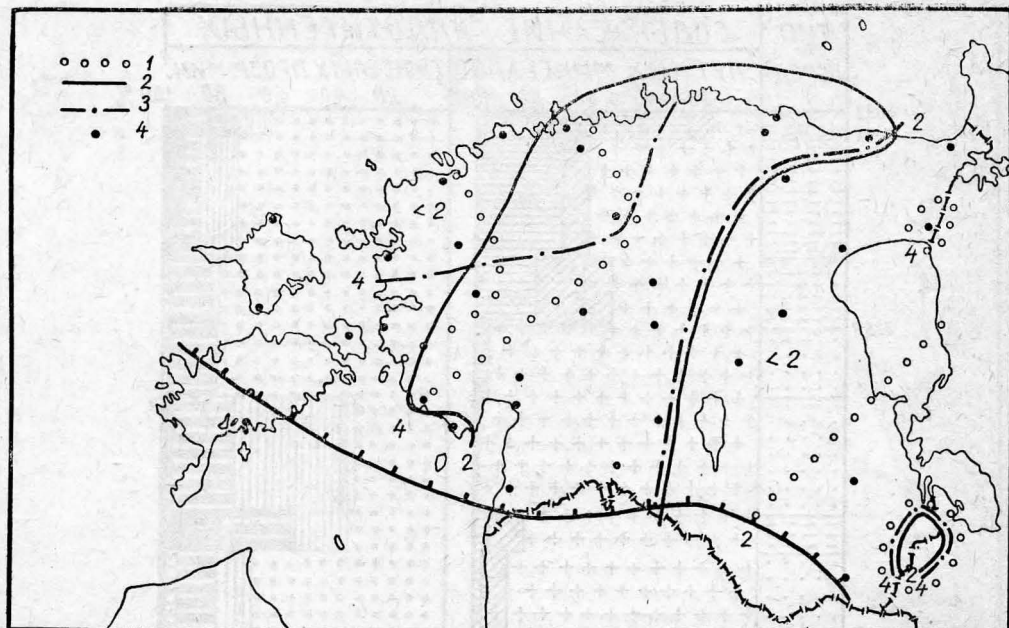


Рис. 3. Изолинии коэффициента устойчивости в отложениях лонтоваского горизонта. 1 — по песчанкам; 2 — по глинам; 3 — по разрезу в целом; 4 — минералогически изученные разрезы.

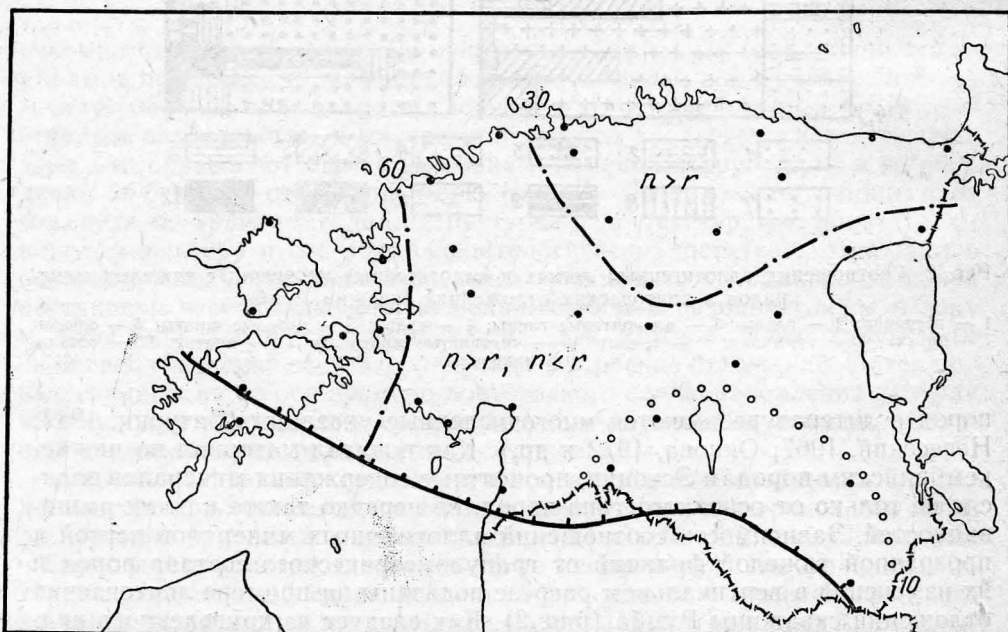


Рис. 4. Изолинии количества аллотигенных тяжелых минералов без слюд в отложениях лонтоваского горизонта; буква n обозначает их содержание в песчаных, r — в глинах. Остальные усл. обознач. см. на рис. 3.

обогащенностью пробы глауконитом, что часто наблюдается в базальных слоях лонтоваского горизонта. Аллотигенные минералы легкой фракции представлены кварцем, полевыми шпатами и слюдами. Накоп-

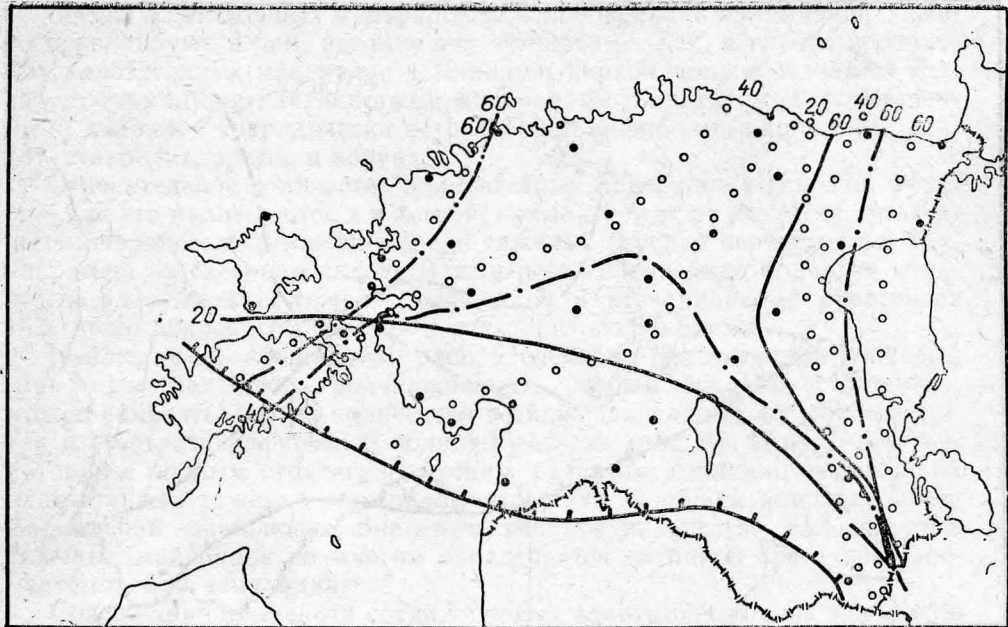


Рис. 5. Изолинии количества ильменита среди аллотигенных минералов без слюд в отложениях лонтоваского горизонта. Усл. обознач. см. на рис. 3.

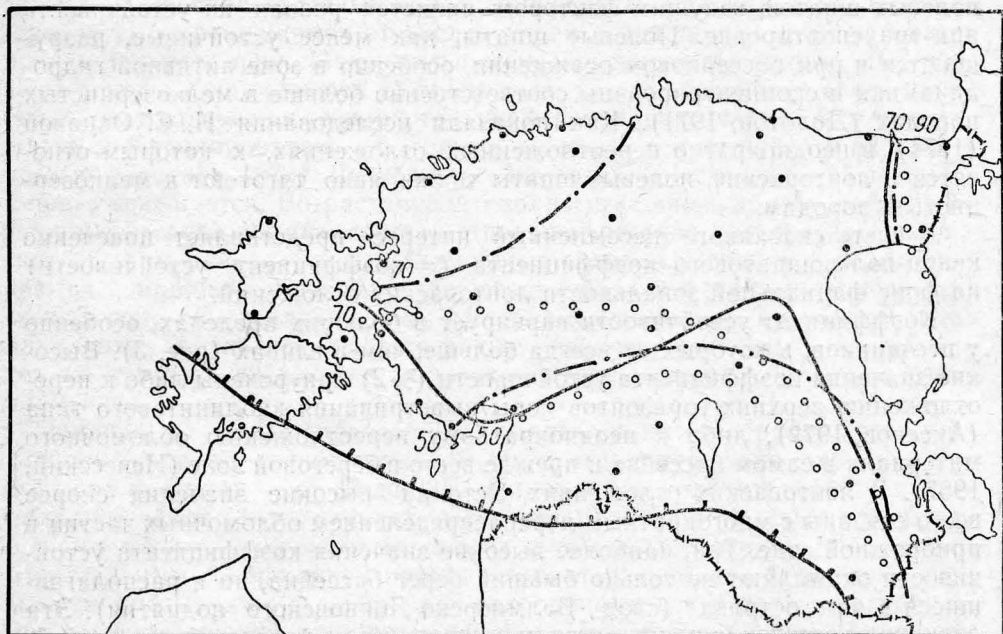


Рис. 6. Изолинии количества циркона среди прозрачных аллотигенных тяжелых минералов в отложениях лонтовского горизонта. Усл. обознач. см. на рис. 3.

ление последних ввиду тонколистовой формы частиц резко отличается от процесса осаждения из потока насосов других минералов легкой фракции.

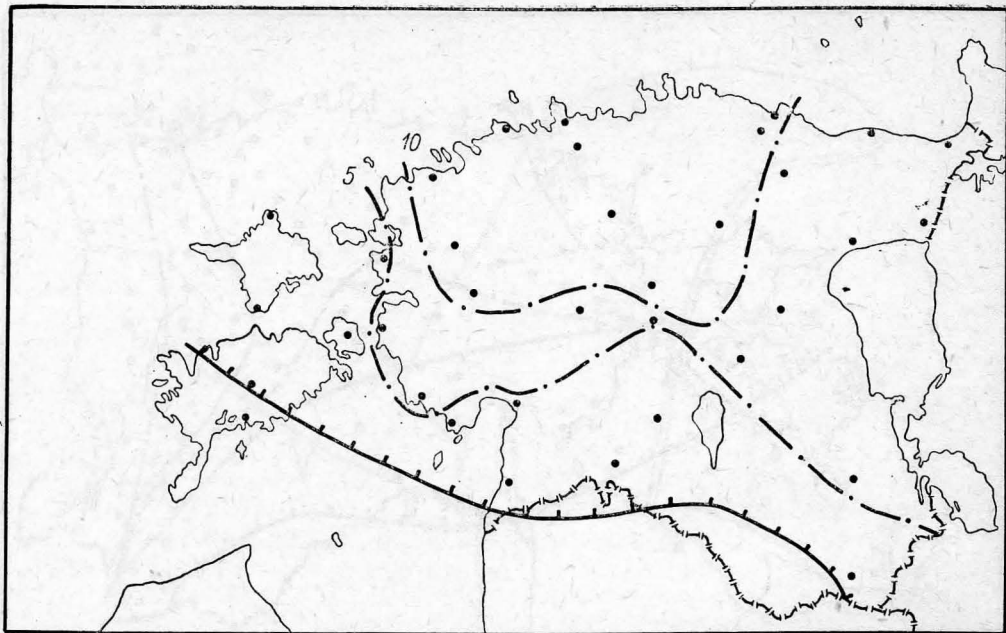


Рис. 7. Изолинии количества граната среди аллитогенных прозрачных тяжелых минералов в отложениях лонтоваского горизонта. Усл. обознач. см. на рис. 3.

В распределении минералов легкой фракции, особенно кварца и полевых шпатов, ведущим фактором является разная их устойчивость при транспортировке. Полевые шпаты, как менее устойчивые, разрушаются и при бассейновом осаждении, особенно в зоне активной гидродинамики и сконцентрированы соответственно больше в мелкозернистых породах (Долотов, 1971). Как показали исследования Н. С. Окновой (1974), в неоднократно переотложенных отложениях, к которым относятся и лонтоваские, полевые шпаты также явно тяготеют к мелкозернистым породам.

В свете сказанного несомненный интерес представляет поведение кварц-полевошпатового коэффициента (= коэффициент устойчивости) на фоне фациальной зональности лонтоваских отложений.

Коэффициент устойчивости варьирует в больших пределах, особенно у песчаников, в которых он всегда больше, чем в глинах (рис. 3). Высокие значения коэффициента устойчивости (>2) приурочены либо к переотложению верхних горизонтов коры выветривания каолинитового типа (Аксенов, 1972), либо к неоднократному переотложению обломочного материала в самом бассейне и прежде всего в береговой зоне (Невеский, 1967). В лонтоваских отложениях Эстонии высокие значения скорее всего связаны с многократным перераспределением обломочных частиц в прибрежной зоне. Так, наиболее высокие значения коэффициента устойчивости окаймляют не только бывший берег бассейна, но и располагавшиеся в нем острова (свод Валмиерско-Локновского поднятия). Эта величина постепенно понижается при движении на участок более спокойной седиментации. Исключением из этого закономерного распределения коэффициента устойчивости являются низкие показатели его в глинах (<2) на северо-западе республики. Это, по всей вероятности, объясняется осаждением глинистых осадков в прибрежной зоне в моменты затишья, когда полевые шпаты не подвергаются сильному разрушению. На это косвенно указывают также сравнительно высокие количества слюд в тех же глинистых породах.

Состав аллотигенных минералов тяжелой фракции полиминеральный, но преобладают в нем, несомненно, устойчивые. Так, в группе прозрачных аллотигенных минералов доминирует циркон, сопровождаемый гранатом, турмалином, титанистыми минералами и апатитом. Второстепенными являются спорадически встречаемые амфиболы, пироксены, эпидот, ставролит, дистен и корунд.

Относительное количество аллотигенных минералов в тяжелой фракции, как это наблюдается и в легкой, прямо зависит от развития аутигенных минералов, занимающих среди тяжелых нередко первое место. Так, например, на северном склоне Валмиерско-Локновского поднятия количество аллотигенных тяжелых минералов в песчаниках не превышает 10% ввиду широкого развития в них баритового цемента.

Наблюдая за площадным распределением аллотигенных тяжелых минералов (без слюд, подчиняющихся особым законам осаждения), можно заметить, что их количество в пробе зависит как от глинистости, так и от стратиграфической полноты разреза (рис. 4). В пределах территории с полным стратиграфическим разрезом изолинии содержаний аллотигенных тяжелых минералов отражают в общем направления фациальной зональности. Вне этого участка количество аллотигенных тяжелых минералов во многом определяется глубиной среза постседиментационной денудации.

Содержание ильменита среди тяжелых аллотигенных минералов (без слюд) колеблется от 10 до 70%. При этом как максимальные, так и минимальные значения наблюдаются и в песчаниках и в глинах. Распределение количества ильменита по площади, особенно в песчаниках, четко коррелируется с фациальной зональностью отложений и почти не отражает стратиграфическую полноту разреза (рис. 5). Это вполне понятно, поскольку прослой песчаных пород приурочены к низам лонтоваского горизонта, сохранившимся от последующей денудации на всей рассматриваемой территории. Максимальные концентрации ильменита приурочены к полю с наименьшей глинистостью, т. е. к обстановке волно-прибойной деятельности и течений, где дифференциация кластогенного материала сконцентрировалась не только размерами частиц, но и их плотностью (Аксенов, 1972). Вглубь бассейна содержание ильменита закономерно уменьшается. Возрастание его количества вновь вблизи восточной границы республики объясняется строением разреза лонтоваского горизонта в этом районе. Здесь маломощные прослои песчаников переслаиваются с мощными пачками глин, ограничивающих движение межпластовых вод, обуславливающих постседиментационное преобразование ильменита. Это подтверждается также незначительным содержанием в тех же разрезах лейкоксена, образовавшегося главным образом за счет ильменита.

Циркон в группе прозрачных аллотигенных минералов тяжелой фракции является господствующим, хотя его содержание варьирует в больших пределах — от 33 до 93%. Наибольшие количества этого минерала отмечаются в тех случаях, когда рассматриваемая проба содержит и много других устойчивых минералов, в том числе и кварца. Образцы с минимальным содержанием циркона характеризуются и бедностью ильменита, указывая на своеобразные гидродинамические условия накопления соответствующих глинистых осадков. Низкое содержание циркона в этом случае компенсируется обычно повышенным относительным содержанием турмалина и граната или корунда и дистена. В общем, содержание циркона тесно связано с типом пород и почти во всех случаях его в песчаниках больше, чем в глинах (рис. 6).

В распределении циркона по площади прослеживается довольно четкая закономерность в обоих типах пород по отношению к берегу бассейна. Высокие количества его характерны для отложений, накопившихся

или в прибрежной зоне или, наоборот, в удаленных от берегов районах. В то же время в гидродинамически подвижных зонах, но на некотором удалении от береговой зоны, эта величина имеет минимальные значения. Эта картина осложняется в районе Валмиерско-Локновского поднятия, наиболее приподнятые участки которого в это время послужили местным источником сноса и дали дополнительные порции обломочного материала, снижая содержание циркона.

Гранат является типичным членом в ассоциации тяжелых прозрачных аллотигенных минералов лонтоваских отложений: он обнаруживается во всех пробах и его содержание нередко уступает только циркону. Его относительное содержание варьирует в широких пределах, но не превышает 25%. Нужно отметить его склонность к концентрированию в глинистых породах, в которых содержание граната больше, чем в песчаниках или крупнозернистых алевролитах. В глинистых породах гранат скорее всего является реликтовым минералом, в то время как в грубозернистых отложениях, особенно при переслаивании их с глинистыми, наблюдается интенсивное постседиментационное растворение граната под влиянием межпластовых вод (Коссовская, 1962). Это подтверждается и более высоким содержанием граната в глинах, являющихся хорошими консерваторами. На основе данных изучения современных отложений (Аксенов, 1972; Казанский, 1976; Невесский, 1967 и др.) выпадение граната из потока наносов в мелководных условиях тесно связано с его плотностью. Наивысшие его концентрации наблюдаются в непосредственной близости к областям сноса, по направлению в глубь бассейна количество граната уменьшается.

Противоречивость в свойствах граната; большая плотность, с одной стороны, и малая сопротивляемость растворению — с другой, послужила и основным фактором распределения граната в лонтоваское время (рис. 7). Исключением из этого закономерного распределения является лишь северо-западная часть республики, где относительное содержание граната меньше 5%, несмотря на близость этого района к областям сноса. Скорее всего, этот район представлял собой в лонтоваское время зону валов и ложбин; такие участки бассейна характеризуются общим низким содержанием минералов с большой плотностью при значительном увеличении количества более легких минералов тяжелой фракции (Долотов, 1971).

Турмалин, хотя и является постоянным компонентом среди аллотигенных прозрачных минералов, все же не так типичен для лонтоваских отложений, как циркон или гранат. Его относительное содержание может доходить до 25%, но чаще всего составляет около 10%. Содержание турмалина в глинах обычно больше, чем в песчаниках.

В распределении турмалина по площади лонтоваских отложений прослеживается довольно ясная закономерность, которая выражена в сокращении его относительных количеств в более глубоководных отложениях, т. е. содержание уменьшается с запада на восток. Эта картина осложняется влиянием Валмиерско-Локновского поднятия как местного источника сноса, в частности, и на распределение турмалина. Аномально низкие содержания турмалина ($<10\%$) в лонтоваских отложениях рассматриваемого района наблюдаются в разрезе скважин Арукюла (вблизи Таллина), что обусловлено локальным накоплением корунда и дистена.

Амфиболы, пироксены и эпидот входят в состав малоустойчивых минералов. Из них наиболее характерными для лонтоваских отложений республики являются амфиболы, за которыми следуют минералы группы эпидота. Пироксены обнаруживаются спорадически и нередко они связаны с местным источником обломочного материала (Валмиерско-Локновское поднятие). Относительное содержание малоустойчивых минералов среди аллотигенных прозрачных тяжелой фракции — незначительное

и лишь в отдельных разрезах (скв. Виртсу, Муху, Эммасте), т. е. в фациальной зоне незначительной глинистости, она превышает 10%. Низкое содержание ($<1\%$) малоустойчивых минералов наблюдается в переходной фациальной зоне. Может быть, причиной этого послужили интенсивные постседиментационные процессы. Строение разреза этой фациальной зоны — чередование прослоев песчаника с мощными пачками глинистых пород является вполне подходящим для постседиментационного растворения минералов межпластовыми водами. Труднее объяснить высокое содержание малоустойчивых в составе отложений прибрежной зоны. По всей вероятности, участки их концентрации маркируют участки пониженных скоростей переноса, которые возникают в современных морях в зоне валов и ложбин (Долотов, 1971; Лонгинов, 1973). В этой зоне наблюдается нередко концентрация более легких минералов тяжелой фракции и уменьшение на фоне этого содержания минералов с большой плотностью. Действительно, эти же разрезы, где наблюдаются высокие значения количества малоустойчивых минералов и турмалина, характеризуются пониженными значениями относительного содержания граната и циркона.

Титаносодержащие аллотигенные минералы тяжелой фракции представлены рутилом, титанитом, трудно определяемыми зернами и изредка брукситом. Для титанистых минералов схема площадного распределения их в лонтоваских отложениях полностью не выявлена. Это обусловлено трудностями проведения четкой границы между аллотигенными и аутигенными представителями ввиду наличия продуктов разных стадий анатазообразования как за счет рудных, так и прозрачных титаносодержащих минералов.

Известно лишь, что высокие содержания титанистых минералов наблюдаются в северо-западной части республики, где иногда эта величина достигает даже количества циркона.

Таким образом, современное распределение количества аллотигенных минералов по площади лонтоваских отложений обусловлено рядом факторов, главными из которых являются следующие:

- 1) механическая дифференциация материала под влиянием гидродинамических процессов бассейна;

- 2) интенсивность постседиментационных изменений минерального состава;

- 3) стратиграфическая полнота разреза.

В общем, вторичные преобразования аллотигенных минералов, особенно тяжелых, в лонтоваских отложениях рассматриваемой территории — несущественны и представлены главным образом лейкосенизацией ильменита, растворением граната и малоустойчивых минералов и анатазообразованием по титаносодержащим минералам. Все перечисленные вторичные превращения минералов тесно связаны со строением разреза, а последнее в свою очередь предопределено накоплением осадков, т. е. характером гидродинамики бассейна.

Таким образом, круг факторов, определяющих распределение минералов в отложениях лонтоваского горизонта, сводится часто к гидродинамическому режиму как основному на фоне более слабых влияний остальных факторов.

Следовательно, площадное распределение кластогенных минералов в лонтоваских отложениях Эстонии тесно связано с фациальной зональностью отложений и может служить критерием для восстановления палеогеографической обстановки бассейна.

- Аксенов А. А. О рудном процессе в верхней зоне шельфа. М., «Наука», 1972. 157 с.
- Анатольева А. И. Домезозойские красноцветные формации. Новосибирск, «Наука», 1972. 346 с.
- Батурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терриогенным компонентам. М.-Л., изд-во АН СССР, 1974. 339 с.
- Вийдинг Х. А. Некоторые методические вопросы литолого-минералогического анализа песчано-алевритовых пород Прибалтики. Уч. зап. Тартуского гос. ун-та. Тр. по геол., III, 1965, с. 5—27.
- Долотов Ю. С. Дифференциация осадочного материала в береговой зоне отмелого побережья. — В кн.: Геоморфология и литология береговой зоны морей и других крупных водоемов. М., «Наука», 1971, с. 96—101.
- Казанский Ю. П. Седиментология. Новосибирск, «Наука», 1967. 271 с.
- Коссовская А. Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилюйской впадины и Западного Верхоянья. М., изд-во АН СССР, 1962. 180 с.
- Лонгинов В. В. Очерки литодинамики океана. М., «Наука», 1973. 243 с.
- Менс К. А., Пиррус Э. А. Стратотипические разрезы кембрия Эстонии. Таллин, «Валгус», 1977. 68 с.
- Менс К. А., Пиррус Э. А. Южный склон Балтийского щита. — В кн.: Стратиграфия верхнекембрийских и кембрийских отложений запада Восточно-Европейской платформы. М., «Наука», 1979, с. 7—41.
- Невесский Е. Н. Процессы осадкообразования в прибрежной зоне моря. М., «Наука», 1967. 256 с.
- Окнова Н. С. К вопросу о распределении минералов по гранулометрическим фракциям. Докл. АН СССР, 1972, т. 203, № 4, с. 921—923.
- Окнова Н. С. Распределение минералов по размерным фракциям в платформенных условиях. Докл. АН СССР, 1974, т. 216, № 3, с. 651—654.
- Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем Прибалтики, 1976 г. Л., 1978. 86 с.

ENVIRONMENTAL CONTROL OF THE DISTRIBUTION OF CLASTIC MINERALS IN THE LONTOVA STAGE OF ESTONIA

K. MENS

Summary

The mineralogical investigation of the coarse-grained silt fraction (0.1—0.5 mm) of Lontovian deposits permits to study the influence of facial zonality on the lateral distribution of clastic minerals.

On the basis of the granulometric composition, structural features and paleontological character of the deposits, four facies belts were distinguished (Fig. 1), lying in the sedimentary basin subparallel to the supposed shoreline. Key to the Figure 1: 1 — line of erosion, 2 — east boundary of area with *Platysolenites spiralis*, 3 — southern boundary of the area with fine-pelitic deposits, 4 — boundaries of lithofacies according to the content of pelitic material, 5 — mineralogically studied sections.

The mineral composition of the deposits is in a direct relationship to the rock types, as illustrated by the columnar section of Rumba boring (Fig. 2).

The content of minerals has been computed separately for sandstones and clay, and the average contents for all sections, in accordance with the ratio of rock types.

According to the distribution maps of quartz—feldspar ratios (Fig. 3), heavy mineral content without micas (Fig. 4), the content of ilmenite (Fig. 5), zircon (Fig. 6) and garnet (Fig. 7), a strong environmental control of the lateral distribution of some minerals becomes apparent.

The character of distribution of clastic minerals depends, above all, on the facial conditions in the basin, and thus their investigation yields useful information for elucidating the development of the sedimentary basin.